

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS  
INSUMOS UTILIZADOS EN LA FINCA APICOLA R&R UBICADA EN  
SESQUILE, CUNDINAMARCA**

**ALEJANDRA MOREÑO MUÑOZ  
MARIA CAMILA MORALES TRIANA**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL E INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C  
2023**

PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS  
INSUMOS UTILIZADOS EN LA FINCA APICOLA R&R UBICADA EN SESQUILE,  
CUNDINAMARCA

ALEJANDRA MOREÑO MUÑOZ  
MARIA CAMILA MORALES TRIANA

Tesis realizada para optar título de  
Ingeniero industrial e Ingeniero agroindustrial

Director: Rubén Alberto Lozano Gil  
Codirector: Dumas Gabriel Oviedo Pereira  
Docentes Facultad de Ingeniería Agroindustrial

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL E INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C  
2023

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, 15 de septiembre 2023

Dedicamos este trabajo con profundo amor y gratitud:

A Dios, quien nos ha otorgado la sabiduría y la fuerza para perseguir nuestras metas académicas.

Nuestros abuelos, cuyo legado de amor y perseverancia continúa inspirándonos. Este logro es un tributo a su memoria.

A nuestros padres, por su amor incondicional y apoyo constante. Ustedes son nuestra mayor inspiración y este logro es también el suyo.

A Mateo, por su apoyo y paciencia que han sido fundamental en este logro académico.

Con gratitud y amor, dedicamos esta tesis a todos ustedes. Su influencia positiva y apoyo han sido las bases sobre las cuales construimos este logro. Que este trabajo sea un reflejo de nuestro cariño y agradecimiento hacia cada uno de ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que han desempeñado un papel fundamental en la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradecemos a nuestros profesores y asesores por su orientación, apoyo y sabiduría. Sus conocimientos y guía fueron fundamentales para dar forma a este trabajo y para nuestro crecimiento académico.

A nuestros padres, a quienes les debemos nuestra educación y valores, les agradecemos por su constante apoyo, aliento y amor incondicional. Su sacrificio y dedicación nos han inspirado a alcanzar nuestros objetivos.

A nuestras parejas, agradecemos su paciencia, comprensión y apoyo emocional durante este exigente proceso. Su amor y confianza nos han dado fuerzas para seguir adelante.

A nuestros compañeros y amigos, agradecemos la colaboración, intercambio de ideas y momentos compartidos. Su amistad y compañerismo han enriquecido nuestra experiencia académica.

Finalmente queremos agradecer a Don Rubén Darío, dueño de la finca apícola R&R por su paciencia y por aportar todo su conocimiento y experiencia para que este proceso se culminara satisfactoriamente.

Este logro no habría sido posible sin la contribución de cada uno de ustedes. Gracias por ser parte de nuestro viaje académico y por hacer que este trabajo sea una realidad.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>1.1. Definición del problema</b> .....	18
<b>1.2. Justificación</b> .....	22
<b>1.3. Objetivo general</b> .....	30
<b>1.4. Objetivos específicos</b> .....	30
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b> .....	31
<b>2.1. Marco histórico</b> .....	31
<b>2.2 Marco conceptual</b> .....	34
2.2.1 Industria apícola .....	35
2.2.2 Insumos en la apicultura .....	35
2.2.3 Materiales y costos del proceso.....	36
2.2.4 Influencia de la lluvia y floración en la alimentación de la colmena .....	37
2.2.5 Gestión de inventarios .....	38
2.2.6 Gestión de inventarios de productos agrícolas.....	38
2.2.7 Formato Kardex .....	39
2.2.8 Modelos de gestión de inventarios de insumos.....	40
2.2.9 Modelos de gestión de inventarios para perecederos .....	40
2.2.10 Costos en la gestión de inventarios .....	41
2.2.11 Demanda de insumos .....	44
2.2.12 Determinación del tipo de demanda a partir del coeficiente de variación .....	45
2.2.13 Tipos de modelos de gestión de inventarios .....	46
2.2.14 Pronósticos de la demanda.....	52
2.2.15 Medición del error de pronóstico .....	55
2.2.16 Clasificación ABC .....	56
2.2.17 Estudio de tiempos y movimientos.....	57
2.2.18 Diagrama de flujo.....	57
2.2.19 Cantidad y frecuencia de pedido.....	57
2.2.20 Inventario de seguridad .....	58
2.2.21 Punto de reorden .....	58

2.2.22 Lead time .....	59
2.2.23 Análisis de varianza ANOVA.....	59
<b>2.3 Marco geográfico .....</b>	<b>60</b>
<b>2.4 Marco legal .....</b>	<b>62</b>
2.4.1 Normas Internacionales de Información Financiera o NIIF .....	62
2.4.2 Requisitos sanitarios .....	64
2.4.3 Guía de almacenamiento para agroinsumos ICA.....	65
<b>2.5 Estado del arte .....</b>	<b>66</b>
<b>3. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>70</b>
<b>3.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>72</b>
3.1.1. Reconocimiento general del proceso .....	72
3.1.2. Implementación y capacitación del uso del formato tipo Kardex para registro de existencias iniciales .....	72
3.1.3. Recolección de información de compras y demanda .....	74
3.1.4. Criterio de análisis de insumos y distribución ABC - Diagrama de Pareto.....	75
3.1.5. Diagramas de flujo de los procesos de solicitud pedido y almacenamiento del producto seleccionado.....	75
3.1.6. Toma y análisis de tiempos y movimientos de los insumos tipo A.....	77
3.1.7. Recolección de información de costos .....	77
<b>3.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO ACTUAL .....</b>	<b>78</b>
3.2.1. Cálculo de costo de hacer un pedido, mantener en almacén y comprar .....	79
3.2.2. Recolección de información de cantidad y frecuencia de pedido, demanda y unidades en inventario.....	79
3.2.3. Cálculo de costos de pedido, almacenamiento, compra y costo total para el modelo de inventario actual en la empresa.....	80
3.2.4. Análisis del patrón de comportamiento de la demanda en el modelo actual de inventarios .....	80
<b>3.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....</b>	<b>80</b>
3.3.1. Establecer el tipo de modelo de gestión de inventarios que requiere la empresa .....	81
3.3.2. Pronóstico de la demanda .....	81
3.3.3. Criterios, supuestos y restricciones para la determinación del modelo.....	81

3.3.4. Identificación de posibles modelos de gestión de inventarios .....	83
3.3.5. Cálculo de los modelos de gestión de inventarios propuestos .....	83
3.3.6. Análisis estadístico y diseño de experimentos .....	84
<b>3.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO .....</b>	<b>85</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>85</b>
4.1.1. Reconocimiento general del proceso .....	85
4.1.2. Criterio de análisis de insumos y distribución ABC - Diagrama de Pareto .....	88
4.1.3. Diagramas de flujo de los procesos de solicitud pedido y almacenamiento ....	91
4.1.3.1 Gestión de pedidos .....	92
4.1.3.2 Gestión de almacenamiento .....	94
4.1.4. Toma y análisis de tiempos y movimientos de los insumos tipo A.....	96
<b>4.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO ACTUAL .....</b>	<b>99</b>
4.2.1. Cálculo de costo de hacer un pedido, mantener en almacén y comprar .....	99
4.2.1.1 Costos de pedido .....	99
4.2.1.2 Costos de almacenamiento.....	100
4.2.2. Recolección de información de cantidad y frecuencia de pedido, demanda y unidades en inventario.....	102
4.2.3. Cálculo de costos de pedido, almacenamiento, compra y costo total para el modelo de inventario actual en la empresa.....	106
4.2.4. Análisis del patrón de comportamiento de la demanda en el modelo actual de inventarios .....	107
<b>4.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS.....</b>	<b>107</b>
4.3.1. Establecer el tipo de modelo de gestión de inventarios que requiere la empresa .....	108
4.3.2. Pronóstico de la demanda .....	109
4.3.3. Cálculo de rangos de lluvia para la demanda.....	111
4.3.3. Criterios, supuestos y restricciones para la determinación del modelo.....	112
4.3.4. Identificación de posibles modelos de gestión de inventarios .....	114
4.3.5. Cálculo de los modelos de gestión de inventarios propuestos .....	116
4.3.6. Análisis estadístico y diseño de experimentos .....	125
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>

<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	130
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b> .....	132
<b>8. ANEXOS</b> .....	145

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Modelo experimental para análisis de costo de inventarios	85
Tabla 2. Costos de insumos finca R&R	89
Tabla 3. Análisis ABC de los costos de los insumos	90
Tabla 4. Tiempos promedio de actividades proceso de compra de azúcar	97
Tabla 5. Toma de tiempos de las actividades gestión de almacén	98
Tabla 6. Costos de pedido de azúcar	100
Tabla 7. Costos de almacenamiento de azúcar	102
Tabla 8. Temporada de lluvias en meses de estudio según R&R	103
Tabla 9. Recolección de datos de inventario de azúcar en bultos	104 - 105
Tabla 10. Cálculo de costos modelo de inventario actual	106
Tabla 11. Patrón de comportamiento de la demanda de azúcar	107
Tabla 12. Análisis estadístico	108
Tabla 13. Datos representativos históricos de lluvia de 1990 a 2022	109
Tabla 14. Medidas de exactitud de pronóstico de lluvias empleados en Minitab	110
Tabla 15. Rango de lluvias empleados en los modelos	112
Tabla 16. Requerimientos de demanda según rangos de lluvia	114
Tabla 17. Revisión de literatura de posibles modelos determinísticos	115
Tabla 18. Costos del modelo actual	117
Tabla 19. Cálculo de las variables del inventario de seguridad	118
Tabla 20. Costos del modelo EOQ	119
Tabla 21. Costos del modelo programación lineal	125

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág
Gráfica 1. Datos históricos de lluvia (1990 a 2022)	62
Gráfica 2. Diagrama de Pareto	91
Gráfica 3. Análisis de modelos según costo total	127

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Mapa ubicación finca R&R Sesquilé Cundinamarca	61
Figura 2. Fases de la metodología para el proyecto	72
Figura 3. Esquema distribución de colmenas finca R&R	86
Figura 4. Diagrama de flujo de gestión de pedidos de azúcar	93
Figura 5. Diagrama de flujo de gestión de almacenamiento	95

## LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Recolección de datos Kardex de compras, demanda y existencias de azúcar	145-146-147
Anexo B. Tiempos y movimientos del proceso de realizar un pedido	148
Anexo C. Tiempos y movimientos del proceso de almacenar	149
Anexo D. Costos de pedido	150
Anexo E. Costos de almacenamiento	150
Anexo F. Datos históricos de lluvia (mm) (Guatavita, represa de Tominé)	151 - 152
Anexo G. Pronóstico de lluvias de 2023 a 2033	153
Anexo H. Modelo actual	154 - 155
Anexo I. Modelo EOQ	156 - 157
Anexo J. Modelo programación lineal entera mixta	158 - 159
Anexo K. Tratamientos para el análisis ANOVA	160

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo proponer modelos de gestión de inventarios sobre los insumos requeridos en la finca agroindustrial R&R ubicada en Sesquilé Cundinamarca, con el fin de reducir los costos logísticos. La empresa cuenta con 28 colmenas y se dedica a la obtención de diferentes productos y servicios de la colmena tales como miel, polen, material biológico e implementación de proyectos apícolas.

Se empleó una metodología de tipo experimental y se utilizaron técnicas de investigación mixta a partir de información cuantitativa obtenida por recolección de datos numéricos de la empresa tales como costos, así como cualitativa a través de información adquirida por parte de expertos y consultada en fuentes bibliográficas. La metodología se planteó en 3 fases con base a los objetivos específicos, inicialmente se caracterizó el proceso productivo mediante un reconocimiento general de campo, posteriormente se realizó una caracterización del modelo de inventario de insumos usado por la empresa y finalmente se propusieron 2 alternativas de gestión de inventarios a partir de casos de éxito en empresas agroindustriales.

Se identificó que el insumo de mayor uso en la empresa es el azúcar de acuerdo a los resultados obtenidos a partir del Diagrama de Pareto, así mismo, se evidenció que la lluvia es un factor determinante para el mantenimiento de las abejas y también sobre la demanda por la influencia que está representa en el comportamiento alimenticio de las mismas, pues, de acuerdo con el apicultor a las colmenas de polen y reproducción de material biológico semanalmente se les adiciona 1 kg de azúcar pero a su vez se les brinda un porcentaje adicional si la lluvia es promedio o alta. El costo total de la política de inventarios evaluada en el período de mayo 2022 a febrero del 2023 fue de \$3,841,860, obtenido a partir de costos de pedido, costo de almacenamiento y costo de compra.

Teniendo en cuenta la dependencia de la demanda sobre las lluvias, el pronóstico se realizó a partir de datos históricos mensuales en milímetros de agua recolectados por la CAR en el Embalse de Tominé desde 1990 hasta 2022, proponiendo así un rango volumétrico de lluvias basados en los parámetros establecidos por el apicultor para determinar el requerimiento de azúcar de las abejas proyectado al periodo de mayo 2024 a febrero 2025.

Se evidenció que al replicar el patrón de consumo sobre la demanda obtenida, el costo aproximado sería de \$ 3.908.790,48, sin embargo, al aplicar el modelo EOQ se evidencia una reducción del 10,51% en los costos totales, sin presentar diferencia significativa respecto al control, mientras que al aplicar el modelo de programación lineal entera mixta se evidencia una reducción de 13,95% presentando una diferencia significativa respecto al control, por lo que se selecciona como el mejor modelo entre los dos propuestos para este proyecto.

En resumen, llevar a cabo una investigación sobre la gestión de inventarios en una cadena agroindustrial sin estudios previos puede proporcionar conocimientos valiosos, mejores prácticas y soluciones adaptadas a desafíos específicos. Estos elementos son fundamentales para la toma de decisiones informadas y el éxito de futuros proyectos en el sector agroindustrial.

**PALABRAS CLAVE:** Demanda, costos, EOQ, Programación Lineal.

**ABSTRACT**

The objective of this work was to propose inventory management models for the inputs required by the agroindustrial farm R&R located in Sesquilé Cundinamarca, in order to reduce logistic costs. The company has 28 hives and is dedicated to obtaining different products and services from the hive such as honey, pollen, biological material and implementation of beekeeping projects.

An experimental methodology was employed and mixed research techniques were used based on quantitative information obtained by collecting numerical data from the company such as costs, as well as qualitative information acquired from experts and consulted in bibliographic sources. The methodology was divided into 3 phases based on the specific objectives. Initially, the production process was characterized by means of a general field reconnaissance, followed by a characterization of the input inventory model used by the company, and finally, 2 inventory management alternatives were proposed based on successful cases in agroindustrial companies.

It was identified that the input of greatest use in the company is sugar according to the results obtained from the Pareto Diagram, likewise, it was evidenced that rain is a determining factor for the maintenance of the bees and also on the demand for the influence that it represents in the feeding behavior of the same, because, according to the beekeeper to the hives of pollen and reproduction of biological material weekly 1 kg of sugar is added but in turn they are given an additional percentage if the rainfall is average or high. The total cost of the inventory policy evaluated in the period from May 2022 to February 2023 was \$3,841,860, obtained from order costs, storage cost and purchase cost.

Considering the dependence of demand on rainfall, the forecast was made based on historical monthly data in millimeters of water collected by the CAR in the Tominé Reservoir from 1990 to 2022, thus proposing a volumetric range of rainfall based on the parameters established by the beekeeper to determine the sugar requirement of the bees projected to the period from May 2024 to February 2025.

It was evidenced that by replicating the consumption pattern on the demand obtained, the approximate cost would be \$ 3,908,790.48, however, by applying the EOQ model a

reduction of 10.51% in total costs is evidenced, without presenting a significant difference with respect to the control, while by applying the mixed integer linear programming model a reduction of 13.95% is evidenced presenting a significant difference with respect to the control, so it is selected as the best model between the two proposed for this project.

In summary, conducting research on inventory management in an agroindustrial chain without previous studies can provide valuable knowledge, best practices and solutions adapted to specific challenges. These elements are critical for informed decision making and the success of future projects in the agribusiness sector.

KEY WORDS: Demand, costs, EOQ, Linear Programming.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La apicultura es una actividad económica de gran importancia en Colombia, especialmente en regiones como Cundinamarca, donde existe una amplia producción de polen y otros productos relacionados con las abejas. Sin embargo, uno de los mayores retos que enfrentan los apicultores es la gestión de inventarios de insumos como alimentos para abejas, medicamentos y herramientas para la producción.

La evaluación de la gestión de inventarios es necesaria para determinar los insumos que más se usan en un proceso productivo y así, controlar y reducir los costos de mantenimiento y compra, evitando la escasez, desperdicio o exceso de estos. La planificación ayuda a garantizar un suministro continuo y establecer posibles patrones de compra para determinados periodos de tiempo.

Una buena gestión de inventarios es fundamental para el éxito de cualquier empresa, y en la apicultura no es la excepción. Un adecuado control de los insumos permite conocer la cantidad de materiales disponibles para la producción, evitando la falta de suministros y los costos asociados a la pérdida de producción por falta de recursos.

Por ello, en este estudio se evalúan las características del proceso de inventarios que se está llevando actualmente, para finalmente proponer un modelo de gestión de inventarios de insumos adecuado para la agroindustria R&R ubicada en Sesquilé, Cundinamarca que permita un control de los recursos y una planificación adecuada de la producción. Esto asegura una buena administración de los recursos y aprovechamiento eficiente de los mismos para la obtención de productos de la colmena de calidad.

## **1.1. Definición del problema**

El sector apícola se vio afectado por la fluctuación de los costos de los insumos, específicamente para equipamiento, medicamentos y suplementos (Staempfli, 2014). En un estudio hecho por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2020), se evidenció un aumento de 6,58% del costo de los insumos apícolas. Así mismo, debido a la actual crisis económica, energética y de materiales provocada por la pandemia del COVID-19 y la presente situación entre Rusia y Ucrania que ha generado afectaciones, principalmente sobre las cadenas de suministro, alza de precios y costos logísticos en las materias primas (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, 2021).

Según la Política Nacional de Logística realizada por CONPES, debido a los bajos niveles de provisión de infraestructura, baja eficiencia en la operación de las diferentes formas de transporte, se presenta un limitado desarrollo del transporte intermodal en Colombia; además, como consecuencia al modo actual se atribuyen problemas como el aumento en los costos de los combustibles y peajes, falta de infraestructura vial, y altas emisiones de contaminantes atmosféricos, es de resaltar que los factores mencionados pueden llegar a encarecer los productos y retrasar los procesos de distribución de las mercancías. Es por eso que las operaciones de transporte terrestre son las que mayor valor tienen en la cadena de abastecimiento y son importantes dentro de los costos para los agricultores, teniendo en cuenta que este modo de transporte representa el 73,5% de la movilización de carga nacional (Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, 2020).

Los costos logísticos del sector agropecuario han tenido un aumento de 9,5% del 2018 al 2020, siendo este último el más alto después del sector minero, teniendo en cuenta que para el 2018 el componente de almacenamiento e inventarios fue el costo logístico más alto en el sector con un 35,9% (DNP, 2020).

La industria apícola hace parte del sector agropecuario y este se compone en su mayoría por microempresas representando un 78,8% con respecto a la clasificación por tamaño y estas suponen el costo logístico más alto con un valor porcentual de 25,8 al año 2020. Respecto al almacenamiento e inventarios las microempresas poseen altos costos logísticos, el de almacenamiento que corresponde al 21,1% del total de los costos y los inventarios al 17% para un total de 38,1% (DNP, 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los principales costos en los que incurren las microempresas agropecuarias es el de inventarios, los cuales pueden evidenciarse en las fluctuaciones económicas, presupuestos e impuestos, influyendo en la forma en cómo se planea llevar a cabo la recuperación del inventario. Los costos atribuidos a la compra de insumos pueden variar significativamente dependiendo del proveedor y aumentar por varios factores que se presentan en el país, como los efectos de la inflación. Otros costos relacionados son los de operación, almacén y transporte, de estos se debe analizar a profundidad el presupuesto con el que se cuenta actualmente y el volumen de ventas (Altametrics, 2020).

Según Villanueva (2019), la falta de control de las existencias y el desconocimiento del volumen de las ventas influye significativamente sobre los altos costos que podrían reducirse si se aplicara un control de inventarios. En la actualidad varias organizaciones no han logrado desarrollar estrategias para una estructura que garantice un manejo adecuado de los inventarios relacionados con entradas y salidas. Como consecuencia, es posible que existan ventas sin registrar, se entregan productos, pero no existe la prueba de la entrada de dinero en la caja; y es posible que tampoco se entregue una prueba física de salidas del producto como facturas u otros. En este sentido en algunos casos los productos no corresponden a un valor económico representativo, debido a su baja rotación es por esto que se traduce en pérdidas monetarias o desviaciones de dinero (Pérez, 2018).

Debido a la complejidad y cantidad de elementos necesarios para el análisis en el control de existencias, el no tener en cuenta el modelo de gestión de inventarios adecuado para el producto y la demanda de este, implica un incremento en los costos y alteración o retrasos en el proceso (Altametrics, 2020). Los pocos proyectos que han tratado esta temática en el sector agroindustrial reafirman la problemática frente a la ausencia de una gestión de inventarios.

Como se presenta en el estudio realizado por Hoyos (2019) para la Asociación de Apicultores del Macizo Colombiano (APIMACIZO) ubicada en el departamento del Cauca y dedicada a la producción y comercialización de miel y los derivados de la colmena, se analizó el inventario de los recursos físicos y se identificó la falta de control sobre los registros implementados, estos además contienen aspectos negativos como la mezcla de todos los recursos e insumos en un solo archivo, no se actualiza constantemente y no tiene en cuenta algunos ítems importantes para el seguimiento del mismo, es decir, este aspecto logístico dentro de la finca apícola no está controlado.

La finca R&R ubicada en Sesquilé, Cundinamarca en la que se enfocó este estudio, se caracteriza por la producción artesanal de miel, polen y venta de material biológico (abejas aptas para iniciar una nueva colmena). La empresa presenta problemas en el sistema de almacenamiento como falta de orden, registros y análisis de costos, lo que conlleva a un inadecuado manejo de inventarios y de ventas. Esta información se analizó a partir de salidas de campo y diálogos con el dueño de la empresa (Rubén Darío) que permitieron el reconocimiento de las falencias presentadas.

En esta empresa se evidencia otra problemática con respecto a la falta de gestión de inventarios, se desconoce la cantidad óptima de materia prima e insumos que se deben pedir, lo que conlleva a demoras en la entrega e incluso pérdida de ventas.

Los clientes requieren de un producto de manera inmediata, por lo que la carencia de este en el momento requerido podría representar la pérdida del cliente y que este se vaya con la competencia (Pérez, 2018).

No se conocen con exactitud los costos de gestión de inventarios, tampoco hay un registro de entradas, salidas y existencias, por lo cual no se tienen registros de la utilidad real de la empresa. Tampoco se lleva el control de ventas para una proyección de demanda y como consecuencia se corre con el riesgo de acumular productos innecesariamente (inventarios) y que a su vez generen gastos de almacenamiento o, por el contrario, no se cuente con la oferta de producto requerido por los clientes, es aquí donde se necesita llevar un control de ventas e inventarios de insumos, teniendo en cuenta las características y recursos de la empresa.

Finalmente, lo anterior nos conlleva a la siguiente pregunta problema: ¿Cómo lograr una reducción en los costos de inventario de los insumos de la empresa R&R a través de un modelo de gestión de inventarios aplicado al contexto de la empresa?

## **1.2. Justificación**

Para mantener las operaciones comerciales y la rentabilidad de una empresa es necesario llevar a cabo una correcta gestión de las existencias y los pedidos. Por ello, tener un inventario bien administrado y controlado es fundamental para las empresas incluidas las de tipo agropecuario. Para evitar incurrir en costes innecesarios, la atención a esta área debe mantenerse en un nivel óptimo, permitiendo a largo plazo aumentar la rentabilidad del negocio (Vanegas & Gaitán, 2020).

Es por esto que se hace necesaria la medición del desempeño logístico en Colombia a través de herramientas como la Encuesta Nacional Logística mediante parámetros estadísticos que permiten recolectar datos relevantes, a nivel nacional y regional,

por actividades económicas y tamaños de empresa, como base para la toma de decisiones tanto en políticas públicas como en sectores privados enfocadas en la mejora de la infraestructura de las operaciones logísticas al interior de los sectores más importantes de la industria. La encuesta está dividida en módulos que comprenden factores relacionados con el sector agroindustrial que se evidencian a continuación (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2020).

En dicha encuesta se presenta el indicador del costo logístico nacional el cual permite aproximar la competitividad del país en cuanto a desempeño logístico, se mide como un porcentaje de las ventas y está compuesto por cinco rubros principales: Almacenamiento, inventario, transporte, costos de administración, servicio al cliente y otros.

En la Encuesta Nacional Logística (ENL) realizada por el Departamento Nacional de Planeación DNP (2020), del total de empresas colombianas activas en el Registro Único Empresarial (RUES) se afirma que el 34,6% de ellas están ubicadas en el altiplano cundiboyacense (Bogotá, Cundinamarca, Boyacá) siendo este el porcentaje más alto con respecto a las otras regiones.

De acuerdo con lo anterior, se establece que una de las principales actividades económicas de la región es la agricultura y teniendo en cuenta el enfoque de este proyecto es posible incluir los procesos apícolas dentro de este sector, el cual representa el 3,7% de la totalidad de las empresas tomadas para el estudio, que en relación con el tamaño de la empresa el 78,8% corresponde a microempresas, el 15,3% a pequeñas empresas, el 5,3% a medianas empresas y 0,6% a grandes empresas.

Para los micro y pequeños empresarios, el control logístico es un aspecto que tiene poca relevancia dentro de las operaciones, debido a que se desconocen los

beneficios de una gestión logística adecuada. Por esta razón se ha convertido en el objeto de estudio para la evaluación del desempeño de este tipo de empresas (Vanegas & Gaitán, 2020).

El primer componente asociado al control logístico en la encuesta es el de transporte que en el 2020 representó la mayor participación con el 30,7% del costo logístico, seguido de inventarios con el 29,3%, costos administrativos de logística con el 17,8% y almacenamiento con el 13,9%. Transporte, almacenamiento e inventarios corresponden al 73,9%, cifra que en la ENL 2018 representó el 81,7% del costo logístico total (DNP, 2020), lo cual evidencia la disminución del costo logístico del 2018 al 2020.

El DNP en el 2018 representaba el Almacenamiento como un solo componente, el cual en el 2020 se dividió en dos "Almacenamiento" e "Inventario", el primero hace referencia a las actividades de almacenamiento y bodegaje físico, como costos de operadores logísticos, bodegas, arriendos e inversiones, tecnologías asociadas, costo de etiquetados, vigilancia, seguros, entre otros y el segundo a todas aquellas actividades de manejo y reposición de inventarios (DNP, 2020). En el 2020 se evidencia un cambio, teniendo en cuenta la desagregación del rubro de almacenamiento e inventarios en dos partes, costos de almacenamiento (5,6%) y costos de inventarios (13,4%) para un total de 19% en el sector, lo que posiblemente llevó a identificar y controlar costos independientes y más detallados de almacenamiento e inventarios (DNP, 2020).

El costo de inventario es uno de los más altos dentro de los costos logísticos de una empresa. Según un informe de la revista Supply Chain Quarterly, "los costos de inventario pueden representar hasta el 25% del costo total de los productos en los mercados desarrollados" (Woods, 2018). Esto se debe a que mantener un inventario elevado requiere espacio de almacenamiento, personal y equipos para

administrarlo, y además pueden incurrir en costos adicionales como obsolescencia, daños, robos, entre otros (Homeyer, 2019).

Además, el exceso de inventario puede restringir el flujo de efectivo y reducir la capacidad de innovación y respuesta a las necesidades del mercado en una empresa (Degraeve y Roodhooft, 2015). Por lo tanto, es crucial que las empresas encuentren un equilibrio adecuado en su gestión de inventario para minimizar los costos logísticos y maximizar la eficiencia y la rentabilidad de su operación.

Según Castrejón (2019), el éxito de una empresa se relaciona con el equilibrio de las actividades estratégicas y operativas, es por esto que requiere de un control adecuado de los inventarios ya que influye directamente en la productividad de la empresa, por otro lado, Gallegos y Hurel (2020) determina que el control de inventarios es una de las fuentes de mayor relevancia para la obtención de utilidades, sin embargo, algunas empresas enfocan su atención en las ventas sin tener en cuenta la importancia de un inventario eficiente para lograr las ventas, lo que posiblemente conlleva a incurrir en falta de materia prima y a su vez inconformidad del cliente final. Entonces, “sin inventarios, simplemente no hay ventas”. Por otro lado, otro factor relevante sobre los procesos de gestión de inventarios son la disminución del tiempo de abastecimiento para reducir, a su vez, tanto el costo de los inventarios de materias primas e insumos como el tiempo de distribución, resultado que les da una ventaja competitiva ante sus clientes (Manrique et al. 2019).

Uno de los factores más importantes para determinar si el modelo de gestión de inventarios a implementar es el más conveniente para el manejo de la mercancía, será el de identificar si los productos que se analizarán hacen parte de los denominados productos perecederos, pues para estos existe un corto periodo de tiempo en el que una empresa puede almacenar, comprar y vender antes de la pérdida de valor de los mismos, por lo que implementar un modelo para no

pereceros posibilitará el deterioro de la mercancía debido a las cortas fechas de expiración (Telesto, 2021).

Según Minchon (2020), después de aplicar la gestión de inventarios en una empresa agropecuaria se redujo en un 60% los costos, evidenciando ahorros sobre costos logísticos de almacenamiento, siendo este un 14,27%. Esto evidencia que la mejor manera de reducir costos y también una mayor eficiencia económica, es la mejora de la administración de los procesos de inventarios. Así mismo, se presentan beneficios significativos relacionados a una empresa exportadora del sector agroindustrial en donde se logró disminuir pérdidas de aproximadamente \$17.435 USD semestral, es importante mencionar que además del manejo de la información se debe tener registros exactos que en efectos de este estudio presenta la reducción de tiempo en la gestión de los inventarios a un 88.33% y con ello una disminución del costo de mano de obra mensual de \$855 USD a \$99.70 USD, obteniendo un ahorro anual por los inventarios mensuales de \$9,058.23 USD, la proyección de los inventarios de materia prima, cálculos de pedido y stock de seguridad evita roturas de stock que a futuro como consecuencia detendrá la producción de la planta por un costo de \$212.706 USD por día (Coallaca, 2018).

Por otro lado, para la empresa Phoenix Fruit S.A.C en Perú recomienda establecer procedimientos de control correctivo, preventivo y de detección de inventarios para mantener información relevante del comportamiento de la empresa; ejecutar planes de acción, sistematización de la información en bases de datos, así como formatos en donde se plasme la información relacionada con el área encargada de las órdenes de compra, solicitud de insumos y Cerdex (Neyra, 2018).

A lo largo de la historia la gestión de los inventarios que ha sido impulsada por medios tecnológicos para tener mayor claridad, análisis y manipulación de los datos, representa una proyección de la información relacionada con cada artículo existente, así como faltantes (Freshservice, 2021). La adecuada gestión de los

inventarios repercutirá de manera positiva en lo relacionado con el área financiera, por lo que se recomienda capacitaciones al personal respecto a los objetivos de competitividad de la empresa en relación con el mercado global de la mano con las TIC. Las empresas son las directas beneficiadas por adecuar una gestión de inventarios, sin embargo, estas hacen parte de la economía de un país y brindan empleos, por lo que es posible afirmar que de manera indirecta la aplicación y análisis del manejo de los inventarios repercute en la nación, así mismo es posible que se vea reflejado en otros países (Tello, 2020).

Paralelamente, debido a la pandemia de COVID-19 este tema tuvo mayor peso, por ello los empresarios establecieron una política que permitiera incrementar el volumen de inventarios de seguridad de producción con el fin de garantizar la entrega de los pedidos y disminuir el impacto que esto pueda generar en el flujo de caja, además de la implementación de ideas innovadoras y establecer aliados estratégicos de alcance global (Montes, 2022).

Por esta razón resulta de utilidad este proyecto, puesto que se pretende apoyar al apicultor de la finca R&R en su labor mediante un análisis real de la empresa. Lo cual la beneficiará ya que al conocer los factores que generan costos de inventarios, permitirá tener un control de estos buscando eficiencia en la utilización de los recursos, por ende, contribuirá a una adecuada toma de decisiones.

La realización y aplicación de este proyecto representará también crecimiento para la empresa en cuanto a la mejora de procesos para la búsqueda de certificaciones como sellos de calidad y/o ambientales, estos ofrecen a los clientes una garantía sobre la calidad del producto, generando una ventaja frente a la competencia, mejorando la imagen de la marca y garantizando el debido control y revisión de los procesos para reducir posibles errores (Aguirre, 2016)

Se podría considerar la certificación de estos sellos para la empresa debido a que este proyecto pretende la reducción de costos, eficacia, eficiencia y calidad en los procesos para una producción sostenible, que son requisitos necesarios para el proceso de certificación de algunos sellos o certificados tales como la ISO 9001 de calidad, el Sello de Alimento Ecológico a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el sello Fairtrade que es un sistema internacional que certifica productos según una serie de criterios económicos, ambientales y sociales, ofreciendo también variedad de beneficios al productor (Aguirre, 2016)

La aplicación de sellos o normas relacionadas con la calidad, garantizan un servicio pertinente con interés en la mejora continua, compromiso con la implementación de sistemas y procesos apícolas amigables con el medio ambiente y asegurando la inocuidad del producto a lo largo de la cadena de suministro desde la recepción de insumos hasta la distribución y venta de los productos de la colmena, brindando así un artículo limpio a partir de materias primas certificadas por controles realizados al interior de la empresa y por parte de quienes los otorgan. Es entonces donde se hace relevante la gestión de las mercancías pues de esta forma se facilita analizar posibles mejoras que permitan evidenciar desde una perspectiva global el estado actual de la empresa para acceder a certificaciones que respalden la calidad de sus procesos, servicios y productos terminados (Bello et al, 2021).

Por otra parte, la finca apícola R&R requiere información relacionada con los procesos, que esta sea fiable y oportuna, que permita comprender los resultados obtenidos, analizarlos y determinar la dirección en la que deben centrar sus esfuerzos para alcanzar sus objetivos como lo es brindar una marca de calidad, mientras que paralelamente se establecen metas y parámetros dentro de la finca.

Este estudio tiene una amplia relevancia con respecto a los pilares de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, se enfoca en un emprendimiento apícola ubicado

en el departamento de Cundinamarca, en búsqueda del desarrollo de dicha empresa a nivel regional y nacional aplicando métodos de investigación y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería industrial y agroindustrial para mejorar los procesos en la gestión de inventarios de los insumos, para lograr la sustentabilidad ambiental.

Con respecto a la línea de investigación institucional el proyecto se encamina en el desarrollo rural y regional sostenible en la actividad apícola desarrollada en Sesquilé, Cundinamarca y específicamente dentro del programa de ingeniería industrial en la línea gestión de las operaciones debido a que se destaca la importancia de una adecuada gestión de inventarios en una finca que realiza procesos agroindustriales relacionados con el sector. Busca determinar aquellos métodos de administración de los recursos requeridos para el análisis y mejora de los procesos internos de la empresa básicos e indispensables para garantizar un buen desempeño en las operaciones de recepción y almacenamiento de insumos para productos de la colmena (Dore, 2021).

Las empresas agroindustriales actualmente se ven forzadas a innovar para obtener ventajas competitivas principalmente en lo relacionado a la gestión de cadena de suministro, estas deberían enfocarse en la optimización de los procesos logísticos con el fin de planear, implementar y controlar eficientemente el flujo y almacenamiento de los insumos, lo cual implica mejorar la competitividad en el mercado y la reducción de costos (Chaverri y Nuñez, 2018).

Con respecto a la línea de investigación de ingeniería agroindustrial es la optimización de procesos de productos no alimentarios, por lo que es importante resaltar que el beneficio del proyecto se evidenciará a largo plazo en el crecimiento de la finca como empresa agroindustrial a través de la disminución de costos de almacenamiento, transporte y pedido de insumos, con el fin de potencializar el

producto en el mercado regional ofreciendo un producto de calidad y en el momento oportuno (Sánchez et al. 2020).

### **1.3. Objetivo general**

Plantear un modelo de gestión de inventarios para los insumos utilizados en los procesos de la finca apícola R&R ubicada en el municipio de Sesquilé, Cundinamarca pretendiendo una reducción de los costos logísticos.

### **1.4. Objetivos específicos**

- Caracterizar el proceso productivo de la empresa R&R con un trabajo en campo que sirva como insumo para la teoría de administración de inventarios.
- Determinar el modelo de inventarios actual de insumos de la empresa R&R a través de los datos recolectados identificando el costo de la gestión de la mercancía en el periodo de estudio.

- Proponer alternativas de modelos de gestión de inventarios que permitan una reducción en los costos, analizando casos de éxito en cadenas agroindustriales.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. Marco histórico**

Las tendencias mundiales relacionadas a la logística de los productos están ligadas directamente con los modelos de gestión de inventarios. Los clientes requieren cada vez más materiales, de mejor calidad y procesos de entrega más eficientes, lo cual implica tener la cantidad adecuada de existencias en stock tanto en la cadena de abastecimiento como en el punto de venta (Rodríguez, 2019). La necesidad de gestionar y optimizar los recursos existentes surge a causa de épocas de escasez, para lo cual se requería del almacenamiento de grandes volúmenes de productos que en su mayoría eran alimentos, los cuales necesitaban de una administración adecuada en un periodo de tiempo (Ortiz et al, 2018).

Las publicaciones hechas respecto a modelos de inventarios se iniciaron en 1913, estas fueron realizadas por el ingeniero Ford Whitman Harris al cual se le atribuye el modelo EOQ (Economic order quantity), este tiene como objetivo brindar una relación entre los costos de mantenimiento de inventario con los costos de realizar un pedido, intentando llegar a un mínimo en términos económicos, es decir, se quiere precisar una cantidad específica para pedir en un periodo determinado, minimizando los costos, suponiendo en un principio una demanda determinística y en productos no perecederos ni bajo condiciones de deterioro (Castañeda & Cardona, 2016).

Desde Harris varios autores han realizado aportes como lo es E. W. Taft en 1918, extendiendo el modelo EOQ mediante la adecuación de una tasa infinita de producción, teniendo en cuenta que la recuperación del inventario no es instantánea y la tasa de producción es continua en el tiempo, a este se le conoce como el modelo Economic Production Lot (EPL), a su vez este modelo se ha ido desarrollando por otros autores en donde también se conoce el término Production Order Quantity Edwood Buffa en 1969 y Silver, Pyke, & Peterson en 1998 como Economic Production Quantity (Castañeda & Cardona, 2016).

Según Castañeda & Cardona (2016) los modelos EOQ y EPL solo se pueden utilizar para estudiar cada artículo individualmente, mientras los elementos no interactúen entre sí, es por esto que los modelos EOQ y EPL sólo consideran un producto, son limitados desde un punto de vista práctico. Wagner y Whitin en 1958 ampliaron el modelo de tamaño de lote determinista estándar para incluir la demanda estacional con el fin de dar cuenta de la conocida fluctuación de la demanda a lo largo del tiempo.

El enfoque del tamaño de lote fue reconocido como una especie de modelo de renovación determinista. Después de su lanzamiento aparecieron numerosas publicaciones que se centraron en fomentar un mayor desarrollo del modelo EOQ.

Algunos de los autores más destacados son Scarf, Gilford y Shelly (1963), George Hadley y Whitin (1963), Covert y Philip (1973), Wagner (1975), Sachan (1984), Tersine (1988), Suresh K. Goyal y Gupta (1989) y Cheng (1991) (Castañeda & Cardona, 2016).

Los sistemas de planificación de necesidad de materiales (MRP) tuvieron sus inicios en los años 70 para brindar una guía de cuánto y cuándo pedir materiales de uso empresarial. La información se obtenía a partir de fuentes de información tales como el plan maestro de producción, estado de los inventarios, listas de materiales y rutas de los productos (Rodríguez, 2019).

En la misma década se crea el método justo a tiempo, surgió como una estrategia japonesa derivada de la visión de Toyota y Taiichi Ohno para la empresa automotriz Toyota, sumando el aporte de otros estrategias de la calidad como Imai, Ishikawa, Karatsu, Mizuno, Taguchi y Shingeo Shingo, la cual fue puesta en marcha en la crisis de las empresas, especialmente automovilísticas de 1973-1974 (Nieto, 2019). En relación con la gestión de inventarios, este modelo se enfatiza en la adquisición de productos para su inserción en el sistema de producción justo en el momento que se necesita, por lo que se hace relevante la eficiencia en la gestión de compras, proveedores de confianza y sistemas eficientes de inventarios (Rodríguez, 2019)

En los años 80 se evalúa la necesidad de adquirir una cantidad de productos suficiente bajo ciertas condiciones teniendo en cuenta el flujo de los inventarios (Ortiz et al, 2018). Los indicadores de rotación se relacionaban con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de rotación de inventarios} = \frac{\text{Ventas (Consumo)}}{\text{Valor Inventario Promedio}} \quad (1)$$

Los sistemas de planificación de recursos de fabricación (MRP II) aparecen en los años 80 para gestionar alternativas de capacidad productiva disponible y los

recursos necesarios para poner en marcha planes de producción sugeridos por MRP (Rodríguez, 2019).

En esa misma década Vilfredo Pareto, un economista italiano, realizó un estudio sobre la riqueza y la pobreza descubriendo que el 20% de las personas controlaba el 80% de la riqueza en el país, siendo esta relación un dato repetitivo en diferentes muestras (Rojas y Salazar, 2018), esta herramienta resulta ser un dato muy útil y sencillo de obtener para su aplicación en la gestión empresarial, concentrando así la atención en las causa más importantes sobre lo que se desea controlar o mejorar (Rodríguez, 2019).

Otros métodos analíticos clásicos frecuentemente usados son: la programación lineal, técnicas de Teoría de Control, algoritmos de variables acotadas, descomposición de Benders, programación entera mixta y programación dinámica. Así mismo, las metodologías heurísticas y metaheurísticas normalmente son empleados ya que son procedimientos simples para solucionar problemas difíciles pero que no logran llegar a los niveles óptimos (Rodríguez, 2019).

En las últimas décadas se ha evidenciado la implementación de tecnologías de la información y adopción de sistemas integrados de gestión como estrategias de mejora de los procesos administrativos de inventarios. Adicionalmente, existe una mayor conciencia de compra y almacenamiento debido a que no es viable asumir los costos de un largo tiempo de productos en inventario, para lo cual las compañías optan por pasarlos rápidamente al siguiente eslabón (Rodríguez, 2019). Además, es posible emplear varios procesos y maquinaria para facilitar las operaciones relacionadas con la gestión de inventarios. El principal objetivo de los métodos que se emplean es brindar un orden y control sobre las existencias de bienes o recursos al interior de la empresa (Ortiz et al, 2018).

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Industria apícola**

La apicultura estudia la vida, costumbres y trabajos de las abejas, a través de ellas, es posible obtener cera, miel, propóleo, jalea real y polen, además analiza los métodos más prácticos para la producción racional de dichos productos. En general las empresas de producción apícola deben contar con insumos tales como colmenas, cuadros, azúcar y vitaminas los cuales son utilizados para que las abejas lleven a cabo la transformación (Aguilar y Fernández, 2006).

### **2.2.2 Insumos en la apicultura**

Los insumos son entradas sobre las que la empresa tiene control bajo la decisión de los líderes que por su experiencia y criterio buscan resultados óptimos en beneficio de la compañía mediante la planeación de estrategias a partir de, sin embargo, las investigaciones se han centrado en la implementación y gestión de inventarios de bienes terminados, productos o servicios, dejando a un lado el análisis de la etapa del proceso relacionada con la recepción y mantenimiento de insumos (Indeed Editorial Team, 2022).

El insumo más común que requiere un apicultor generalmente es el azúcar, pues este tiene la mayor incidencia sobre el proceso, es por esto que representa la tercera parte del total de costos de los apicultores, esto principalmente se evidencia en temporadas invernales, algunas veces se alimenta en su totalidad con azúcar, sin embargo, otros prefieren incluir fructosa para un producto más puro y suplementos vitamínicos y minerales. En Argentina que representa un papel protagónico en la distribución de miel a nivel mundial, presenta otros espacios de crecimiento implementando equipos especializados para este fin, así como material vivo como parte de la base de la producción o para venta de núcleos bajo normas sanitarias establecidas en los países destinatarios (Castillo, 2012).

Para el desarrollo de la apicultura, se identifican insumos como alzas de madera o cajones, cuadros alambrados, entre techo y techo sin ningún tipo de pintura (para evitar contaminación de los productos), láminas de cera (algunas veces de parafina o de cera de la misma abeja) que se ubican en los cuadros (Barragán, 2014).

### **2.2.3 Materiales y costos del proceso**

Teniendo en cuenta el caso puntual del plan de negocio desarrollado para la producción apícola en el departamento de Boyacá para la empresa Apibeeza S.A.S, se dividen los costos en 4 partes: los equipos de protección personal, el material de manejo, el material de extracción de miel y material de extracción del polen (Hernández & Zamora, 2021).

Los materiales de manejo serán todos aquellos que sin importar el producto se requieren para el trato de los cuadros o traslado de material como lo es la espátula o cuña, palanca de cuadros (acero inoxidable) para mover los cuadros, cepillo para desabejar y el fijador eléctrico, para este se tiene un costo de aproximadamente \$96.000 COP (Hernández & Zamora, 2021).

Para realizar la extracción de miel y su producción al interior de la colmena se requiere de la colmena como tal (para este proyecto se utilizaron 60 colmenas completas), cuchillos de desopercular y un extractor de 4 marcos radiales en acero inoxidable a motor y manual, esto tuvo un costo de aproximadamente \$5'492.000 COP (Hernández & Zamora, 2021).

Finalmente, el proyecto menciona que para la extracción de polen se requiere de 10 trampas de polen, secador de polen eléctrico y una centrifugadora de cera lo cual tuvo un costo de \$2'950.000 COP. El costo total del proyecto equivale a un total de \$8'988.000 COP (Hernández & Zamora, 2021).

Por otro lado, según Barragán (2014) dentro de los materiales se encuentran también los implementos para la manipulación de colmenas que son los trajes especializados, acompañados con botas y guantes de carnaza, para cada uno de los participantes. Para el proyecto de Hernández & Zamora (2021) se implementó el equipo de protección personal necesario para apicultores se encuentra compuesto por dos overoles, dos pares de guantes de carnaza, dos pares de botas de caucho y el ahumador de acero inoxidable para un costo total de \$450.000 COP, teniendo en cuenta que solo se tengan trabajando en el proceso dos personas.

#### **2.2.4 Influencia de la lluvia y floración en la alimentación de la colmena**

Los cambios en el ambiente influyen sobre el comportamiento de la colmena, principalmente en sus hábitos alimenticios. La alimentación natural de las abejas se basa en el consumo y proceso del polen y néctar de las flores, agua, miel, propóleos y minerales de los cuales obtienen energía suficiente para que cumplan sus funciones vitales y puedan sobrevivir (Bruno, 2022). Pero ¿Qué ocurre si las condiciones climáticas no son favorables para la adquisición del alimento?

En este caso, las lluvias afectan a las abejas dificultando su vuelo y generando desgaste por el peso de las gotas lo que impide la adquisición del alimento natural (se describe la preparación del alimento artificial como la adición de jarabes principalmente hechos con azúcar y agua) en temporadas de precipitaciones, siendo este sustitutivo o reemplazante de su alimentación. Teniendo en cuenta que la fuente de nutrición es principalmente derivada de las flores las condiciones climáticas pueden influir en la disponibilidad del alimento, pues la lluvia puede dañar la flor y diluir el néctar y el polen (Castillo, 2022).

### **2.2.5 Gestión de inventarios**

La gestión de inventarios es el proceso mediante el cual se supervisa y controla el flujo de mercancías y materiales de una empresa, desde su adquisición hasta su uso o venta. Según Jones y George (2019), se refiere a "la planificación, coordinación y control de las actividades relacionadas con la adquisición, almacenamiento y uso de inventarios".

Según Slack et. al. (2019) el objetivo principal de la gestión de inventarios es asegurar que una empresa tenga la cantidad adecuada de productos disponibles en el momento y lugar correctos, para satisfacer la demanda de los clientes de manera eficiente y rentable. Además, afirma que "la gestión de inventarios tiene como objetivo principal lograr un equilibrio entre la demanda del cliente y la inversión en inventarios, de manera que los niveles de servicio y la rentabilidad sean alcanzados".

La gestión de inventarios busca minimizar los costos asociados al almacenamiento y mantenimiento de inventarios, como los costos de almacenamiento, obsolescencia, deterioro y falta de rotación de los productos. El objetivo de minimizar los costos de inventario es importante porque estos costos pueden ser sustanciales y pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad de una empresa (Jacobs y Chase, 2014).

### **2.2.6 Gestión de inventarios de productos agrícolas**

La gestión de inventarios en agroindustrias implica el control del flujo y supervisión de los productos agrícolas, alimentos procesados y otros materiales utilizados en la producción. Teniendo en cuenta la perecibilidad del producto existen métodos de flujo de salida: en el primer caso se tiene que los productos que primero ingresan a la planta de almacenamiento son los primeros en salir (FIFO, First in, first out),

siendo representados por sus costos de producción y ventas, este inventario es utilizado en su mayoría para productos alimenticios perecederos; LIFO (Last in, first out) se refiere a que las últimas unidades en entrar son serán las primeras en salir a producción (Remache, et. al. 2020).

LIFO, evalúa los costos respecto a los últimos productos adquiridos que en su mayoría son mayores, por lo que los saldos quedan a los precios más antiguos. Por otro lado, FIFO resulta ser el contrario este se evalúa a los primeros productos adquiridos y finalmente el promedio ponderado que toma a cada uno de manera individual (Oblitas, 2018).

Dentro de un manejo y control de inventarios adecuado se debe evidenciar la presencia de un stock necesario para satisfacer la demanda de la clientela, evitando perder compradores potenciales. El Kardex es un material importante que puede ser utilizado para llevar un seguimiento constante, además tiene 3 métodos que pueden ser manejados manualmente o asistido por computador, estos son FIFO, LIFO, Promedio ponderado. Su aplicación permitirá llevar de manera detallada la rotación en los almacenes (Oblitas, 2018).

### **2.2.7 Formato Kardex**

Según González (2017) el Kardex es un sistema de registro y control físico o electrónico utilizado en diversas industrias para administrar y mantener un registro ordenado y actualizado de inventarios, movimientos de mercancías y transacciones comerciales; es una herramienta fundamental en la gestión de almacenes y permite tener información precisa y detallada sobre la disponibilidad y ubicación de los productos. El uso adecuado del Kardex asegura que no se generen faltantes de productos, evita pérdidas económicas y contribuye a optimizar el proceso de abastecimiento y distribución de mercancías.

El Kardex se utiliza para llevar un control riguroso de los productos en existencia, así como de las entradas y salidas de mercancías en un almacén. De la misma forma Londoño (2019) afirma que esta herramienta permite conocer el volumen de inventario disponible, los movimientos de mercancías, los tiempos de entrega y recepción, además de brindar información para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del inventario.

### **2.2.8 Modelos de gestión de inventarios de insumos**

Uno de los tipos de modelo de gestión de inventario es aquel aplicado a los insumos, este se refiere al proceso de controlar y administrar los recursos utilizados para la producción de bienes y servicios en una empresa, el objetivo principal es optimizar y garantizar la disponibilidad de los insumos manteniendo así la producción sin demoras ni interrupciones, buscando también la minimización de los costos asociados al pedido, manejo y almacenamiento de los insumos (Monczka et al, 2015).

Este tipo de gestión de inventario ayuda a determinar el momento en que se debe realizar un pedido de insumos, así como la cantidad que debe solicitarse para lograr el equilibrio entre la demanda y la oferta de materiales optimizando así los niveles de inventario (Euroinnova, 2022)

### **2.2.9 Modelos de gestión de inventarios para perecederos**

Si bien en su mayoría, la literatura da por hecho que los productos pueden ser almacenados para futuras demandas, es evidente que, en el caso de perecederos, no es posible manejar de esta forma el inventario, según Castañeda & Cardona (2016) a partir de una revisión de literatura se evidencia que de acuerdo a diferentes autores dentro de los modelos de inventarios para perecederos se prioriza la optimización del número de entregas y el tamaño de la orden, y en segunda medida

se consideran el tiempo de ciclo de reposición óptimo. Se evidencia en menor frecuencia la optimización del nivel de inventarios, tamaño de lotes de producción y el ciclo de producción.

Los inventarios para perecederos requieren de órdenes sensibles al tiempo de entrega o despacho, es decir esto debe ocurrir al poco tiempo de realizar el pedido. Es importante resaltar que debido a su corto tiempo de descomposición las existencias almacenadas requieren de condiciones muy específicas y en general este inventario es muy poco y la producción y distribución debe ser programada con anterioridad, esto tendrá como fin lograr el rendimiento esperado, a tiempo y al mínimo costo (Castañeda & Cardona, 2016).

Existen mercancías que por sus características requieren la preservación de temperatura constante a lo largo de la cadena logística, en un rango de frío previamente determinado por el fabricante para su conservación en buen estado durante el proceso de transporte, almacenaje y manipulación desde su punto de origen hasta el destino final, tal es el caso de productos como algunos tipos de medicamentos, vacunas, alimentos y bebidas, entre muchos otros (Castañeda & Cardona, 2016).

#### **2.2.10 Costos en la gestión de inventarios**

La gestión de inventarios tiene una cantidad de costos relacionados a los procesos de mantenimiento y control de los inventarios. El objetivo de una empresa al gestionar su inventario es minimizar estos costos sin sacrificar el nivel de servicio al cliente; dentro de estos costos se encuentran el costo de ordenar, entendido como una cantidad monetaria determinada por la compra o venta de un producto, el costo de mantenimiento o almacenamiento, entendido como la inversión necesaria durante el tiempo en que el producto se demora en salir o ser utilizado; y finalmente el costo de escasez que es básicamente el que se incurre en el momento en que la

cantidad de mercancía requerida excede el inventario existente (Castañeda & Cardona, 2016).

Los costos empleados para el desarrollo de esta investigación son los siguientes:

- **Costo de oportunidad**

Se refiere al beneficio o valor que se renuncia al tomar una decisión en lugar de escoger otra opción disponible. En otras palabras, representa lo que se deja de ganar al optar por una opción en lugar de la siguiente mejor alternativa. Según Mankiw (2017), el costo de oportunidad se relaciona directamente con el problema fundamental de la escasez en la economía. Dado que los recursos son limitados, cualquier elección implica renunciar a otras oportunidades de utilizar esos recursos.

- **Costo de pedido (Cp)**

Es el gasto involucrado en la preparación y realización de un pedido de reposición de inventario. Este costo incluye los gastos de procesamiento del pedido, como los salarios del personal involucrado en el proceso, los costos de envío y cualquier otro gasto asociado con el proceso de pedido (Silver et al., 2021). El costo de pedido se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Cp = s * N \quad (2)$$

Donde:

- s: Costo de hacer un pedido
- N: Número de pedidos realizados

- **Costo de almacenamiento (Ca)**

Se refiere a los gastos ocasionados por el mantenimiento y control de los inventarios en un almacén o centro de distribución (Chopra y Meindl, 2015). Estos costos incluyen el alquiler del espacio de almacenamiento, los salarios del personal de almacenamiento, los seguros y los costos asociados con la manipulación y el mantenimiento de los inventarios. Según Chopra y Meindl (2015), el costo de almacenamiento se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Ca = g * U \quad (3)$$

Donde:

- g: Costo de almacenamiento de cada unidad
- U: Número de unidades almacenadas

- **Costo de compra (Cc)**

Según Balakrishnan et al. (2016) se refiere al gasto asociado con la adquisición de los productos que componen el inventario. Esto incluye el precio de compra de los productos, los gastos de envío y cualquier otro costo relacionado con la adquisición de los productos, el costo de compra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Cc = p * Q \quad (4)$$

Donde:

- p: Precio de compra
- Q: Cantidad de unidades compradas

- **Costo total**

Se determina sumando los costos de pedido, los costos de almacenamiento y los costos de compra. Según Silver et al. (2021), la fórmula para calcular el costo total es la siguiente:

$$\text{Costo Total} = \text{Costo de Pedido} + \text{Costo de Almacenamiento} + \text{Costo de Compra}$$

(5)

### **2.2.11 Demanda de insumos**

La definición de demanda de insumos se refiere a la cantidad de materiales, productos o servicios necesarios en un determinado período de tiempo para la producción de bienes o servicios finales. Esta demanda puede variar en función de factores como el nivel de producción, las fluctuaciones en el mercado y las tendencias del consumidor, entre otros factores dependiendo del producto a analizar (Nahmias, 2021).

#### **- Demanda determinística**

Según López et. al (2018) la demanda determinística se refiere a la demanda de un producto o servicio que puede ser prevista con exactitud y se basa en factores como el comportamiento histórico de los consumidores, la fijación de precios y las condiciones del mercado. La demanda determinística se asocia comúnmente con el análisis de series de tiempo y puede ser utilizada para prever la demanda futura y ajustar la producción en consecuencia.

Este tipo de demanda puede ser determinística y constante en el tiempo o determinística y variable. El mejor modelo de gestión para este tipo de demanda suele estar determinado por dos elementos: el costo de generar órdenes de compra y el costo de mantenimiento de inventarios (Saldarriaga, 2020).

#### **- Demanda probabilística**

La demanda probabilística se refiere a una situación en la cual la demanda de un producto o servicio es incierta y puede variar en diferentes momentos y situaciones. En este caso, se utilizan técnicas de pronóstico y modelos probabilísticos para

estimar la demanda futura y tomar decisiones basadas en estas estimaciones (Pulido et al, 2020).

La demanda probabilística estacionaria se refiere a un patrón de demanda que se mantiene constante a lo largo del tiempo. Esto significa que, en promedio, la demanda no cambia con el tiempo y puede ser representada mediante una distribución de probabilidad. Por otro lado, la demanda probabilística no estacionaria implica que la demanda varía a lo largo del tiempo. Esto puede deberse a factores como cambios en las preferencias de los consumidores, fluctuaciones económicas o cambios estacionales. En este caso, la demanda no puede ser representada mediante una única distribución de probabilidad, ya que esta cambia con el tiempo (Pulido et al, 2020).

#### **2.2.12 Determinación del tipo de demanda a partir del coeficiente de variación**

El coeficiente de variación es una medida estadística utilizada para medir la variabilidad o dispersión relativa de un conjunto de datos en relación con su media. Se calcula dividiendo la desviación estándar de los datos entre la media y se expresa como un porcentaje. Cuanto mayor sea el coeficiente de variación, mayor será la variabilidad de los datos en relación con su media. (Universidad de Salamanca, 2012).

En la gestión de inventarios, el coeficiente de variación se utiliza para determinar la estabilidad de la demanda de los productos. Un coeficiente de variación bajo indica que la demanda es estable y predecible, lo que permite una gestión de inventarios más eficiente. Por el contrario, un coeficiente de variación alto indica una demanda volátil y difícil de predecir, lo que puede llevar a problemas como exceso o falta de inventario (Taha, 2016). Para el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$CV = (Desviación\ estándar / Media) * 100 \quad (6)$$

Según Taha (2016) el análisis de este coeficiente se debe realizar teniendo en cuenta:

- Si la demanda mensual promedio es constante y el coeficiente es inferior al 20% la demanda debe considerarse determinística y constante.
- Si la demanda mensual promedio varía de forma sustancial entre los diferentes meses y el coeficiente es inferior al 20% la demanda debe considerarse determinística y variable.
- Si el resultado es superior al 20% se establece que el tipo de demanda es probabilística y depende si la demanda es estacionaria o no estacionaria.

### **2.2.13 Tipos de modelos de gestión de inventarios**

Existen diversas maneras de clasificar los modelos de inventarios basados en los requerimientos de los artículos. Los principales modelos son determinísticos, los cuales se utilizan cuando existe una demanda conocida y esta es constante, por otro lado, están los modelos probabilísticos que corresponden a una demanda desconocida y es variable e incierta. Existen otras clasificaciones respecto a su forma (de materia prima, de productos en proceso, de productos terminados), según su función (inventarios de seguridad, en tránsito o de ciclo) y según su logística (Euroinnova, 2022).

#### **- Inventarios con demanda determinística constante**

En la literatura se proponen los siguientes modelos de gestión de inventarios:

- Los modelos EOQ clásicos o modelos de cantidad económica de pedido, buscan un equilibrio entre los costos de preparación y almacenamiento.

- La primera variante del modelo EOQ clásico es el EOQ con descuento por cantidad, la cual considera la disminución del costo unitario de un producto cuando este se compra al por mayor.
- La segunda variación del modelo EOQ clásico se conoce como EOQ de faltantes planeados, la cual establece que la demanda no será cubierta generando faltantes.
- La tercera variación corresponde a POQ o cantidad económica de pedido de producción, la cual considera que un pedido puede recibirse a lo largo de cierto tiempo, teniendo en cuenta la tasa de demanda y de producción (Taha, 2016).

Se analizan al detalle el EOQ clásico y la programación lineal entera mixta debido a que son los que se emplean en la investigación:

#### - **EOQ Clásico**

El modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) es una técnica utilizada en la gestión de inventarios que determina la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar los costos totales de inventario. El objetivo principal de este modelo es equilibrar los costos de mantenimiento de inventario (almacenamiento) y los costos de pedidos (Silver et. al, 2021).

El EOQ se basa en la suposición de que la demanda de un producto es constante y conocida, que no hay restricciones en la cantidad o tiempo de entrega, y que no hay descuentos por volumen de compra (Silver et. al, 2021).

La fórmula básica para calcular el EOQ ( $Q^*$ ) es la siguiente:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (7)$$

Donde:

- D: demanda del producto en unidades.
- S: el costo de realizar un pedido.
- H: costo de mantener una unidad de inventario.

Este modelo es muy útil en la gestión de inventarios debido a que permite optimizar la cantidad de unidades a pedir, reduciendo los costos de almacenamiento y pedidos. Al minimizar estos costos, las empresas pueden maximizar sus ganancias y mejorar su eficiencia operativa (Silver et. al, 2021).

#### - Programación lineal entera mixta

La programación lineal se utiliza para modelos de optimización en los que la función objetivo y restricciones son lineales, tiene tres componentes: las variables de decisión, el objetivo a maximizar o minimizar y las restricciones que son las que se deben satisfacer para resolver el modelo (Peralta, 2012).

Un problema de programación lineal se puede describir de la siguiente manera según Nahmias (2021):

- Función objetivo: es la función matemática que se desea maximizar o minimizar. Por lo general, es una combinación lineal de las variables de decisión.
- Variables de decisión: son las incógnitas del problema, cuyos valores se desean determinar para cumplir con las restricciones y optimizar la función objetivo.
- Restricciones: son las condiciones que deben cumplir las variables de decisión para que el problema sea factible. Estas restricciones son expresadas a través de ecuaciones o desigualdades lineales.

- Región factible: es el conjunto de soluciones que cumplen con todas las restricciones del problema. Esta región es representada geoméricamente en el espacio de las variables de decisión.
- Soluciones óptimas: son las combinaciones de valores de las variables de decisión que maximizan o minimizan la función objetivo y cumplen con todas las restricciones del problema. Pueden existir soluciones únicas o múltiples.
- Método de resolución: existen varios métodos para resolver problemas de programación lineal, como el método gráfico, el método de las esquinas, el método simplex y el método de las dos fases. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, y se selecciona según las características del problema a resolver.

La programación lineal entera mixta combina elementos de la programación lineal y la programación entera, permitiendo tanto variables continuas como variables enteras. Esto significa que algunas variables pueden tomar valores fraccionarios mientras que otras deben ser números enteros. Este enfoque es útil cuando se enfrenta a problemas que involucran decisiones binarias (sólo se puede elegir una opción entre dos), como asignación de recursos o programación de producción Nahmias (2021).

Para tomar la decisión de aplicar programación lineal para resolver un problema Conforti et.al (2014) analiza los siguientes criterios a tener en cuenta:

- Objetivo de optimización lineal: El problema debe tener un objetivo claro de maximización o minimización que pueda expresarse como una función lineal.
- Variables de decisión: Deben existir variables de decisión que se relacionen linealmente con la función objetivo y las restricciones del problema.

- Restricciones lineales: Las restricciones que limitan las variables de decisión deben ser lineales en su naturaleza.
- Recursos limitados: El problema debe implicar la asignación óptima de recursos limitados, como tiempo, capacidad de producción, etc.
- Certidumbre: Se asume que los datos del problema, como costos, coeficientes de restricción, demanda, etc., son conocidos con certeza.
- No necesariamente soluciones enteras: A diferencia de la programación entera, la programación lineal no requiere que las soluciones sean números enteros.
- Modelo matemático simple: La programación lineal se basa en un modelo matemático simple y lineal.
- Escalabilidad: Es eficaz para problemas de tamaño moderado a grande.
- Disponibilidad de Software: Hay variedad de software disponible para resolver problemas de programación lineal.

- **Inventarios con demanda determinística variable**

Si se establece que la demanda es determinística variable significa que la demanda tiene cambios a través del tiempo, siendo el tamaño del lote un punto adicional a analizar debido a que en función de este los costos pueden ser más altos o bajos (Taha, 2016). En la literatura se proponen los siguientes modelos de gestión de inventarios:

- El modelo lote a lote permite pedir justo lo necesario, por lo tanto, esto significa tener un inventario exacto y así un bajo costo de mantenimiento.
- El método de período constante ayuda a fijar de manera arbitraria los intervalos de realizar los pedidos.
- El balanceo de periodos fragmentados o BPF encuentra un equilibrio entre costos de mantenimiento y los costos de pedido.

- La heurística Silver Meal, busca tomar decisiones óptimas a través de reglas para brindar una solución a diferentes problemas de inventario. Brinda opciones para la minimización del costo total de ordenar y mantener en cada periodo.
- El costo mínimo unitario es un método de minimización de los costos por unidad en comparación con el costo de pedido y mantenimiento variando el tamaño del lote para optar por el de menor diferencia.
- El algoritmo de Wagner - Whitin busca a través de programación dinámica minimizar el costo de ordenar y mantener el inventario.

- **Inventarios con demanda probabilística**

- Modelos de revisión continua: Este método se emplea cuando existe o se establece un punto de reorden (demanda fija, tiempo variable), es decir, el método indica que en el momento en el que el inventario llega a cierto nivel, se hace un pedido. Esto determina la cantidad para abastecer el siguiente periodo, así como el momento en el que se debe realizar el pedido en función de una cantidad fija (Rojas, 2016).
- Modelos de revisión periódica (tiempo fijo y demanda variable). La base de este método es el control mediante la revisión de los periodos previamente calculados y establecidos. Las órdenes están basadas en la cantidad consumida desde la última revisión (Rojas, 2016). Se tienen en cuenta los siguientes parámetros.

$$\begin{aligned}
 & \text{Cantidad de la orden de reabastecimiento} = \\
 & \text{Nivel máximo} - \text{Inventario en existencia} - \text{Cantidad en pedido} + \\
 & \text{demanda durante el tiempo de entrega} \qquad \qquad \qquad (8)
 \end{aligned}$$

### **2.2.14 Pronósticos de la demanda**

Un pronóstico es una técnica que consiste en estimar la demanda futura durante un horizonte de tiempo determinado. Hay dos tipos de enfoques para pronosticar, los pronósticos cuantitativos son aquellos que usan una variedad de modelos matemáticos y los cualitativos son los que tienen en cuenta factores como las experiencias personales, la intuición, etc. Los pronósticos de demanda se basan principalmente en datos históricos y el método a emplear dependerá del tiempo en que se está pronosticando (Nahmias, 2021).

El pronóstico de la demanda se dedica en términos generales a valorar mediante métodos estadísticos y datos del pasado, proyecciones de venta de uno o varios productos, durante un período de tiempo determinado. Dentro de los tipos de modelo de pronóstico de demanda se encuentran los cuantitativos tales como análisis cíclicos y de series de tiempo, modelos de regresión, modelos móviles, suavización exponencial, modelos de simulación y métodos de descomposición. También se encuentran los modelos cualitativos enfocados en el estudio de características tales como el método Delphi, analogía histórica, encuestas de satisfacción, investigación de mercados y evaluación de clientes (Gómez, 2022).

#### **- Series de tiempo - Modelos de pronóstico**

Las series de tiempo es uno de los métodos más utilizado por las empresas al realizar pronósticos debido a que es un método que tiene en cuenta la estacionalidad de los productos, es decir puede variar dependiendo del momento del año. Este método de pronóstico conlleva que los valores a futuro se predican de acuerdo con los valores pasados (Buissonneau et. al., 2021)

#### **• Suavización exponencial simple**

La suavización exponencial simple y doble son métodos utilizados para predecir valores futuros en el análisis de producción y operaciones, tal como se define en el libro "Production and Operations Analysis" de Nahmias, S. (2021).

La suavización exponencial simple consiste en calcular una serie de pronósticos utilizando una combinación ponderada de los valores históricos y los pronósticos anteriores. El método asigna más peso a los pronósticos más recientes, lo que implica que se le da más importancia a los valores más cercanos en el tiempo. La fórmula de suavización exponencial simple se define matemáticamente como:

$$F_{t+1} = \alpha * A_t + (1 - \alpha) * F_t \quad (9)$$

Donde:

- $F_{t+1}$  representa el pronóstico en el periodo  $t+1$ .
- $A_t$  representa el valor observado en el periodo  $t$ .
- $F_t$  representa el pronóstico en el periodo  $t$ .
- $\alpha$  es el factor de suavización, que determina la ponderación de los valores históricos y los pronósticos anteriores.

- **Suavización exponencial doble**

La suavización exponencial doble es una extensión del método de suavización exponencial simple que permite tener en cuenta también las tendencias en los datos históricos. Además de los valores históricos y los pronósticos anteriores, se utiliza una combinación ponderada de las estimaciones de nivel y las estimaciones de tendencia (Nahmias, S. 2021). La fórmula de suavización exponencial doble se define matemáticamente como:

$$F_{t+1} = L_t + T_t + \alpha * (A_t - L_t - T_t) \quad (10)$$

Donde:

- $F_{t+1}$  representa el pronóstico en el periodo  $t+1$ .

- $L_t$  representa la estimación de nivel en el periodo  $t$ .
- $T_t$  representa la estimación de tendencia en el periodo  $t$ .
- $A_t$  representa el valor observado en el periodo  $t$ .
- $\alpha$  es el factor de suavización para la estimación de nivel.
- $\beta$  es el factor de suavización para la estimación de tendencia.

En conclusión, la suavización exponencial simple se utiliza para pronosticar valores futuros basados en una ponderación de los valores históricos y los pronósticos anteriores, mientras que la suavización exponencial doble también tiene en cuenta las tendencias en los datos históricos para generar pronósticos más precisos (Nahmias, S. 2021).

- **Holt-Winters**

El método de Holt-Winters es una técnica de pronóstico utilizada para predecir valores futuros en series temporales que exhiben tendencia y estacionalidad. Fue desarrollado por Charles C. Holt y Peter Winters en la década de 1960 y se ha convertido en una herramienta importante en la gestión de operaciones y la previsión de datos temporales (Nahmias, S. 2021)

El método de Holt-Winters incluye tres componentes principales en su modelo:

- Nivel: Representa el valor base de la serie temporal, es decir, el nivel medio de la serie antes de tener en cuenta la tendencia o la estacionalidad. El nivel se actualiza en cada período.  
 $\alpha$  = Factor de suavización para el nivel (generalmente entre 0 y 1).
- Tendencia: Refleja la dirección en la que la serie temporal está cambiando con el tiempo. Puede ser una tendencia creciente o decreciente. La tendencia

también se actualiza en cada período y se utiliza para prever cómo cambiará el nivel en el futuro.

$\beta$  = Factor de suavización para la tendencia (generalmente entre 0 y 1).

- Estacionalidad: Captura patrones regulares o estacionales en la serie temporal, como las variaciones que ocurren en ciertos períodos del año, como las estaciones. La estacionalidad puede ser de tipo aditivo o multiplicativo, dependiendo de si las fluctuaciones estacionales son constantes en magnitud o proporcionales al nivel de la serie.

$\gamma$  = Factor de suavización para la estacionalidad (generalmente entre 0 y 1).

La elección de los valores de los factores de suavización ( $\alpha, \beta$ , y  $\gamma$ ) y la longitud del ciclo estacional ( $m$ ) dependerá de la naturaleza de los datos y debe ajustarse según el caso específico

### **2.2.15 Medición del error de pronóstico**

En la práctica se emplean varias medidas para calcular el error de pronóstico, estas pueden usarse para comparar diferentes modelos de pronóstico y garantizar un buen desempeño. Las tres medidas más usadas son el MAD, MSE Y MAPE, descritas a continuación:

El MAD o Desviación Absoluta Media proporciona una idea de cuánto se desvían en promedio los pronósticos de los valores reales, expresa el error en las unidades originales de los datos, para hallarlo se suman las diferencias absolutas entre el pronóstico y el valor real, después se divide por el número de datos (Buissonneau et. al., 2021).

Para el MSE o Error Cuadrático Medio tiende a penalizar de manera significativa los errores grandes en comparación con los errores pequeños, dando más importancia

a la magnitud de los errores, para calcularlo se toma la diferencia entre el pronóstico y el valor real y se elevan al cuadrado para luego dividirlo en el número de datos (Buissonneau et. al., 2021).

El MAPE o Error Porcentual Absoluto Medio es una medida de error expresada como porcentaje que calcula el promedio de las diferencias porcentuales absolutas entre los valores pronosticados y los valores reales, según Buissonneau et. al. (2021) este se calcula como “el promedio de las diferencias absolutas encontradas entre los valores pronosticados y los reales, y se expresa como un porcentaje de los valores reales”.

### **2.2.16 Clasificación ABC**

Es una técnica de gestión de inventarios que permite determinar el valor económico de artículos, respecto a la importancia del negocio. Son clasificados de acuerdo con la demanda, costos o rangos de riesgo, los cuales representan la mayor parte del valor, generalmente determinado por el peso o proporción porcentual acumulada. Se establece que el 20% del total de los artículos, representa el 80% del valor del inventario (Rodríguez, 2019). Los productos restantes del 80% del total de los artículos de inventario alcanza el 20% del valor del inventario. Teniendo en cuenta lo anterior los artículos se clasifican en:

- A (artículos de mayor importancia)
- B (artículos de importancia secundaria)
- C (aquellos que tienen una importancia reducida)

Los factores más importantes que se analizan allí son los pocos artículos significativos y demás artículos que representan una importancia más baja. Esto finalmente ayuda a concentrar la atención en causas importantes sobre las que se desea controlar y mejorar (Rodríguez, 2019).

### **2.2.17 Estudio de tiempos y movimientos**

Se define el estudio de tiempos y movimientos como una herramienta para la medición del trabajo que a lo largo de los años ha contribuido para la solución de problemas de producción y a reducir costos, este estudio permite establecer el tiempo que requiere un operario para llevar a cabo una actividad y así detectar operaciones que causan demoras en el proceso (Cruz, 2019).

### **2.2.18 Diagrama de flujo**

Los diagramas de flujo son secuencias lógicas que evidencian el algoritmo de un sistema, flujo de trabajo o un proceso mediante el empleo de símbolos propios del diagrama de flujo y acciones relacionadas al proceso. Esta herramienta se usa para graficar una o varias tareas, para así tener así una perspectiva global del proceso que además permita planificar, documentar, mejorar actividades que se planean realizar o implementar (Bipasha, 2022).

### **2.2.19 Cantidad y frecuencia de pedido**

La cantidad y frecuencia de pedido en la gestión de inventarios son aspectos clave para asegurar un flujo eficiente de productos en una empresa, ambos conceptos están relacionados con los niveles de inventario y la gestión de costos en una empresa. La cantidad de pedido hace referencia a la cantidad de productos (en este caso de insumos) decide solicitar a sus proveedores en cada pedido, el objetivo de determinar la cantidad de pedido adecuada es encontrar el equilibrio entre un inventario suficiente para satisfacer la demanda y minimizar los costos de almacenamiento (Krajewski et. al., 2018).

La frecuencia de pedido se refiere a la regularidad con la que se realizan dichos pedidos. Una frecuencia de pedido alta generalmente implica niveles de inventario

más bajos y una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda, mientras que una frecuencia de pedido baja puede reducir costos relacionados a la gestión de pedidos, pero requerir niveles de inventario más altos (Krajewski et. al., 2018).

### **2.2.20 Inventario de seguridad**

Es la cantidad adicional de stock que se mantiene en un almacén o depósito para evitar quedarse sin existencias antes de que lleguen nuevos pedidos o reaprovisionamientos. Su objetivo principal es proteger contra incertidumbres en la demanda y las demoras en los plazos de entrega. El nivel de inventario de seguridad se determina en función de factores como la variabilidad en la demanda y en los plazos de entrega, así como el nivel de servicio deseado (Krajewski et. al., 2018).

$$SS = Z * \delta * \sqrt{L} \quad (11)$$

Donde:

- SS: Inventario de seguridad
- Z: Nivel de servicio
- $\delta$ : Desviación estándar de la demanda
- L: Lead time

### **2.2.21 Punto de reorden**

Es el nivel de inventario en el cual se debe realizar un nuevo pedido o reaprovisionamiento de mercancía. Se calcula teniendo en cuenta la demanda esperada durante el tiempo de espera para recibir el pedido (lead time) y el inventario de seguridad. El punto de reorden es esencial para evitar quedarse sin existencias y asegurar un flujo continuo de suministros (Krajewski et. al., 2018).

$$s = Dl + SS \quad (12)$$

Donde:

- s: Punto de reorden

- DI: Demanda durante el tiempo de entrega  
Siendo DI:

$$DI = \text{Pronóstico de la demanda} + L \quad (13)$$

### **2.2.22 Lead time**

Es el tiempo que transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se recibe la mercancía. Incluye el tiempo de procesamiento del pedido, producción (si es necesario) y entrega. El lead time es una variable crítica en la gestión de inventarios, ya que afecta directamente al punto de reorden y al nivel de inventario de seguridad necesario. Un lead time largo implica la necesidad de mantener mayores niveles de inventario de seguridad para evitar rupturas de stock. Por otro lado, un lead time corto permite mantener inventarios más ajustados y reduce el riesgo de quedarse sin existencias (Peralta, 2012).

### **2.2.23 Análisis de varianza ANOVA**

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica estadística utilizada para evaluar si existen diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes. Se utiliza comúnmente en la investigación científica para comparar las medias de diferentes tratamientos o condiciones.

Según Hair et al. (2019), el análisis de varianza es una herramienta estadística que se utiliza para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos. Es una extensión del análisis de dos muestras (t-test) y permite comparar medias de múltiples grupos simultáneamente. Además, se ha encontrado que ANOVA es especialmente útil cuando se trabaja con un diseño experimental con un factor único y cuando se cumplen ciertos supuestos estadísticos.

Por otro lado, Montgomery (2017) afirma que el análisis de varianza es una técnica estadística que se utiliza para descomponer la variabilidad total de una variable en diferentes fuentes de variación, como la variación entre grupos y la variación dentro de grupos. ANOVA se utiliza para determinar si la variación entre los grupos es significativamente mayor que la variación dentro de los grupos.

### **2.3 Marco geográfico**

Este estudio se enfoca en la empresa R&R ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio de Sesquilé, en la vereda Boitá, con coordenadas 5°03'05"N 73°48'32"W aproximadamente a 45 km al noreste de Bogotá, allí es donde se ubica la finca apícola y donde se llevan a cabo los procesos productivos y logísticos.

El municipio de Sesquilé tiene una extensión total de 141 km<sup>2</sup>, sus límites geográficos al sur son con Guatavita, al norte con Chocontá y Suesca, al oriente con Macheta y al occidente con Gachancipá, se encuentra a 2.608 m s. n. m., cuenta con una temperatura promedio de 14 °C y un clima ecuatorial de montaña ubicado en el piso térmico frío con abundantes precipitaciones a lo largo del año. En el área noroccidental del municipio (Veredas Boitá, Nescuatá y Boitivá) se concentra la mayor actividad agroindustrial debido a sus zonas de planicie donde también se encuentra el Embalse de Tominé (Alcaldía de Sesquilé, 2023).



Figura 1. Mapa ubicación finca R&R Sesquilé Cundinamarca Fuente: Google Maps

Se analiza también el lugar con respecto a las precipitaciones, ya que es un tema que afecta directamente las colmenas y altera la producción normal de la empresa. En la Gráfica 1 se evidencian los máximos y mínimos de precipitación de lluvia en periodos mensuales desde 1990 hasta el 2022 tomados por la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2023) en el Embalse de Tominé. El periodo en donde se presenta mayor cantidad de lluvia es en el mes de abril con 262 mm aproximadamente, sin embargo, existen otros periodos de lluvias altas como octubre y noviembre con 210 y 216.5 mm respectivamente, así mismo se puede evidenciar que los meses en donde se presenta menor cantidad de lluvia son julio, septiembre y diciembre.

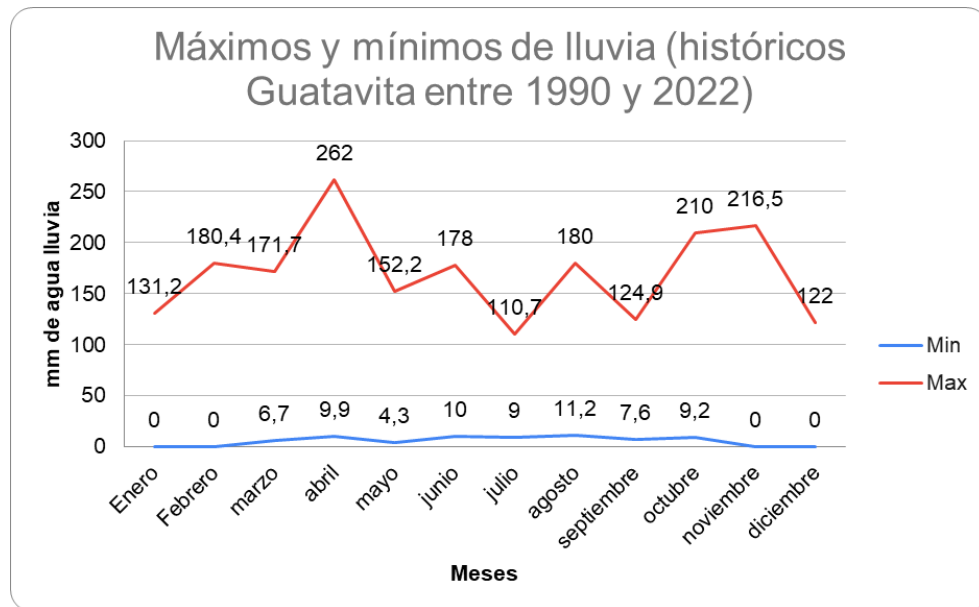


Gráfico 1. Datos históricos de lluvia (1990 a 2022) Fuente: CAR (2023)

## 2.4 Marco legal

### 2.4.1 Normas Internacionales de Información Financiera o NIIF

Si bien la normativa relacionada con la gestión de inventarios en términos contables no se ha desarrollado de manera adecuada en Colombia, es posible identificar algunas entidades destacadas a nivel mundial como lo son las promotoras de las Normas Internacionales de Información Financiera o NIIF, la cual es una institución privada con sede en Londres que brinda estándares técnicos contables, que incluyen material relevante ligado a los costos de inventario. Teniendo en cuenta lo anterior, esta normativa divide los costos de los inventarios como de adquisición y de transformación. Los métodos de valoración de los inventarios buscan determinar los costos que según el Decreto Reglamentario 2649 (1993) son "(...) incluye todas las erogaciones y los cargos directos e indirectos necesarios para ponerlos en condiciones de utilización o venta" (Artículo 63), así como también aquellos que son usados para el proceso de fabricación y requieren de un proceso adicional, sin tener en cuenta aquellos de origen biológico (Artículo 15, descripción grupo 14, p. 102) (Torres y González, 2016)

Con base en el mismo artículo, es posible identificar algunas fórmulas para el cálculo de los costos de venta, teniendo en cuenta el orden de salidas y entradas. En la sección 13 de NIIF de PYMES para establecer el costo del inventario, es necesario identificar los valores individuales de las existencias no habituales, que se puedan intercambiar entre ellas, y de los servicios y bienes. Si son existencias diferentes a los no habitualmente intercambiables entre sí, debe ser usado el método FIFO o PEPS.

El reglamento no establece una técnica relacionada con la medición de costos, sin embargo, el Decreto Reglamentario 1333 de 1996 si lo hace, con el fin de brindar cumplimiento a las normas tributarias en lo que respecta a la aplicación de sistemas continuos o permanentes. En la Sección 13 de la NIIF para PYMES las mediciones de los costos (método estándar, minoristas y precio de compra más reciente) corresponden y dependen directamente de la conveniencia de la entidad, únicamente si al ser aplicado brinda una aproximación al costo. Las técnicas serán aplicadas de acuerdo con el consumo de materiales, mano de obra, suministros, eficiencia y capacidad. De acuerdo con el decreto 2706 de 2012 que permite citar las necesidades de una microempresa con relación al sistema de inventario, se afirma que, si la entidad requiere de al menos una revisión de inventario, este será catalogado como un sistema periódico (Torres y González, 2016).

Las revisiones periódicas tienen como objetivo el análisis del estado actual de los inventarios por lo que de acuerdo con el Decreto Reglamentario 2649 (1993) menciona que “Al cierre del período deben reconocerse las contingencias de pérdida del valor reexpresado de los inventarios, mediante las provisiones necesarias para ajustarlos a su valor neto de realización.” (Artículo 63). También se menciona en el Decreto Reglamentario 2650 y 2649 de 1993, y el Decreto 2706 de 2012 que es necesario tener un colchón de capacidad con el fin de cubrir

eventualidades tales como pérdida de la mercancía, obsolescencia, deterioro o productos faltantes, los cuales deben presentarse en libros como precio de venta menos costo de venta, menos los inventarios perdidos (Torres y González, 2016).

#### **2.4.2 Requisitos sanitarios**

Para minimizar la pérdida de inventarios podemos citar la resolución 2674 de 2013, la cual establece en el artículo 16, ocho (8) requisitos relacionados a la recepción de materia prima e insumos perecederos para las actividades de fabricación, preparación, procesamiento, envase y almacenamiento con el fin de evitar su contaminación, alteración o daños físicos, además la norma se acoge a la Resolución 5109 de 2005 u otras que la modifiquen. Los encargados de la recepción deben verificar que los productos contengan la ficha técnica, posteriormente estos deben ser inspeccionados previo a su uso, clasificados y sometidos a análisis si es necesario. Por otro lado, la norma resalta que, dependiendo el caso, el producto antes del ingreso debe ser limpiado con agua potable o desinfectado con productos específicos según se requiera, además es responsabilidad de la entidad el almacenamiento fuera de contaminantes o en condiciones que permitan la proliferación de microorganismos. Finalmente, las materias primas e insumos deben ocupar espacios de almacenaje diferentes a los de los productos terminados y áreas de envase (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Posterior a la recepción de materia prima, es importante tener en cuenta las (7) condiciones generales de las operaciones de almacenamiento que esta requiere según la norma. Inicialmente es necesario un registro con fechas de ingreso y salida del producto con el fin de garantizar su rotación, también es necesario dar salida a productos que han finalizado su vida útil con el fin de facilitar la limpieza y desinfección del espacio. La disposición de los productos vencidos debe realizarse en un lugar exclusivo para este fin, es necesario además la adecuación de un libro de registro de las fechas, cantidades de productos y su destino final. El alimento vencido por ningún motivo debe destinarse para la elaboración de alimentos para

humanos y estos estarán a disposición de las autoridades sanitarias competentes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El área de almacenamiento y proceso de materias primas de perecederos, debe ser un espacio protegido de agentes tales como polvo, lluvia, plagas u otros contaminantes, del tamaño adecuado para la instalación, operación y mantenimiento de equipos, que permita el tránsito de personal y que se encuentre ubicado de tal forma que siga la secuencia lógica del proceso de producción con el fin de evitar contaminación cruzada. Si es necesario, debe acondicionarse la temperatura, humedad u otras variables relevantes para la conservación de funcionalidad, integridad, inocuidad e higiene del alimento, así como la facilidad de limpieza de las superficies que entren en contacto con la materia prima, se reglamenta también que los insumos deben estar ordenados en estibas con una separación mínima de 60 cm respecto a las paredes de perímetro y a 15 cm del suelo para que la limpieza y desinfección sea fácil y accesible (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El tamaño de los almacenes o depósitos debe ser proporcional al volumen de los insumos manejados por el establecimiento, teniendo en cuenta que el único fin de estas áreas es la recepción de productos, pues no es aceptado por la norma la adecuación del lugar como espacio de vivienda o dormitorio. Es importante resaltar que los alimentos deben estar separados de productos tóxicos u otros que no correspondan al área, tales como plaguicidas o productos de limpieza (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

#### **2.4.3 Guía de almacenamiento para agroinsumos ICA**

Así mismo el ICA en el 2007 establece una guía de almacenamiento para agroinsumos, que de acuerdo a las normativas anteriormente mencionadas, precisa la necesidad de la revisión previa de los productos que se reciben para ser

almacenados, con el fin de detectar fugas o derrames, y que además el encargado de recepción verifique que el espacio en el cual se ubicaran estos insumos se encuentre limpia, con fuentes de ventilación, marcación de seguridad, estibas por debajo de los límites máximos de carga, fechas de vencimiento y inventario de los productos existentes en el área al día, además es necesario resaltar la importancia de mantener alejado este tipo de productos de aquellos que sean de origen alimentario debido a una posible contaminación (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2013).

## **2.5 Estado del arte**

En los sistemas en los que el deterioro del producto es evidente y este hecho afecta directamente a los aspectos económicos, asumir que el daño de este no se produce obliga a utilizar políticas de inventario que proporcionan resultados que no son óptimos. Por lo tanto, existe un reto importante en la gestión de inventarios de bienes con altas tasas de deterioro para determinar una política que reduzca las pérdidas por la venta de dichos bienes y disminuya los costes de penalización asociados a su degradación (Castañeda & Cardona, 2016).

El aumento mensual de las existencias de materiales que tienen una rotación alta, así como el volumen de despacho de estos han evidenciado la necesidad de implementar proyecciones de demanda de consumo con el fin de reducir los costos logísticos en la empresa de agroindustrial La Libertad en Perú, se tienen en cuenta principalmente los relacionados a transporte, almacenamiento, embalaje, etc. Para este estudio se recolectó y analizó información histórica relacionada con materiales de mayor consumo, este primer paso es llevado a cabo mediante tres filtros, relacionando materiales que no registran consumos durante determinados rangos de tiempo, el segundo filtro relaciona materiales de alta rotación, baja rotación y sin consumo; finalmente se realiza una comparación con uno de los referentes más

relevantes del sector (Grupo Artículo). Se determina a partir de los datos obtenidos en los filtros que son 852 materiales de mayor rotación (Peralta, 2012).

Como segunda etapa del proceso fue la formulación de la proyección de la demanda teniendo en cuenta la cantidad de materiales de mayor rotación derivada de la primera etapa y se eligió el pronóstico con menor desviación absoluta media (MAD), que brinda una medición estadística del promedio absoluto de error del pronóstico a evaluar (Buissonneau et al., 2021). Se obtuvo una muestra representativa de 39 materiales. Para la elección del tipo de pronóstico, como resultado se evidenció que el valor más bajo correspondía a suavización exponencial. Al aplicar la metodología planteada se espera lograr un ahorro del 15,34% de los costos logísticos en la empresa Grupo Artículo, además mediante la aplicación de modelos matemáticos de costo beneficio y de tipo económico con el fin de confirmar la viabilidad de la propuesta se presenta que es posible reducir los costos logísticos implementando una proyección mensual de la demanda y que la gestión de los inventarios tendrá un beneficio positivo para la empresa, lo cual menciona que en promedio por cada dólar invertido se obtienen 23.33 US\$ de ganancia por la aplicación del modelo (Peralta, 2012).

Los mercados agroindustriales tienen diferentes medios de distribución de su producto, pero lo ideal es que una empresa de este tipo llegue al nivel de exportación obteniendo ganancias considerables. A continuación, se toma como referente un estudio hecho a una empresa de exportación de espárrago fresco en Perú en donde se afirma que actualmente existe una gran competencia relacionada con la calidad y el precio, además de que es un producto maduro en crecimiento a nivel mundial. Para lograr incrementar la rigurosidad de los estándares de calidad y equilibrar el precio de venta fue importante para este caso optimizar los recursos existentes bajo la implementación de un modelo de gestión de inventarios (Sedano y Suarez, 2019).

-

En el artículo realizado por Sedano y Suarez (2019) se propone recopilar información mediante entrevistas y revisión documental histórica de la empresa para evaluar y procesar los datos, y como producto obtener un diagnóstico de la situación actual de la empresa. En el documento se selecciona como modelo inicial el modelo ABC a partir de un diagrama de Pareto de los materiales. La primera etapa de la evaluación consiste en la Clasificación ABC Simple – criterio cuantitativo y cualitativo (criticidad y sustituibilidad), adicionalmente una reclasificación- ABC (alfa, beta y gamma); el siguiente paso fue la realización de un pronóstico de la demanda a partir de los datos extraídos del punto anterior que para este estudio: alfa tuvo un total de 15 artículos, beta 23 artículos y gama 41. Para la selección del método de proyección, así como en el estudio anterior, se optó por adecuar aquel que tuviese el menor error porcentual, por lo que el método de descomposición fue seleccionado. A continuación, se determinaron mediante fórmulas, datos relevantes para iniciar el modelo de gestión de inventarios (demanda promedio, tiempo de espera, cantidad de pedido, número de pedidos al año, stock de seguridad, punto de reorden, etc.). Por otro lado, se realizó un modelo de gestión de compras, selección de proveedores teniendo en cuenta criterios relacionados con precio, calidad y tiempo de entrega.

Los resultados cuantitativos relacionados con los indicadores de gestión presentan que el valor medio de stock disminuyó del año 2017 al 2018, lo que indica menor cantidad de existencia al final del mes de los materiales de tipo alfa, por lo tanto, una mejora en la gestión de los inventarios. Por otro lado, el índice de rotación de stocks revela que es mayor al periodo anterior, posiblemente debido a dos factores: aumento de la demanda o reducción de materiales en stock. Otros indicadores presentan resultados similares en la gestión de los inventarios. El diseño e implementación de la gestión de los inventarios y compras en la empresa redujo aproximadamente \$17.261,58 US los costos logísticos al año 2018. Como resultado final se espera que a futuro sea posible establecer políticas de inventarios estrictas y que permitan el crecimiento progresivo de la compañía y esta sea competitiva con

productores de otros países para exportación teniendo en cuenta posibles mejoras y adaptaciones de la gestión de inventarios (Sedano y Suarez, 2019).

De manera más específica, es posible señalar que, en la industria nacional, se encuentra también la necesidad de la aplicación de estudios para la mejora en la gestión de los inventarios, como es el caso de la empresa COGANCEVALLE (cooperativa de ganaderos) ubicada en el municipio de Cartago, Valle del Cauca. El estudio realizado presenta una problemática relacionada con la ubicación inadecuada de los insumos, por lo que en algunos casos el cliente recibe un producto incorrecto, así como la evidente baja calidad de este debido a daños, hongos y plagas. De acuerdo con los problemas anteriormente mencionados se establece la necesidad de capacitar al personal y aplicar un sistema de gestión de inventarios que disminuya las quejas de los clientes, así como los costos de los derivados de su mala gestión (Giraldo y Sabogal, 2021).

Se establece que previamente fue necesario realizar un análisis interno y externo para el diseño de las estrategias que beneficiaría a la empresa, para lo cual se empleó una matriz de factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales para evidenciar a partir de esta, las posibles falencias de la empresa a nivel externo. Por otro lado, para el análisis interno de la situación actual de la empresa se realizó el DOFA que permitió proponer diferentes estrategias de mejora. El siguiente paso consistió en el seguimiento de los datos relacionados con los clientes, competencia, nuevos entrantes, proveedores y sustitutos. Para iniciar con el proceso de mejora de la administración de los inventarios fue necesario recolectar información histórica, para finalmente proponer el plan estratégico óptimo y adecuado para la empresa en cuestión (Giraldo y Sabogal, 2021).

Para la propuesta final de clasificación de inventarios se realizó mediante la aplicación de un modelo ABC, estableciendo los de categoría A como aquellos relacionados con un mayor valor de inversión, los de categoría B a las referencias

que abarcan el 30% de del total del inventario y los de categoría C los que ocupan el 50% del inventario. A partir de la información obtenida se establece un orden y etiquetado que permite identificar fácilmente cada uno de los productos. Se pretende con el proyecto facilitar y optimizar los procesos de almacenamiento, evitando los accidentes de trabajo, disminución de tiempo de despacho y reconocimiento de las cantidades disponibles. Se evidencia que actualmente se tiene el 87% de cumplimiento de los despachos y una disminución de los costos de almacenamiento (Giraldo y Sabogal, 2021).

### **3. METODOLOGÍA**

Se estableció una metodología de tipo experimental para el análisis de la influencia de las variables de entrada y de proceso de la gestión de inventarios que maneja la empresa R&R como los costos por pedido (de acuerdo a la cantidad de pedidos a realizar), almacenamiento (según la cantidad de unidades almacenadas), compra (con respecto al precio del insumo y la cantidad comprada), capacidad de almacenamiento, demanda de los principales insumos y materias primas en las variables de salida como cantidad a pedir, frecuencia de pedidos y costos totales de gestión de inventarios.

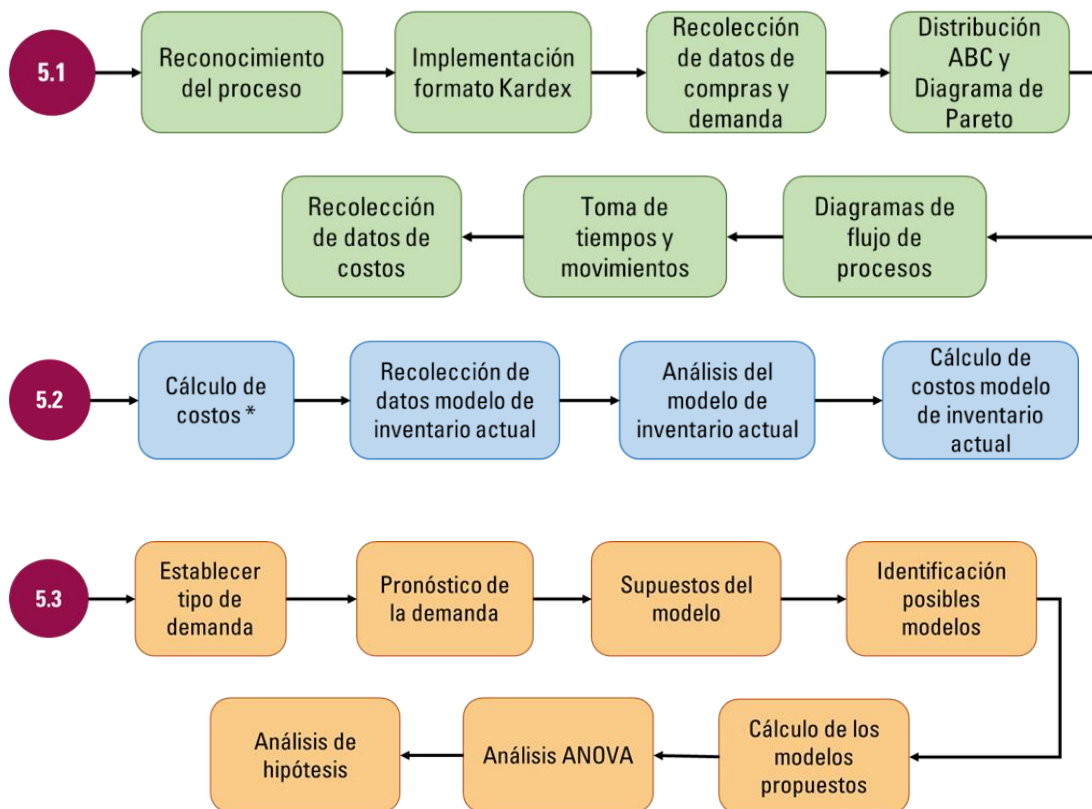
Se utilizaron técnicas de investigación mixta debido a que el estudio analizó datos cuantitativos a partir de la información obtenida de registros previos físicos para ser almacenados en bases de datos y a través del modelo matemático se logró responder la pregunta de investigación. También fueron necesarios datos cualitativos que se basan en la recolección de información, observación y análisis de datos no numéricos, a través de entrevistas realizadas al personal encargado

como fuente primaria. La forma en la que se llevó a cabo este tipo de investigación fue lógica, secuencial y dinámica (Hernández. et. al. 2014).

La información primaria fue recolectada a partir de los datos brindados por las diferentes áreas de la empresa respecto a la demanda de productos apícolas, al proceso y costos de solicitud de pedidos, transporte, almacenamiento de insumos y materia prima, así como los costos de las herramientas para la recolección, producción y comercialización de miel, polen y material biológico.

Los datos en los que se basó este proyecto de investigación provienen de fuentes primarias (directas o indirectas como entrevistas personales, por teléfono, medios electrónicos, formatos tipo Kardex para análisis de insumos, análisis de movimientos, toma de tiempos etc.) y de fuentes secundarias (artículos de Science Direct, Scopus, ProQuest, Google Académico, entre otras bases de datos), a través de una revisión documental sistemática, que permitió el hallazgo de los modelos de gestión de inventarios del sector del agro que mejor se acoplaron a la realidad de la empresa, en términos de tipo de demanda, facilidad de implementación mediante modelos de gestión de inventarios afines al modelo de producción apícola actual y estudios de factibilidad ya realizados en empresas agroindustriales, esto se hizo con el fin de recopilar y organizar la información, identificar falencias en el sistema y proponer una posible mejora.

Después de la búsqueda sistemática se realizó una selección de los mejores modelos y posteriormente se determinó si hay una diferencia significativa en términos de costos, entre ellos y el modelo manejado actualmente por la empresa, para ello se utilizó un análisis de varianza y distribución normal. A continuación, se presentan tres fases metodológicas relacionadas con cada objetivo específico de este proyecto:



\*Costos de pedido, almacenamiento y compra

Figura 2. Fases de la metodología para el proyecto Fuente: Propia

### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

#### 3.1.1. Reconocimiento general del proceso

En esta fase se identificó y caracterizó el proceso productivo de la finca apícola, mediante dos visitas de campo entre los meses de abril y junio del año 2022 donde se realizaron entrevistas al dueño de la empresa con el fin de obtener información relevante de los procesos logísticos que se llevan a cabo para los insumos requeridos. Se logró entender el funcionamiento de las instalaciones y procesos individuales por sector, colmena y producto (Sedano y Suarez, 2019).

#### 3.1.2. Implementación y capacitación del uso del formato tipo Kardex para registro de existencias iniciales

A partir de la primera visita de reconocimiento del proceso productivo, se identificó la necesidad de controlar y analizar el flujo de los insumos existentes en la finca, para lo cual se desarrolló un formato independiente por cada proceso ya definido en la empresa (producción de miel, polen y crianza de colmenas para material biológico) y otros costos (herramientas, servicios públicos y mano de obra). Para la creación de este formato se utilizó como guía el Kardex, ya que permite el registro de manera estructurada de las existencias de mercancía, más detalladamente está compuesto por filas que indican la cantidad de bienes, la unidad de medida y el precio unitario, para proceder a su clasificación por proceso (Leal, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior se estableció el formato Anexo A con la siguiente información: ítem de producto, fecha, detalle o descripción, demanda, compras especificando el proveedor y existencias; estos dos últimos con información de cantidad y valor en pesos.

Siguiendo la metodología realizada por Correa y León (2019) para llevar a cabo la implementación de los formatos se brindó una capacitación a quien lleva esta información en la empresa, para lo cual se realizó una tercera salida de campo para empezar con la recolección de información mediante el registro del inventario inicial que consistió en la identificación de los insumos o productos existentes en el momento específico de la visita, teniendo en cuenta los costos que estos implican según la cantidad almacenada. Se llevó a cabo el siguiente paso a paso:

- Impresión de los formatos.
- Presentación de los formatos a la persona encargada para realizar un reconocimiento general de los mismos.
- Explicación del significado de cada parte del formato a quien será el encargado de su diligenciamiento.

- Para el inicio de toma de datos en compañía del encargado, se realizó conteo de las existencias clasificadas por los diferentes productos según los procesos mencionados anteriormente, que se llevan a cabo en la finca.
- La información del paso anterior fue registrada en la columna de existencias, teniendo en cuenta la cantidad disponible y el costo asociado. Este paso lo realizó inicialmente el instructor para que la persona observe cómo debe llevar el registro, así mismo se hizo una lectura en voz alta para que el encargado asociara la información.
- Con el fin de que la persona reconozca el formato diligenció algunos ítems, bajo el acompañamiento del instructor con el fin de resolver sus dudas o inquietudes al momento de completar la información.
- Se hizo énfasis en el apoyo a la persona en caso de preguntas relacionadas al tema.

Para el diligenciamiento de las columnas de entradas y salidas en el rango de tiempo de estudio se debía tener en cuenta el mismo procedimiento que consistía en registrar el producto, cantidad y valor.

### **3.1.3. Recolección de información de compras y demanda**

Posteriormente al registro inicial se estableció el rango de tiempo para la recolección de información diaria durante diez meses, determinado por la época de mayor variabilidad de la demanda de insumos en la empresa, debido a que el flujo de estos es el objeto principal de evaluación para este proyecto (Staempfli, 2014).

El formato Anexo A se obtuvo por el encargado de la empresa a medida que se realizaron compras a los proveedores (entradas), demanda de insumos y costos mensuales de servicios públicos durante el tiempo determinado para el estudio. La empresa envió los registros al final de cada mes para su posterior almacenamiento en bases de datos (Microsoft Excel) (Gallego y Hurel, 2020).

#### **3.1.4. Criterio de análisis de insumos y distribución ABC - Diagrama de Pareto**

Según la información recolectada por parte de la empresa en el formato Anexo A, se evidenció que esta no cuenta con el porcentaje de participación de cada categoría respecto a los insumos en el tiempo de estudio, por lo que se determinó el grado de importancia de los productos teniendo en cuenta una clasificación según los criterios definidos por la empresa. En este caso se recomendó para la finca R&R el uso de un único criterio (costo de compra mensual de los insumos según el tiempo de uso), teniendo en cuenta el costo unitario y la duración individual, obteniendo así el valor mensual por insumo con el fin de tener una unidad estándar, debido a que algunos insumos pueden tener un alto costo, pero no se compran frecuentemente, mientras que otros tienen un bajo costo, pero su frecuencia de compra es mayor (Mira, 2022).

Los insumos se organizaron de mayor a menor y se determinó una distribución 80 - 20, para su posterior clasificación ABC o diagrama de Pareto. Para este proyecto se seleccionaron aquellos que se agrupaban dentro del tipo A y a su vez aquel que mayor costo implicó para la empresa. La información mencionada se graficó en un diagrama de barras con el fin de organizar los datos obtenidos de forma descendente y demás características que se especifiquen para este método (Sedano y Suarez, 2019).

#### **3.1.5. Diagramas de flujo de los procesos de solicitud pedido y almacenamiento del producto seleccionado**

De acuerdo con los insumos seleccionados en el punto anterior (insumos tipo A) se esquematizó mediante diagramas de flujo la información relacionada con los procesos logísticos enfocados a estos productos, como la solicitud de pedidos, el almacenamiento y transporte del pedido (teniendo en cuenta el volumen de

compra), de acuerdo con los símbolos de diagramas de flujo para la representación de operaciones desde la primera hasta la última actividad del proceso, graficada de forma lógica y secuencial, permitiendo facilidad en la visualización del sistema desde una perspectiva general (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN, 2020).

Esta información se obtuvo a partir de preguntas realizadas de manera directa al encargado del área de compras y almacenamiento de la empresa. La información fue digitalizada en un documento Word para facilitar la comprensión del proceso (Moreno, 2020).

Para la primera operación de pedido o reabastecimiento de insumos en la finca, se realizó una visita de campo con el fin de analizar este proceso en específico, desde el momento en que se genera el contacto con el proveedor hasta la recepción e inspección de la materia prima, a partir de esta información se realizó el diagrama de flujo para esta etapa (Estrada et al, 2010).

El segundo proceso que se evaluó en este proyecto fue el almacenamiento de insumos de la finca, que, así como en la gestión de compras, fue necesario hacer una visita de campo específica con el fin de hacer un seguimiento de cada paso que se considera actualmente para el almacenamiento y manipulación de la mercancía existente o nueva y la posterior creación del diagrama de flujo específico de esta etapa (Estrada et al, 2010).

En aquellos procesos en donde debía tomarse alguna decisión sobre dos alternativas, se establece la opción más adecuada mediante la validación por expertos, similar al método Delphi, brindando un valor porcentual a la probabilidad de ocurrencia de cada una. Para este caso se optó por tomar aquellas que

presentaran un valor porcentual más alto para realizar la toma de tiempos y pasos posteriores (Bernal y Toloza, 2021).

### **3.1.6. Toma y análisis de tiempos y movimientos de los insumos tipo A**

Se realizó una toma de tiempos y movimientos de las actividades de solicitud de pedido, transporte y almacenamiento de insumos tipo A, con el fin de analizar cómo se realizaba cada uno de estos procesos teniendo en cuenta las actividades determinadas en el diagrama de flujo. Para el proceso de la toma de tiempos se empleó un cronómetro, bajo el método vuelta a cero acompañando al operario en los movimientos involucrados a lo largo de las operaciones mencionadas anteriormente (Cruz, 2019).

Para este registro se establecieron tres repeticiones a lo largo del rango de estudio con el fin de determinar un promedio del tiempo para la ejecución de las actividades. Se tomaron tres muestras de datos con el propósito de evaluar el comportamiento de los tiempos durante el periodo de estudio teniendo en cuenta limitaciones de tiempo para la obtención de los datos y entrega de resultados; la primera muestra se tomó al comienzo del estudio en el mes de agosto, la segunda a los dos meses del inicio a comienzos de octubre y la última meses antes de finalizar el mismo en noviembre del año 2022. Las repeticiones tienen como fin analizar cómo varían los tiempos y movimientos a lo largo del estudio; así mismo es importante tener en cuenta que tres repeticiones es el mínimo de datos para una investigación (Hudson, 1997).

### **3.1.7. Recolección de información de costos**

Para la toma de datos relacionada con los costos se recolectaron de la misma manera tres muestras en las mismas fechas que la toma de tiempos y movimientos,

donde se evidenciaron los componentes de los costos de hacer un pedido y los costos de almacenamiento mensual y semanal del insumo.

Para los costos de pedido se clasificaron en costos de emisión: costos de personal de compras, costos de papelería, costos de comunicación y costos que dependen del volumen y frecuencia de compra para la selección del proveedor; y los costos de recepción del pedido: personal de recepción y costos de transporte interno en casos en los que el pedido no se reciba en el sitio de almacenamiento principal (Estrada et al, 2010).

El costo de transporte se consideró parte de los costos de pedido y representa el valor económico necesario para el desplazamiento de los insumos desde el proveedor hasta la finca en Sesquilé, que generalmente es determinado por el vendedor de acuerdo con el tipo de envío (transportadoras nacionales o transporte propio del proveedor) (Escobar et al, 2017).

Para determinar el coste de oportunidad, se evaluaron los beneficios que aporta cada operación en relación con los costes de realizar un pedido, y a partir de esta información se determinaron los costes que supondría no realizar la operación. Esta información se obtuvo a través de una entrevista telefónica con el responsable de compras para generar una lluvia de ideas y asignar un precio (Cartier, 2017).

Por otro lado, para la recolección de información de los costos de almacenamiento se solicitó a la empresa el suministro de los datos sobre los costos de: intereses sobre inversiones, impuesto predial, mano de obra relacionada con quienes controlan y manipulan inventarios, costo de depreciación, costo de obsolescencia y costo de deterioro (Estrada et al, 2010). Así mismo se evaluó el costo de oportunidad en relación con el almacenamiento.

### **3.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO ACTUAL**

Se realizó un segundo formato con una variación para el registro de los costos de pedido y almacenamiento (Anexo D y E) de los insumos tipo A. Adicionalmente se evaluó la cantidad de colmenas que requerían de este insumo, la proporción necesaria para cada colmena y los factores externos que intervienen en el suministro de este.

### **3.2.1. Cálculo de costo de hacer un pedido, mantener en almacén y comprar**

Posteriormente a la recolección de información de cada uno de los costos asociados a los costos de pedido y costo de almacenamiento se calculó el costo de realizar un pedido, realizando un promedio de los tres datos obtenidos por fecha, y finalmente sumándolos

Ya que los datos de costos de almacenamiento se recolectaron mensualmente se calculó el costo de mantener unidades en inventario promediando los tres datos de la misma forma que en el costo de pedido obteniendo un costo de almacenamiento mensual y a partir de este se calculó el valor semanal para facilitar los cálculos.

Para la determinación del costo de compra se necesita el valor en pesos de la unidad del insumo elegido.

### **3.2.2. Recolección de información de cantidad y frecuencia de pedido, demanda y unidades en inventario**

Los datos obtenidos sobre la cantidad y frecuencia de pedido se recolectaron del Anexo A en la sección de compras para el periodo de estudio, analizando únicamente el insumo tipo A seleccionado a partir del diagrama de Pareto. En cuanto a la demanda se analizó la cantidad de insumo requerido en el proceso productivo, teniendo en cuenta que podía depender de factores no controlables y que uno de los criterios establecidos por el productor era nunca incurrir en faltantes.

### **3.2.3. Cálculo de costos de pedido, almacenamiento, compra y costo total para el modelo de inventario actual en la empresa**

A partir de los costos de pedido, almacenamiento, compra y los datos recolectados en el periodo de tiempo identificando la cantidad, frecuencia de pedido demanda y unidades en inventario se calcularon de la siguiente manera:

- Para el costo de pedido se utiliza la ecuación (2) donde se multiplica el costo de hacer un pedido por la cantidad de pedidos realizados en el periodo de estudio.
- Para el costo de almacenamiento se utiliza la ecuación (3) donde se obtiene primero la suma de las unidades en inventario en el periodo de estudio y se multiplica por el costo de almacenamiento.
- Para el costo de compra se utiliza la ecuación (4) donde se determina inicialmente la cantidad de unidades pedidas durante el periodo de estudio y se multiplica por el costo unitario del insumo.
- Finalmente, para el costo total se suman los tres costos calculados anteriormente (pedido, almacenamiento y compra) (Pedrosa, 2020).

### **3.2.4. Análisis del patrón de comportamiento de la demanda en el modelo actual de inventarios**

La recopilación de los datos del método actual de inventarios que llevó la empresa apícola durante los meses de mayo del 2022 a febrero de 2023, además de utilizarla para analizar los costos y el comportamiento individual de cada uno se realizó con el fin de estudiar periodo a periodo el flujo del insumo y así identificar un patrón en la forma de emitir pedidos y en el comportamiento de la demanda, esto para que sirva como base para replicar en la siguiente etapa del proyecto.

## **3.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS**

### **3.3.1. Establecer el tipo de modelo de gestión de inventarios que requiere la empresa**

Ya definida la demanda, es necesario establecer si esta corresponde a una demanda determinística o por el contrario pertenece a una probabilística (Castro, 2003).

Si el coeficiente de variación es menor a 0,2 se debe afirmar que la demanda es constante y debe adecuarse un modelo de gestión de inventarios con demanda constante, de lo contrario si es mayor a 0,2 la demanda será variable y el modelo debe corresponder a uno variable. Por otro lado, si se determina que la demanda es probabilística, es necesario definir políticas de revisión, para posteriormente precisar si estas se relacionan con modelos de revisión continua o periódica (Castro, 2003).

### **3.3.2. Pronóstico de la demanda**

La demanda pronosticada se obtuvo a partir de la demanda identificada en el periodo de estudio empleando el software Minitab y mediante la comparación de algunos modelos de pronóstico más usados para series de tiempo: Suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y el método Holt Winters. Posteriormente, se compararon y analizaron los errores obtenidos (MAPE, MSE y MAD) y se eligió aquel pronóstico que presentó menor error (Haro & Santos, 2023).

### **3.3.3. Criterios, supuestos y restricciones para la determinación del modelo**

Los modelos que se establecen para esta investigación estarán relacionados con otros aplicados previamente a agroindustrias, que permitan la planificación de los pedidos, una gestión adecuada del almacenamiento y transporte de los mismos. Debido a que este estudio se enfoca en la industria apícola y puede contener insumos perecederos se debe realizar un análisis más específico para este tipo de

productos y así garantizar un modelo de gestión de inventarios óptimo. Debido a estas especificaciones es importante tener en cuenta que posiblemente este estudio no funcione para la aplicación a otras cadenas de producción.

De acuerdo con Loyola (2022), los criterios que se pueden analizar para determinar un modelo de gestión son:

- La demanda del producto en el periodo de estudio en unidades.
- El inventario promedio que se encuentra en bodega durante un periodo de tiempo.
- El costo unitario, es decir, el valor monetario para este caso de adquisición del producto.
- El volumen del espacio que ocupa cada unidad del insumo en el almacén.
- El costo del inventario en el periodo de estudio, es decir, los costos que implican al tener el producto en la bodega teniendo en cuenta: costo de pedido, mantenimiento y costo de oportunidad.
- El tiempo de entrega desde el momento en el que se hace el pedido hasta el momento en que llega a la bodega.
- La durabilidad evalúa la cantidad de tiempo en días que un producto se mantiene en condiciones óptimas para usarse, se conoce también como vida útil.
- El tamaño del lote será la cantidad mínima requerida para adquirir un producto por cualquier factor.

Se realizarán las consideraciones para establecer del modelo de gestión de inventarios:

- Se debe tener en cuenta que el modelo propuesto sea de fácil comprensión para el apicultor (que puede o no tener el conocimiento),

pues este trabajo puede servir como base para futuras investigaciones de esta cadena agroindustrial.

- El producto en el que se va a enfocar el estudio se establece a partir de la información suministrada en los anexos y analizada con la clasificación derivada del Diagrama de Pareto.
- Se espera determinar el tipo de demanda teniendo en cuenta los tiempos de reposición del inventario, específicamente si son constantes a lo largo del tiempo y conocidos o no.
- Se pretende identificar el Lead Time del tiempo que tarda el proveedor en entregar los insumos desde el momento de generar el pedido hasta su recepción.

#### **3.3.4. Identificación de posibles modelos de gestión de inventarios**

Se hizo una revisión bibliográfica relacionada a los diferentes modelos aplicados a cadenas de suministro del sector agroindustrial teniendo en cuenta la demanda obtenida en la etapa previa y demás criterios que el apicultor tuviese en cuenta al momento de realizar los procesos para la administración de la mercancía. Se tabuló la información documental teniendo en cuenta el modelo usado para el estudio y el porcentaje de disminución del costo (Haro & Santos, 2023).

#### **3.3.5. Cálculo de los modelos de gestión de inventarios propuestos**

En esta etapa se calcularon los costos totales tanto del modelo actual como los propuestos, a partir de los datos obtenidos para el pronóstico de la demanda. Para el modelo actual se identificó un patrón de comportamiento de los datos de compra (cantidad y frecuencia) de la política que utilizó la empresa en el periodo de estudio. Para los dos modelos propuestos se emplearon los procedimientos específicos de cada uno, para su cálculo se emplearon herramientas como Excel y su extensión OpenSolver.

### 3.3.6. Análisis estadístico y diseño de experimentos

Para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos en los modelos, se empleó el software Prism - GraphPad, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para el análisis de las diferencias entre las variables se realizó una prueba de comparación múltiple por Tukey a una  $P > 0.05$ .

Para este estudio se recomienda hacer tres pruebas y tres réplicas

Factor a: tipo de modelo.

- a1: Modelo actual de gestión de inventarios.
- a2: Modelo propuesto 1.
- a3: Modelo propuesto 2.

En la siguiente tabla se describe el diseño de experimentos planteado:

Tabla 1. Modelo experimental para análisis de costo de inventarios.

Répica	Tipo de modelo		
	a1	a2	a3
R1	a1R1	a2R1	a3R1
R2	a1R2	a2R2	a3R2
R3	a1R3	a2R3	a3R3

Fuente: Propia

Se realizaron tres tratamientos, tres repeticiones y nueve mediciones de la variable dependiente. Para la evaluación de las variables el análisis de varianza ANOVA se realizó con un nivel de significancia del 5% y una prueba de rangos múltiples con el fin de determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

### **3.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO**

- **Hipótesis nula:** El modelo de gestión de inventarios no influye significativamente sobre la reducción de los costos de gestión de inventarios para insumos en la empresa apícola R&R
- **Hipótesis alternativa:** El modelo de gestión de inventarios influye significativamente sobre la disminución de los costos para insumos en la empresa apícola R&R

#### **VARIABLES DE ESTUDIO**

- **Variable independiente:** Modelo de gestión de inventario (tiene en cuenta variables numéricas como la demanda, los costos de pedido, almacenamiento y compra, tiempo de almacenamiento y tiempo de pedido)
- **Variable dependiente:** Costos de inventario

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA**

#### **4.1.1. Reconocimiento general del proceso**

La empresa agroindustrial se encuentra ubicada en Sesquilé, Cundinamarca a una hora y media de Bogotá. La finca apícola R&R lleva 10 años produciendo miel y polen para venta a clientes cercanos al menudeo y a las empresas que le

suministran los insumos al por mayor, además actualmente cuenta con 28 colmenas ubicadas en la zona montañosa para la producción de miel, polen y colmenas de crianza las cuales están distribuidas en 6 zonas de la siguiente manera:

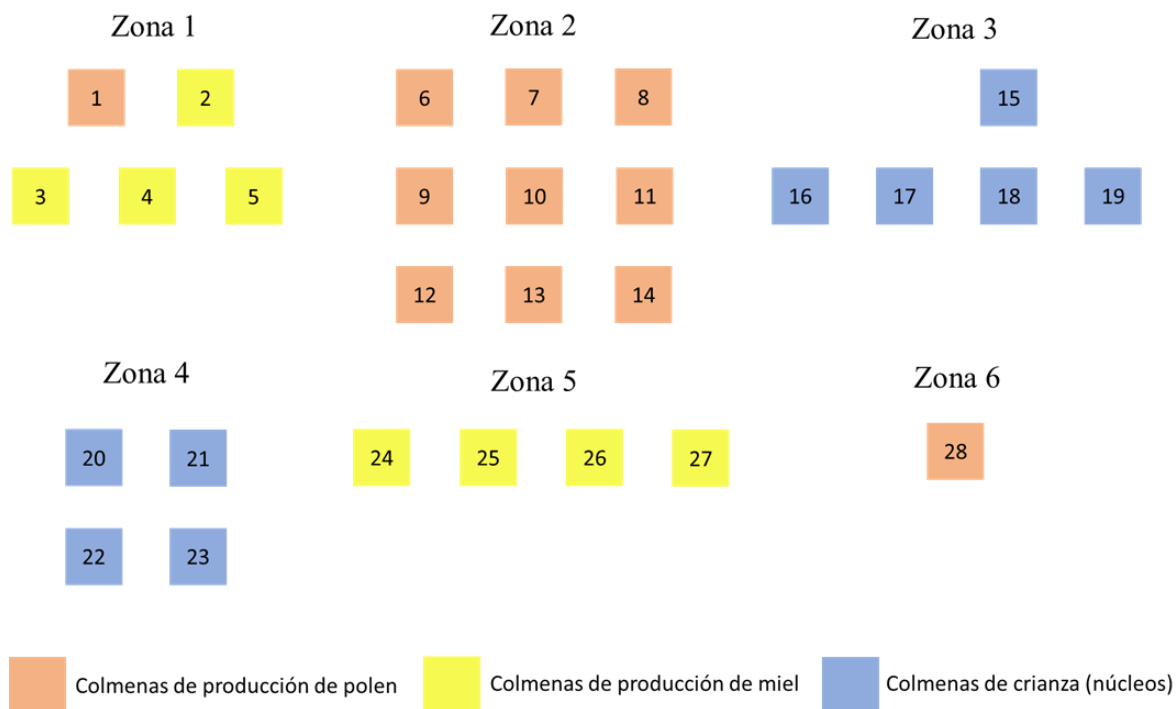


Figura 3. Esquema distribución de colmenas finca R&R. Fuente: Propia

Identificando así que se cuentan con 11 colmenas para la producción de polen, 9 colmenas para crianza y 8 colmenas para producción de miel.

La bodega cuenta con un área de 50 m, la cual está distribuida en las siguientes zonas: almacenamiento de insumos y producto terminado, recepción y administración, secado de polen, cuarto de donde se guardan las herramientas, los elementos de protección personal y elementos de aseo.

El proceso inicia en el cuarto de herramientas donde se preparan todos los insumos necesarios dependiendo de la actividad que se va a realizar a las colmenas ya sea

para el mantenimiento y alimentación de la colmena, o recolección de los productos; así mismo es necesario tener en cuenta que en cualquier actividad requiere de los elementos de protección personal para hacer la visita a las colmenas.

Para el mantenimiento se requiere de herramientas como las palancas y pinzas, y en caso de requerir algún cambio en las colmenas por daños se utilizan insumos como alzas, cuadros, láminas de cera y piqueras.

En el caso del suministro del alimento de las colmenas es necesario evaluar el estado actual de cada una. Aquellas que pertenecen a la producción de polen y crianza generalmente se alimentan con la floración del entorno, azúcar diluida en agua transportada en baldes y frutas ocasionalmente, sin embargo, para la producción de miel no se utiliza la alimentación con azúcar diluida por la influencia que tiene en la calidad del producto. Existen dos casos puntuales donde las abejas requieren de mayor consumo de suplementos, teniendo en cuenta lo anterior, si la colmena se encuentra enferma es necesario adicionar vitaminas a la dieta y en caso de tener varroa se le suministra ácido oxálico diluido en agua en bajas proporciones; de acuerdo con el productor, si es temporada de lluvias, las abejas se aglomeran e hibernan dentro de la colmena para mantener su temperatura corporal, por lo que no salen a alimentarse y requieren de suministro de carbohidratos externos.

Para la recolección de productos de la colmena se requieren diferentes instrumentos e insumos, por ejemplo, para la recolección de polen se necesitan trampas internas o fijas que retiran el polen de la curbicula de las patas traseras de la abeja y se almacena en la parte inferior de la colmena. El producto se recolecta en cada colmena y se transporta en baldes a la bodega; mientras que para la recolección de la miel es necesario identificar los cuadros que no estén operculados y tengan al menos el 80% de las celdas selladas, para ser extraídos y transportados a la bodega

en porta núcleos. La producción de abejas para núcleo se hace bajo el pedido de proyectos, es decir, no es un proceso continuo.

#### 4.1.2. Criterio de análisis de insumos y distribución ABC - Diagrama de Pareto

Partiendo de los datos recolectados desde el mes de mayo del 2022 al mes de febrero del 2023, se realizó una tabla que identifica cada uno de los costos de insumos mensuales usados en la finca R&R. La compra de algunos materiales de trabajo depende de las condiciones ambientales o desgaste más no de su consumo (piqueras, alzas, cuadros, alimentadores, porta núcleos y demás elementos hechos de madera, plástico o metal); sin embargo, existen productos que dependen del consumo o fecha de caducidad por ser perecederos (ácido oxálico, vitaminas, entre otros) o parcialmente perecederos (azúcar principalmente). El tiempo de duración de cada elemento dependerá directamente del tipo de producto por lo que éste puede ser incluso superior a 5 años y su costo mensual se verá reflejado de acuerdo con el costo unitario (en algunos casos tiene una mínima cantidad de compra) y el tiempo de uso, consumo o desgaste como se muestra a continuación:

Tabla 2. Costos de insumos finca R&R

Insumos	Cantidad mínima de compra	Precio unitario	Tiempo máximo de uso en meses	Costo mensual
Vitaminas	1 L	\$100,000.00	1.66	\$60,240.96
Piqueras	1 und	\$18,000.00	144	\$125.00
Alzas profundas	1 und	\$28,000.00	144	\$194.44
Cuadros	1 und	\$4,625.00	24	\$192.71
Alimentadores	1 und	\$11,000.00	96	\$114.58
Media alza	1 und	\$55,000.00	144	\$381.94
Azúcar	1 bulto / 50 kg	\$166,900.00	0.625	\$267,040.00
Porta núcleos	1 und	\$50,000.00	36	\$1,388.89

Ácido oxálico (control de varroa)	1 lb	\$16,000.00	11	\$1,454.55
Esencia de vainilla	100 ml	\$3,000.00	0.25	\$12,000.00
Envases polen	25 und	\$50,000.00	2	\$25,000.00
Envases miel	10 und	\$12,000.00	4	\$3,000.00
Tapas envases miel	10 und	\$1,500.00	4	\$375.00
Excluidores	1 und	\$20,000.00	144	\$138.89
Plástico protector colmena	1 m	\$20,000.00	36	\$555.56
Atomizador	1 und	\$3,000.00	3	\$1,000.00
Tapas metálicas	1 und	\$18,947.37	240	\$78.95
			<b>Costo de insumos</b>	<b>\$373.281,47</b>

Fuente: Propia

Como se presentó en la Tabla 2 aproximadamente se invierten mensualmente para la empresa \$373.281,47 COP en insumos apícolas. Para continuar con la determinación los grupos de los insumos, se estableció el valor porcentual individual mensual de los productos de mayor a menor como se presenta a continuación:

Tabla 3. Análisis ABC de los costos de los insumos

	Insumo	Costo mensual	Valor porcentual	Valor porcentual acumulado
A	Azúcar	\$267.040,00	71,54%	71.54%
	Vitaminas	\$60.240,96	16,14%	87.68%
B	Envases polen	\$25.000,00	6,70%	94.37%
	Esencia de vainilla	\$12.000,00	3,21%	97.59%
	Envases miel	\$3.000,00	0,80%	98.39%
C	Ácido oxálico	\$1.454,55	0,39%	98.78%

Porta núcleos	\$1.388,89	0,37%	99.15%
Atomizador	\$1.000,00	0,27%	99.42%
Plástico protector colmena	\$555,56	0,15%	99.57%
Media alza	\$381,94	0,10%	99.67%
Tapas envases miel	\$375,00	0,10%	99.77%
Alzas profundas	\$194,44	0,05%	99.83%
Cuadros	\$192,71	0,05%	99.88%
Excluidores	\$138,89	0,04%	99.91%
Piqueras	\$125,00	0,03%	99.95%
Alimentadores	\$114,58	0,03%	99.98%
Tapas metálicas	\$78,95	0,02%	100.00%
<b>Costo total mensual</b>	<b>\$373.281,47</b>		

Fuente: Propia

Es posible evidenciar que los insumos tipo A (es decir, los que más se usan y los que mayor costo representan) son: Azúcar y vitaminas, sin embargo, para efectos de este estudio se tomará el insumo de mayor porcentaje acumulado y mayor costo mensual (azúcar en ambos casos) como se muestra en la Gráfica 2, mientras que los tipos B y C tienen una menor rotación y representan costos inferiores por lo que no se tuvieron en cuenta para este estudio, pero son necesarios para el proceso productivo.

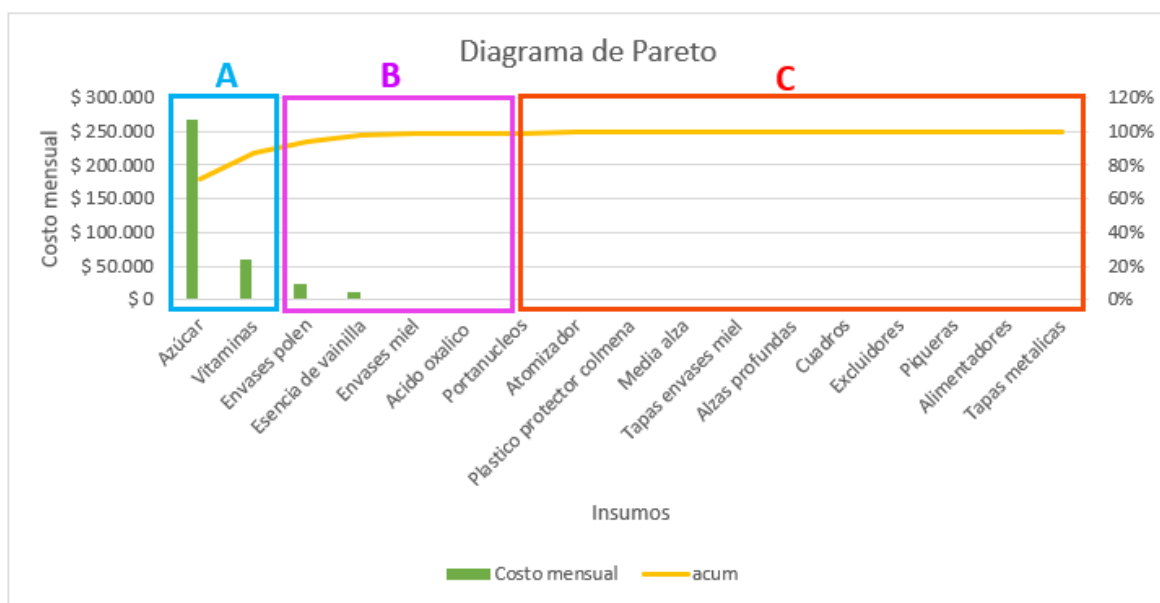


Gráfico 2. Diagrama de Pareto Fuente: Propia

De acuerdo con la figura anterior, se puede evidenciar que el insumo de mayor consumo mensual es el azúcar, posiblemente debido a la ubicación en la que se encuentran las colmenas pues Sesquilé está localizado en un piso térmico de páramo, lo cual implica mayor cantidad de lluvias a lo largo del año y a su vez mayor requerimiento de alimento artificial basado en jarabe de azúcar para las abejas.

Este análisis se hace respecto a la empresa R&R en específico puesto que puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas (como principal factor de comportamiento nutricional de las abejas) y no se tiene un referente teórico en base a otras investigaciones por falta de información sobre esta agroindustria.

#### 4.1.3. Diagramas de flujo de los procesos de solicitud pedido y almacenamiento

Se realizó la visita a la finca para la determinación de los procesos de pedido y almacenamiento, identificando cada una de las actividades relacionadas; para la

visita se tuvo en cuenta que se necesitaban realizar estos dos procesos en la misma fecha. Se procede a realizar los diagramas de flujo relacionados a los principales procesos para la gestión de inventarios del azúcar como el insumo más importante, teniendo en cuenta que es un producto de fácil acceso de compra en centros de abastecimiento.

#### **4.1.3.1 Gestión de pedidos**

La gestión de pedidos de azúcar actualmente se realiza de manera directa con el distribuidor. A continuación, se presenta el diagrama de flujo para este proceso:

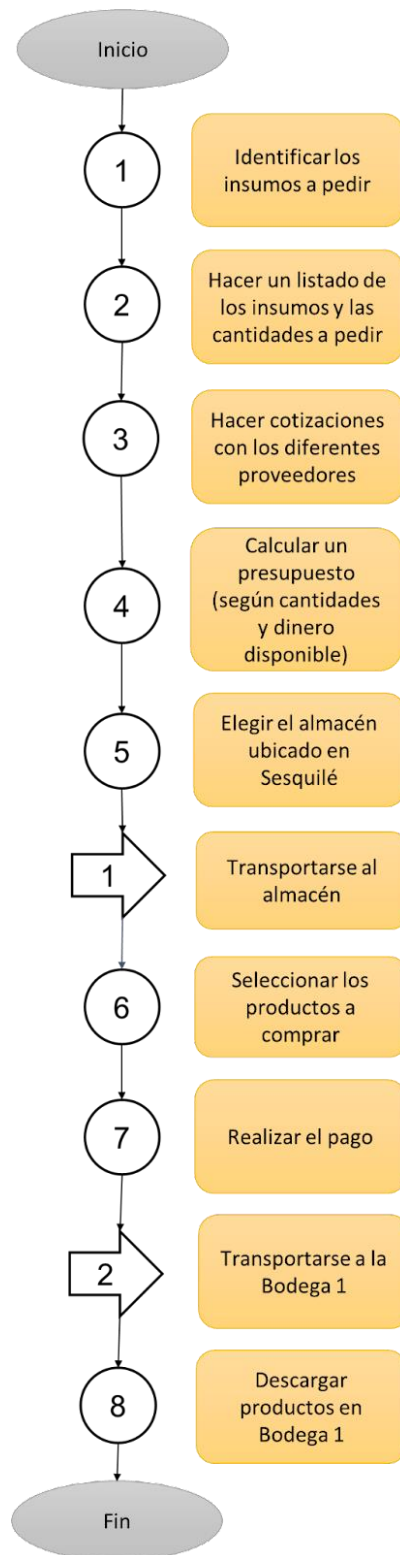


Figura 4. Diagrama de flujo de gestión de pedidos de azúcar. Fuente: Propia

Para identificar los insumos a pedir el apicultor revisa superficialmente si cuenta con la cantidad de producto necesaria para alimentar durante la semana, de lo contrario toma la decisión de realizar un pedido y lista los insumos que pueden adquirirse en el mismo centro de abastecimiento. En el periodo de estudio se realizó un acompañamiento para la elección de los proveedores que mejor precio le brindaban al apicultor, con el fin de establecer un precio de compra óptimo (según cantidades y dinero disponible) para este estudio.

De acuerdo con lo evaluado con los proveedores se determina que la cantidad mínima de compra para el azúcar es de un bulto (50 kg). En caso de adquirir menor cantidad el costo aumentará, sin embargo, se establece que el apicultor puede acceder a medio bulto (25 kg) más sin un aumento de precio. Así mismo, si se compra un bulto, es posible adquirir kilogramos adicionales manteniendo el mismo valor de compra, pero en proporción a los kilogramos. Teniendo en cuenta lo anterior se elige el almacén ubicado en Sesquilé.

La finca se encuentra en la vereda Boitá cercana al centro de Sesquilé por lo que el apicultor decide trasladarse al centro de distribución y hacer la selección de los productos a comprar directamente en el sitio llevando a cabo las actividades que esto implica, lo que reduce los costos de transporte, así como el lead time del proceso de pedido.

#### **4.1.3.2 Gestión de almacenamiento**

El proceso de almacenamiento se lleva a cabo de la misma manera para cada uno de los productos perecederos o de baja perecibilidad en la bodega. El objetivo de estudio fue el azúcar, sin embargo, el diagrama de flujo se presenta de manera general. Adicionalmente para este caso, existe una decisión, por lo que se opta por elegir la alternativa más probable de acuerdo con la experiencia del apicultor, teniendo en cuenta un valor porcentual para cada caso de la siguiente forma:

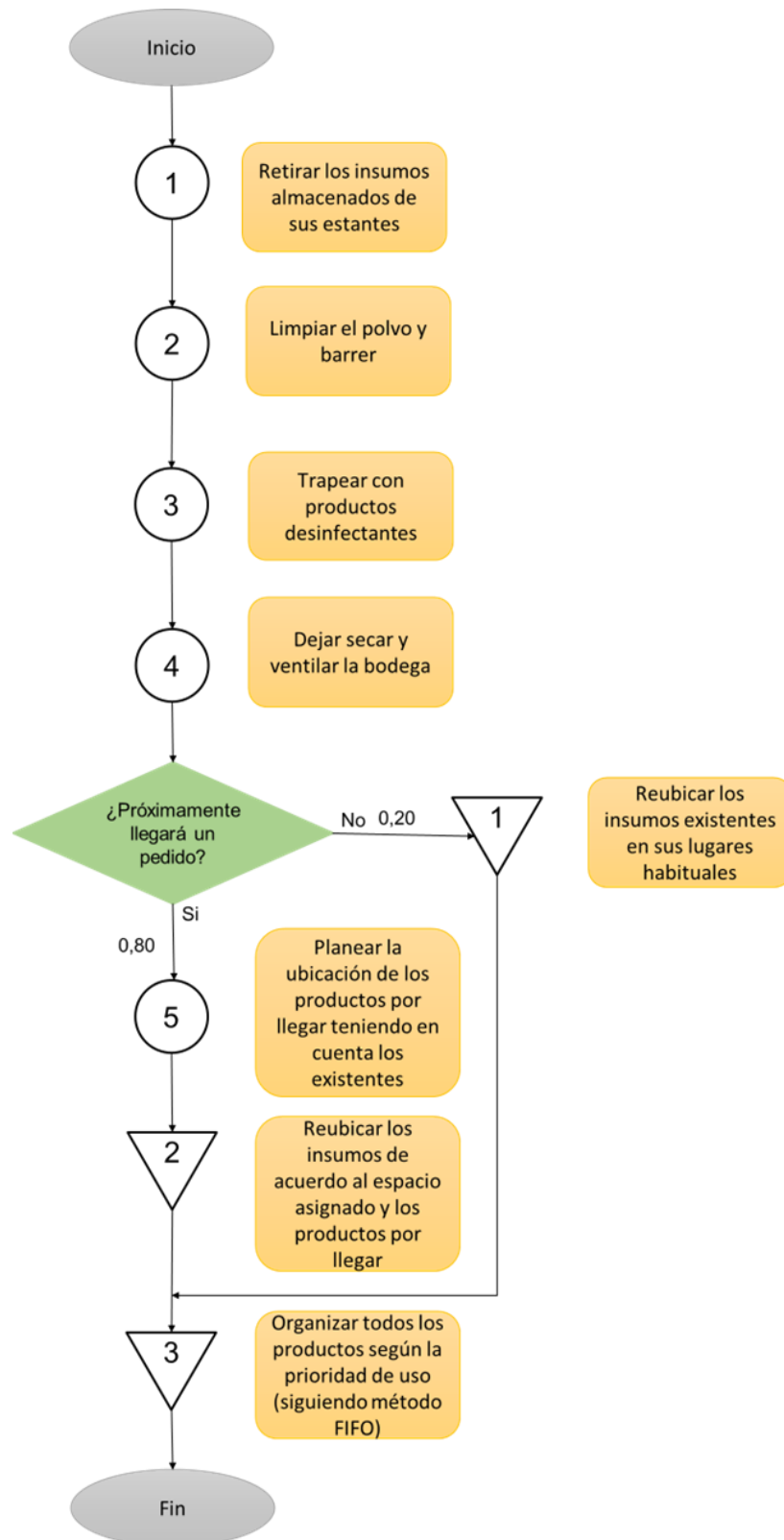


Figura 5. Diagrama de flujo de gestión de almacenamiento. Fuente: Propia

Para realizar el mantenimiento de la bodega es necesario mover los insumos del sitio habitual con el fin de limpiar el polvo de los estantes, teniendo en cuenta que deben ubicarse en lugares en condiciones óptimas para que el producto no se contamine. También se realiza la limpieza general del sitio con productos desinfectantes y se deja secar y ventilar al aire libre.

Para la gestión de almacenamiento se encontró que el 80% de las veces que se realizan las actividades de mantenimiento y limpieza de la bodega se espera la llegada de un pedido, por lo que se ubican los productos de acuerdo con el orden de llegada siguiendo el método FIFO el más utilizado para productos perecederos ya que se emplean en el proceso inicialmente aquellos que llevan más tiempo en la bodega.

#### **4.1.4. Toma y análisis de tiempos y movimientos de los insumos tipo A**

A partir del diagrama de flujo con las actividades implicadas en cada proceso, se realizó la toma de tiempos y movimientos en tres fechas específicas (Ver tabla completa en el anexo B), obteniendo un valor promedio de los datos así:

Tabla 4. Tiempos promedio de actividades relacionadas al proceso de compra de azúcar

Ítem	Descripción de la actividad	Promedio tiempo (minutos)
1	Identificar los insumos a pedir	35.33
2	Hacer un listado de los insumos y las cantidades a pedir	17.67
3	Hacer cotizaciones con los diferentes proveedores	21.33
4	Calcular un presupuesto (según cantidades y dinero disponible)	111
5	Elegir el almacén ubicado en Sesquilé	15.33
6	Transportarse al almacén	32.33
7	Seleccionar los productos a comprar	17
8	Realizar pago	8
9	Transportarse a la Bodega 1	32.33
10	Descargar productos en Bodega 1	7.33
Total		297.66

Fuente: Propia

Se evidencia que para este proceso se requiere de 297.66 minutos, es decir, aproximadamente 5 horas desde el momento en el que el apicultor evidencia que un insumo está por acabarse hasta que se descarga el producto en la bodega. Podemos analizar que la actividad en la que más se invierte tiempo es en el cálculo del presupuesto para determinar cuánto debe comprar y el dinero disponible para esto, representando un 37,29% del tiempo total del proceso de realizar un pedido. Es posible que esta actividad implique mayor tiempo con respecto a las demás, debido a que requiere cálculos matemáticos y arqueo de caja de manera precisa y organizada; actualmente este proceso se hace de manera manual y se lleva en un libro.

Los tiempos obtenidos promediados en las tres fechas para cada una de las actividades implicadas en el flujo del almacenamiento de insumos se presentan a continuación, (Ver tabla completa en el anexo C)

Tabla 5. Toma de tiempos de las actividades relacionadas a la gestión de almacén

Ítem	Descripción de la actividad	Promedio tiempo (minutos)
1	Retirar los insumos almacenados de sus estantes	3.33
2	Limpiar el polvo y barrer	19
3	Trapear con productos desinfectantes. Dejar secar y ventilar la bodega.	12.67
4	Planear la ubicación de los productos por llegar teniendo en cuenta los existentes	7.67
5	Reubicar los insumos de acuerdo con el espacio asignado y los productos por llegar	2.67
6	Organizar todos los productos según la prioridad de uso (siguiendo método FIFO)	6.67
Total		52.01

Fuente: Propia

Se evidencia que para este proceso se requiere de 52 minutos desde el momento en el que el apicultor retira los insumos de los estantes, hasta su organización por prioridad de uso. Se analiza que la actividad que mayor requerimiento de tiempo tiene es limpiar el polvo y barrer, representando un 36,53% del tiempo total del proceso de mantenimiento.

## **4.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO ACTUAL**

### **4.2.1. Cálculo de costo de hacer un pedido, mantener en almacén y comprar**

#### **4.2.1.1 Costos de pedido**

En las mismas tres fechas de acompañamiento al apicultor donde se elaboró la toma de tiempos también se hizo la recolección de información de los costos asociados, identificando todos aquellos que influían en el proceso de pedido, estos se encuentran repartidos en cuatro actividades principales: El transporte de ida del encargado desde la planta hasta el punto de venta del proveedor y regreso con el producto, las actividades de compras, contabilidad y recepción de la materia prima se tuvieron en cuenta como un costo de oportunidad pues actualmente el personal encargado no cuenta con un pago específico, sino que este depende de las ventas que se podrían realizar mientras se ejecuta otra actividad; y finalmente los costos relacionados a papelería.

Para determinar el costo de oportunidad por realizar compras y contabilidad se tuvo en cuenta las ganancias por minuto en 8 horas de trabajo y esto a su vez multiplicado por el tiempo que invierte en identificar los insumos faltantes, hacer el listado de los insumos y las cantidades a pedir, realizar las cotizaciones con los diferentes proveedores, calcular un presupuesto (según cantidades y dinero disponible) y elegir el almacén ubicado en Sesquilé.

Para determinar el costo de oportunidad por recepción de materia prima se tuvo en cuenta de la misma forma las ganancias por minuto en 8 horas de trabajo, pero esta vez se multiplicó por el tiempo invertido en el transporte al almacén, selección de insumos a comprar, pago, transporte de vuelta y descarga de los productos (Ver tabla completa en el anexo D). A continuación, se evidencia el promedio de los datos recolectados:

Tabla 6. Costos de pedido de azúcar

Ítem	Descripción del costo	Promedio
1	Costo de transporte	\$4,000.00
2	Costo de oportunidad por realizar compras y contabilidad	\$29,263.89
3	Costo de oportunidad por recepción de materia prima	\$7,599.54
4	Costo de papelería	\$500.00
	<b>Costo de hacer un pedido de azúcar</b>	<b>\$41,363.43</b>

Fuente: Propia

Se evidencia que el costo de hacer un solo pedido de azúcar, teniendo en cuenta los valores descritos en la tabla es de 41,363.43 COP actualmente. Podemos identificar que el mayor costo es el de oportunidad por realizar compras y contabilidad representando un 70,75% del total del costo por hacer un pedido de azúcar, es posible que si los tiempos implicados en esta actividad disminuyen el costo se va a ver significativamente disminuido.

#### 4.2.1.2 Costos de almacenamiento

La recolección de información de los costos de almacenamiento se realizó de igual manera en las mismas tres fechas que la toma de tiempos y los costos de pedido. El costo de almacenamiento representa el costo de guardar un bulto de 50 kg de azúcar en la bodega de la finca. Se calculó inicialmente el total mensual y a partir de este el total semanal. Las actividades que se relacionan con este costo serán aquellas que impliquen mantener, pagar arriendo (que se tiene en cuenta como costo de oportunidad debido a que el espacio es propio) y almacenamiento en el mes. Se tuvo en cuenta una vida útil de 10 años para la depreciación mensual de la infraestructura interna de la bodega (mesas, estantes, sillas, escritorio, etc), así:

$$Depreciación\ mensual = \left( \frac{Valor\ del\ activo - valor\ residual}{Años\ de\ vida\ útil} \right) \quad (14)$$

$$\text{Depreciación mensual} = \left( \frac{\$300,000 \text{ COP}}{10 * 12} \right) = 2.500 \text{ COP al mes}$$

A partir de la ecuación (14) se evidencia que cada mes se deprecian 2,500 COP respecto al mes anterior. Adicionalmente se recolectó información relacionada a los costos fijos de seguros, impuestos, servicios públicos y unos costos variables de papelería mensual.

Para el costo de mantenimiento de la bodega se tuvo en cuenta de la misma forma las ganancias por minuto en 8 horas de trabajo, multiplicado por el tiempo en minutos de las actividades especificadas para el mantenimiento y aseo de la bodega en la Tabla 6, teniendo en cuenta que este proceso se lleva a cabo una vez al mes.

Las unidades en inventario fueron calculadas a partir del espacio disponible dentro de la bodega. Actualmente la bodega cuenta con un volumen de 100 m<sup>3</sup> y solamente 8 m<sup>3</sup> de la misma pueden ser usados para almacenamiento. Teniendo en cuenta que el volumen de un bulto son 0.275 m<sup>3</sup>, en el área de almacenamiento cabrían máximo 29 bultos. Para este caso de acuerdo con la información recolectada se evidencia que en el periodo de estudio se compraron hasta 3 bultos al mes, por lo que el porcentaje de utilización del área de almacenamiento (ecuación (15) fue aproximadamente del 10.31% para azúcar, del espacio disponible.

$$\text{Utilización de la bodega} = (0,275 \text{ m}^3 * 3 \text{ bultos} * 1008 \text{ m}^3) = 10,31\% \quad (15)$$

El promedio de los costos anteriormente mencionados se evidencia a continuación (Ver tabla completa en el anexo E):

Tabla 7. Costos de almacenamiento de azúcar

Ítem	Descripción del costo	Promedio
1	Costo de oportunidad por espacio (arriendo)	\$300,000
2	Costo de seguros e impuestos	\$3,500
3	Costo de mantenimiento de la bodega (limpieza)	\$20,000
4	Costo de servicios públicos	\$28,217
5	Costo de oportunidad de mantenimiento y almacén	\$9,819
6	Costo de infraestructura interna	\$295,000
7	Costo de papelería	\$1,418
	Unidades en inventario (bulto)	29
	<b>Total de costo de almacenamiento mensual de azúcar</b>	<b>\$22,688</b>
	<b>Total de costo de almacenamiento por bulto de azúcar semanal</b>	<b>\$5,672.02</b>

Fuente: Propia

Para el cálculo del costo total de almacenamiento se tuvo en cuenta el promedio de los costos obtenidos en las tres fechas (datos mensuales). Posteriormente se sumaron los promedios obtenidos y fueron divididos en la cantidad máxima de bultos de azúcar que permite almacenar la bodega, para tener un costo mensual de 22,688 COP para el almacenamiento de azúcar. A su vez este valor se dividió en 4 semanas, que son el promedio de semanas con las que cuenta un mes. Es importante resaltar que, para este estudio, se requiere un análisis semanal, ya que el apicultor alimenta a las abejas de manera semanal. Teniendo en cuenta lo anterior el costo de mantener un bulto de azúcar en la bodega es de 5,672.02 COP por semana.

El costo de compra se estableció en \$166.900 por el valor de un bulto de 50 kg.

#### **4.2.2. Recolección de información de cantidad y frecuencia de pedido, demanda y unidades en inventario**

Se ha identificado que el comportamiento de la demanda (alimentación con azúcar) está directamente relacionada con la variabilidad de la lluvia y la floración. La alimentación artificial se lleva a cabo únicamente en colmenas de producción de polen y crianza (20 colmenas). El apicultor de manera empírica establece que es necesario alimentar mínimo 1 kg de azúcar por colmena sin importar la temporada de lluvias, sin embargo, teniendo en cuenta los requerimientos energéticos de las abejas se les proporciona un 5% adicional para periodos de lluvias promedio y un 10% adicional para periodos de lluvias altas. La empresa propone la siguiente matriz para determinar la demanda de azúcar teniendo en cuenta los meses de estudio:

Tabla 8. Temporada de lluvias en meses de estudio según R&R

Lluvia alta	Lluvia promedio	Lluvia baja
Mayo Junio Noviembre	Octubre Julio Agosto Septiembre Diciembre	Enero Febrero

Fuente: Propia

La información que se presenta a continuación fue tomada en campo por el encargado del área. En el mes de mayo se contaba con un inventario inicial de 1 bulto, para observar los costos semanales detalladamente ver anexo A.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en campo:

Tabla 9. Recolección de datos de inventario de azúcar en bultos de 50 kg

Semanas de estudio	Emisión de pedido (bultos)	Demanda total (bultos)	Inventario (bultos)
--------------------	----------------------------	------------------------	---------------------

Semana 0 (Mayo 1 - Mayo 7)			1
Semana 1 (Mayo 8 - Mayo 14)	0	0.418	0.582
Semana 2 (Mayo 15 - Mayo 21)	1	0.418	1.164
Semana 3 (Mayo 22 - Mayo 28)	0	0.418	0.746
Semana 4 (Mayo 29 - Junio 4)	1	0.418	1.328
Semana 5 (Junio 5 - Junio 11)	0	0.418	0.91
Semana 6 (Junio 12 - Junio 18)	0	0.418	0.492
Semana 7 (Junio 19 - Junio 25)	2	0.418	2.074
Semana 8 (Junio 26 - Julio 2)	0	0.418	1.656
Semana 9 (Julio 3 - Julio 9)	0	0.42	1.236
Semana 10 (Julio 10 - Julio 16)	1	0.42	1.816
Semana 11 (Julio 17 - Julio 23)	0	0.42	1.396
Semana 12 (Julio 24 - Julio 30)	0	0.36	1.036
Semana 13 (Julio 31- Agosto 6)	1	0.42	1.616
Semana 14 (Agosto 7 - Agosto 13)	0	0.42	1.196
Semana 15 (Agosto 14 - Agosto 20)	1	0.42	1.776
Semana 16 (Agosto 21 - Agosto 27)	0	0.42	1.356
Semana 17 (Agosto 28 - Septiembre 3)	0	0.336	1.02
Semana 18 (Septiembre 4 - Septiembre 10)	1	0.42	1.6
Semana 19 (Septiembre 11 - Septiembre 17)	0	0.42	1.18
Semana 20 (Septiembre 18 - Septiembre 24)	1	0.42	1.76
Semana 21 (Septiembre 25 - Octubre 1)	0	0.336	1.424
Semana 22 (Octubre 2 - Octubre 8)	0	0.336	1.088
Semana 23 (Octubre 9 - Octubre 15)	2	0.336	2.752
Semana 24 (Octubre 16 - Octubre 22)	0	0.336	2.416
Semana 25 (Octubre 23 - Octubre 29)	0	0.336	2.08
Semana 26 (Octubre 30 - Noviembre 5)	1	0.418	2.662
Semana 27 (Noviembre 6 - Noviembre 12)	0	0.418	2.244
Semana 28 (Noviembre 13 - Noviembre 19)	0	0.418	1.826
Semana 29 (Noviembre 20 - Noviembre 26)	0	0.418	1.408
Semana 30 (Noviembre 27 - Diciembre 3)	1	0.42	1.988
Semana 31 (Diciembre 4 - Diciembre 10)	0	0.42	1.568
Semana 32 (Diciembre 11 - Diciembre 17)	1	0.38	2.188
Semana 33 (Diciembre 18 - Diciembre 24)	0	0.42	1.768
Semana 34 (Diciembre 25 - Diciembre 31)	0	0.4	1.368
Semana 35 (Enero 1 - Enero 7)	1	0.4	1.968
Semana 36 (Enero 8 - Enero 14)	0	0.4	1.568
Semana 37 (Enero 15 - Enero 21)	1	0.4	2.168
Semana 38 (Enero 22 - Enero 28)	0	0.4	1.768

Semana 39 (Enero 29 - Febrero 4)	0	0.336	1.432
Semana 40 (Febrero 5 - Febrero 11)	0	0	1.432
Semana 41 (Febrero 12 - Febrero 18)	1	0.4	2.032
Semana 42 (Febrero 19 - Febrero 25)	0	0.4	1.632

Fuente: Propia

La demanda de azúcar promedio en el periodo de estudio fue aproximadamente 0,39 bultos por semana con una desviación estándar de 0,069, evidenciando una baja dispersión y una demanda constante, teniendo una variación entre 0,336 y 0,42, hay periodos donde la demanda es más baja quizá por la disponibilidad de alimentación natural en el entorno cercano a las colmenas por lo tanto no hubo requerimiento de alimentación artificial según lo esperado. Existe un valor atípico de 0 en la primera semana de febrero, posiblemente porque no se contó con el tiempo para alimentar las colmenas.

Teniendo en cuenta los meses establecidos por la empresa de mayor cantidad de lluvias se evidencia la relación de la demanda sobre estas, debido a que junio y noviembre fueron los meses con mayor demanda de azúcar (2,092 y 2,09 bultos respectivamente); y el de menor consumo Febrero con 1,136 bultos.

Con respecto al inventario almacenado por mes, se evidenció que el mes que mayor cantidad de unidades se tuvo en almacén fue noviembre con 10,128 bultos, seguido del mes de octubre con 8,336 bultos, posiblemente por querer mantener un colchón de capacidad por ser un mes de lluvias altas, sin embargo, resultó ser un exceso de inventario representando un aumento en los costos de almacenamiento. Esto también nos lleva a analizar que la lluvia es un factor no controlable y muy variable, que puede llegar a afectar la planeación de las compras.

También es importante analizar que en el periodo de estudio no se incurrió en faltantes, y por el contrario se buscaba mantener un stock en inventario sin ningún soporte matemático, además siempre se compraron bultos completos y todos los meses se adquirió al menos 1 bulto de azúcar.

#### 4.2.3. Cálculo de costos de pedido, almacenamiento, compra y costo total para el modelo de inventario actual en la empresa

De acuerdo con la Tabla 9, se realizaron 15 pedidos, se solicitaron 17 bultos en total a lo largo del periodo de estudio, se calculó que en inventario se mantuvieron 67,72 bultos. Los costos se calcularon de la siguiente manera:

Tabla 10. Cálculo de costos modelo de inventario actual

<b>Costo de pedido</b>	
Cantidad de pedidos realizados	15
Costo de pedir	\$41,363.43
Total costo de pedido	\$620,451.39

<b>Costo de almacenamiento</b>	
Unidades en inventario bulto	67.72
Costo de almacenamiento semanal	\$5,672.02
Total costo de almacenamiento	\$384,108.88

<b>Costo de compra</b>	
Cantidad de bultos pedidos	17
Costo unitario por bulto de 50kg	\$166,900
Total costo de compra	\$2,837,300

<b>Costo total (pedido + almacenamiento + compra)</b>	<b>\$3,841,860</b>
---	--------------------

Fuente: Propia

El costo total se obtuvo teniendo en cuenta la ecuación (5) que indica la suma de cada uno de los costos de la siguiente manera:

$$\text{Costo total} = 620,451.39 \text{ COP} + 384,108.88 \text{ COP} + 2,837,300 \text{ COP}$$

$$\text{Costo total} = 3'841,860 \text{ COP}$$

Es posible finalmente establecer que el costo de inventario actual de la finca apícola R&R durante el periodo de mayo 1 a febrero 25 es de \$3,841,860 COP.

#### 4.2.4 Análisis del patrón de comportamiento de la demanda en el modelo actual de inventarios

Se evaluó un patrón de comportamiento sobre los datos obtenidos en el periodo de estudio (mayo 2022 - febrero 2023) teniendo en cuenta la influencia de las lluvias sobre la demanda de azúcar de la siguiente manera:

Tabla 11. Patrón de comportamiento de la demanda de azúcar

	<b>Cantidad de pedidos</b>	<b>Cantidad de bultos</b>
<b>Lluvias bajas</b>	Pide 1 vez o no pide	0-1
<b>Lluvia promedio</b>	Pide 1 o 2 veces	1-2
<b>Lluvias altas</b>	Pide 2 veces	2-3

Fuente: Propia

Se tuvo como premisa que el apicultor no incurre en faltantes y que siempre se adquiere la unidad completa (para este caso el bulto). Este patrón se replicó sobre la demanda pronosticada que se evalúa en la siguiente fase.

### 4.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

#### 4.3.1. Establecer el tipo de modelo de gestión de inventarios que requiere la empresa

Para determinar el tipo de modelo de gestión de inventarios primero se debe identificar el tipo de demanda, para ello se analiza el coeficiente de variación el cual compara la variabilidad entre las distribuciones en las que las unidades son diferentes, inicialmente se calcula el promedio y la desviación estándar sobre los datos recolectados por la empresa para luego emplear la ecuación (6), así:

Tabla 12. Análisis estadístico

Promedio	0.389
Desviación estándar	0.069
Coeficiente de variación	17.71%

Fuente: Propia

Debido a que el valor del coeficiente de variación fue inferior al 20%, se determina que la demanda es determinística y según el análisis anterior es constante, por esto es posible afirmar que los modelos que más se asemejan con el proyecto son modelos determinísticos de gestión de inventarios.

Se establece que la lluvia y la floración son directamente proporcionales por lo que se opta por elegir un único dato que influye sobre este insumo, la lluvia. La lluvia en Sesquilé es superior a la presentada en los puntos de toma de muestras en Bogotá, por lo que se adicionan a este proyecto muestras tomadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2023) en el embalse de Tominé en Guatavita Cundinamarca, lugar muy cercano a la finca apícola. A continuación, se muestran los máximos y mínimos, así como la desviación estándar, promedio y coeficiente de variación evidenciados en un rango de tiempo de 32 años desde 1990 al 2022 (Ver tabla completa en el anexo F).

Tabla 13. Datos representativos históricos de lluvia de 1990 a 2022

Mes	Desviación estándar	Promedio	Coefficiente de variación	min (mm)	max (mm)
Enero	31.573	36.516	0.865	0.0	131.2
Febrero	38.358	45.155	0.849	0.0	180.4
Marzo	44.182	68.369	0.646	6.7	171.7
Abril	49.884	81.831	0.610	9.9	262.0
Mayo	42.358	88.727	0.477	4.3	152.2
Junio	33.657	63.015	0.534	10.0	178.0
Julio	24.569	59.743	0.411	9.0	110.7
Agosto	34.787	50.637	0.687	11.2	180.0
Septiembre	25.545	43.903	0.582	7.6	124.9
Octubre	49.642	84.326	0.589	9.2	210.0
Noviembre	56.822	84.852	0.670	0.0	216.5
Diciembre	32.424	41.179	0.787	0.0	122.0

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR

Se confirma la hipótesis del apicultor respecto a que los meses de mayor cantidad de lluvia son mayo, noviembre y octubre, también que los periodos de menor cantidad de lluvias son enero, febrero, y diciembre, aunque este último fue considerado por el apicultor como un mes de lluvias promedio, y los meses de junio, julio, agosto y septiembre son de lluvias promedio. Se evidencia que existe una dispersión alta de los valores obtenidos de la cantidad de lluvia respecto a la media.

El coeficiente de variación en este caso es superior al 40% en todos los meses lo que nos indica una gran variabilidad en los datos y por lo tanto, podría reflejarse en la inexactitud del pronóstico. Si bien la lluvia presenta datos muy variables, es posible determinar que la demanda será un valor regular debido a la cantidad estándar de alimentación y el número de colmenas las cuales requieren de este insumo.

#### 4.3.2. Pronóstico de la demanda

Teniendo en cuenta que la demanda depende de los niveles de lluvia, fue necesario pronosticar la pluviosidad (en mm) en un periodo de tiempo desde el mes de mayo de 2024 hasta febrero de 2025, los datos recolectados históricos obtenidos de la CAR (2023) (Anexo F) Se evidencia que la información se encuentra de manera mensual por ende se pronostica en las mismas unidades de tiempo y se busca un modelo de series de tiempo.

En el software Minitab se desarrolla el pronóstico con 3 modelos: Suavización exponencial simple, Suavización exponencial doble y Holt-Winters (Ver pronóstico en el anexo G), con el fin de comparar y seleccionar aquel pronóstico que tenga menor error y pueda garantizar un buen desempeño de los resultados. A continuación, se presenta una matriz con las 3 medidas usadas respecto a los modelos:

Tabla 14. Medidas de exactitud de pronóstico de lluvias empleados en Minitab

		<b>Métodos de pronóstico</b>		
		<b>Suav. Exp. doble</b>	<b>Suav. Exp. simple</b>	<b>Winters</b>
<b>Medidas de exactitud</b>	<b>MAPE (%)</b>	192,1	215,58	129,19
	<b>MAD (mm)</b>	45,27	34,87	29,86
	<b>MSD (mm)</b>	3439,21	1966,57	1538,82

Fuente: Propia

El método de Winters se eligió debido a que ha obtenido un error de pronóstico (MAD) más bajo que los otros dos métodos (Suav. Exp. doble y Suav. Exp. simple), lo que indica una mayor precisión en la predicción de datos futuros. Esto significa

que el método de Winters es el más confiable y proporciona pronósticos más precisos que los otros dos métodos, además implica estacionalidad lo cual es importante para este estudio debido a que las lluvias son factores estacionales. El valor de tendencia y nivel fue cero, sin embargo, se le asignó un valor de 0,1 a la estacionalidad debido a la alta variación de los datos.

Además, se eligió el MAD como medida de exactitud ya que es una medida absoluta de errores, es decir, no depende de la escala o magnitud de los datos. Esto permite comparar y evaluar la precisión de los diferentes métodos de pronóstico sin verse afectados por la escala de los datos. Por lo tanto, el MAD es una medida adecuada para evaluar y comparar la exactitud de los métodos de pronóstico en este caso.

#### **4.3.3 Cálculo de rangos de lluvia para la demanda**

Para determinar el rango de lluvias a utilizar en los modelos propuestos, se empleó la misma una proyección de la lluvia mensual a 10 años por medio de la herramienta Minitab, con el modelo Holt-Winters para el pronóstico de series de tiempo.

Obteniendo el pronóstico de lluvias, se realiza el siguiente procedimiento para el cálculo de los rangos de los datos (lluvias bajas, promedio y altas):

1. Establecer el valor mínimo a partir del dato más bajo pronosticado de lluvia.
2. Establecer el valor máximo a partir del dato más alto pronosticado de lluvia.
3. Restar el valor mínimo del valor máximo para obtener el rango de lluvia.
4. Dividir el rango de lluvia en tres partes iguales para obtener los tres rangos de lluvia requeridos.

- Determinar los tres rangos de lluvia a partir del valor mínimo y los incrementos calculados en el paso anterior (Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2015).

Tabla 15. Rango de lluvias empleados en los modelos

		Rangos	
		Mín. (mm)	Máx. (mm)
Lluvias	Altas	69,9	98,2
	Promedio	41,5	69,8
	Bajas	13,0	41,4

Fuente: Propia

Posteriormente a esto, empleando el pronóstico de lluvias realizado para el periodo de mayo de 2024 a febrero 2025 se determina la demanda de azúcar según las cantidades expuestas en la Tabla 17. Este proceso para establecer la demanda se aplica para los tres modelos que se desarrollaron.

#### 4.3.3. Criterios, supuestos y restricciones para la determinación del modelo

Se realizarán las siguientes consideraciones para establecer el modelo de gestión de inventarios:

- El insumo por analizar en este estudio es el azúcar debido a que es el de mayor uso y representa el mayor costo evidenciado en el Diagrama de Pareto (Gráfica 2)

- No se permite tener faltantes en el inventario de azúcar debido a que es el insumo más importante para la alimentación de las abejas. Según Buñay (2017), el azúcar es fundamental como recurso energético para éstas y necesaria para mantener un estándar de producción.
- Se determina que la cantidad mínima de pedido debe ser de 50 kg debido a que esta es la unidad promedio de compra por cantidad para mantener el precio que se ofrece al por mayor. Según Barredo (2022), algunas ventajas de comprar al por mayor son ahorro de tiempo y dinero, se permite generar reserva del insumo por más tiempo evitando hacer compras periódicas del mismo producto en cantidades menores, así mismo, incrementando el margen de beneficio por asegurar la materia prima requerida para el proceso y evitar faltantes.
- Para la adquisición del insumo se establece que si se compran 1 o más bultos y se requieren kilos adicionales es posible adquirirlos de acuerdo con la proporción del precio por bulto, sin embargo, si se necesita menos de un kilo adicional el precio que ofrece el proveedor sube.
- Los modelos que se pondrán a prueba deben desarrollarse aplicando el pronóstico de las lluvias expuesto en el Anexo G desde el mes de mayo de 2024 a febrero de 2025 (Buñay, 2017).
- La demanda de azúcar del sector apícola tiene cierto grado de incertidumbre y varía de acuerdo a las temporadas de lluvia. Es por esto que se establece que la lluvia es un factor variable y la demanda está sujeta a factores no controlables como el clima (Martell, et al. 2019).
- El modelo aplica para un Lead Time de 89,66 minutos, lo cual se determinó en el acompañamiento realizado al apicultor al momento de hacer los pedidos.
- Teniendo en cuenta que el insumo de mayor costo mensual fue el azúcar se establece un índice de perecibilidad de aproximadamente 5 años, lo que lo hace un producto no perecedero, aun así se deben garantizar las condiciones adecuadas para que el producto tenga la calidad esperada mientras ingresa

al proceso de producción, por ello se deben tener en cuenta los factores externos del medio en donde se encuentre almacenado, siendo estos la humedad relativa estimada entre el 55% y 65% y una temperatura con un máximo de 2°C sobre la temperatura ambiente (Ingenio Risaralda, 2023).

- La restricción de capacidad del almacén son 8 m<sup>3</sup>, de los cuales se destina el 10,31% para el almacenamiento de bultos de azúcar, teniendo en cuenta que un bulto de azúcar ocupa 0,275 m<sup>3</sup>, la capacidad de la totalidad del almacén es de 29 bultos.
- De acuerdo con los estándares manejados por el productor para la alimentación de abejas con jarabe de azúcar y según Buñay (2017) se debe suministrar una mezcla homogénea compuesta por 1 kg de azúcar en 1 litro de agua aproximadamente por cada colmena. Se cuentan con 20 colmenas y se establece la relación lluvia-demanda de la siguiente manera:

Tabla 16. Requerimientos de demanda según rangos de lluvia

Lluvia (en mm)	Demanda semanal de azúcar (bultos)
Bajas (13,0 - 41,4)	0,4
Promedio (41,5 - 69,8)	0,42
Altas (69,9 - 98,2)	0,44

Fuente: Propia

#### 4.3.4. Identificación de posibles modelos de gestión de inventarios

Teniendo en cuenta los criterios, supuestos y restricciones de selección anteriormente mencionados, se realizó también un análisis de documentos en donde la aplicación de modelos de gestión de inventarios representó un beneficio económico para las empresas dónde se puso a prueba. Considerando que el enfoque de este proyecto son las cadenas de suministro agroindustriales, se ejecutó

una revisión de literatura ligada a este sector, sin embargo, la información presente en diferentes fuentes de investigación es muy baja. A continuación, se presentan algunas investigaciones de modelos de gestión de inventarios determinísticos en cadenas agroindustriales para productos agroindustriales:

Tabla 17. Revisión de literatura de posibles modelos determinísticos

Título	Modelo Usado	Disminución del costo	Fuente
Modelo de MRP para la reducción de costos de inventarios en la empresa Agroexportaciones Macabí S.A.C., 2020	Modelo de MRP	5,23%	Chávez, M. (2020)
Propuesta de mejora en la gestión de inventarios para disminuir los costos de inventario en el almacén de la empresa Gandules Inc. S.A.C.	EOQ	4,31%	Haro, J. & Santos, P. (2023).
Propuesta de mejora en la gestión de inventarios para el grupo suministros diversos a fin de reducir los costos logísticos de una empresa agroindustrial de la Libertad	Programación lineal	8,95%	Peralta Infantes, C. (2012).

Fuente: Propia

En la tabla anterior se presentan datos sobre la disminución de costo. Se logra evidenciar que el mayor porcentaje de reducción en la aplicación de modelos de gestión de inventarios es la programación lineal entera mixta con un 8,95% en empresas de tipo agroindustrial, además este enfoque es útil debido a que arroja soluciones precisas ya que consideran restricciones, toman en cuenta todas las posibilidades e involucran decisiones binarias para determinar si se hace o no un pedido. Así mismo, se evidencia que el EOQ es usado con mayor frecuencia que otros modelos. De acuerdo con los criterios, supuestos y restricciones, teniendo en

cuenta esta información, se eligen los dos modelos para ser evaluados sobre el pronóstico de la demanda: programación lineal entera mixta y EOQ.

#### **4.3.5. Cálculo de los modelos de gestión de inventarios propuestos**

Para el desarrollo de los modelos actual y EOQ se utilizó una plantilla para facilitar el análisis semana a semana durante el periodo de mayo de 2024 a febrero de 2025, esta plantilla contiene mes/año, pronóstico de lluvias mensual (repartido en las 4 semanas de un mes), lluvias (rangos), demanda en bultos, cantidad a pedir, existencias en inventario y el costo de almacenamiento.

Para el modelo de programación lineal entera mixta se basó en los resultados obtenidos por Lozano (2020).

##### **4.3.5.1 Modelo actual**

Empleando el patrón de comportamiento analizado en la Tabla 12 se determinó un inventario inicial de 1 bulto y 25 kg y se adecuó semanalmente cumpliendo con los supuestos y restricciones. Se obtiene que a lo largo del periodo pronosticado se realizan 15 pedidos con una cantidad total de 17 bultos. A continuación, se presenta la tabla de costos del modelo actual (Ver la tabla de datos completa en el anexo H)

Tabla 18. Costos del modelo actual

Costo de pedido	\$ 620.451
Costo de comprar	\$ 2.837.300
Costo de almacenar	\$ 451.039,03

<b>Costo total</b>	<b>\$ 3.908.790,48</b>
--------------------	------------------------

Fuente: Propia

El costo total de aplicar el modelo que lleva el apicultor actualmente fue de \$ 3.908.790,48, superior al cálculo realizado en el periodo de estudio con los datos históricos, muy posiblemente porque no se había especificado un rango de pluviosidad, sino que las lluvias altas, promedio y bajas se asumían por mes y de acuerdo con los requerimientos y criterios establecidos por el productor.

La demanda de azúcar promedio en el modelo actual fue de 0,426 bultos por semana representando mayor consumo de azúcar así mismo se calculó una desviación estándar de 0,012, siendo aún más precisa que el modelo con datos históricos.

Con respecto al inventario almacenado por mes, se evidenció que el mes que mayor cantidad de unidades se tuvo en almacén fue mayo con 10,60 bultos, seguido del mes de octubre con 9,68 bultos, debido a que son meses de lluvias altas de acuerdo con el pronóstico. El mes con menor unidades en inventario fue septiembre con 4,72 bultos.

El costo promedio semanal de almacenamiento de azúcar es de \$11,275.98.

#### **4.3.5.2 Modelo EOQ**

Para establecer el punto de reorden se necesita determinar el inventario de seguridad, para lo cual se tuvo en cuenta el nivel de servicio ( $z$ ), desviación estándar de la demanda ( $\delta$ ) y el lead time ( $L$ ) del proceso de adquisición del insumo “azúcar”.

El nivel de servicio se calculó a partir de la función DISTR.NORM.ESTAND.INV del programa Microsoft Excel, teniendo en cuenta que el 90% de los insumos que se adquieren en el centro de abastecimiento llegan completos, sin contaminantes y aptos para el consumo de las colmenas. Así mismo, el lead time se calculó a partir de la toma de tiempos hecha en la etapa anterior teniendo en cuenta los tiempos de transporte al almacén, selección del producto a comprar, pago y transporte de vuelta a la bodega, lo cual suma 89,66 minutos o 0,0089 semanas (en unidades utilizadas para el cálculo). Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 19. Cálculo de las variables del inventario de seguridad

z= Nivel de servicio	1,2816
$\delta$ = Desviación estándar de la demanda	0,0132
L= Lead time	0,0089 semanas

Fuente: Propia

Para el cálculo del inventario de seguridad (SS) se tomó la ecuación (11) y se obtuvo el siguiente resultado:

$$SS = 0,0016 \text{ bultos}$$

Teniendo en cuenta lo anterior es posible calcular el punto de reorden (s) resolviendo la ecuación (12):

$$s = 0,0054 \text{ bultos}$$

Se obtuvo entonces, que el punto de reorden fue de 0,0054 bultos, es decir, tan pronto el inventario llegue a este valor se debe realizar un pedido. El apicultor alimenta las colmenas una vez por semana, es por esta razón que se establece esta, como unidad de tiempo estándar.

Por otro lado, se calculó la cantidad económica de pedido mediante la ecuación (7) la cual nos indica que el mínimo a pedir con este modelo es de 2,5 bultos, teniendo en cuenta que uno de los supuestos para esta investigación es que no existan faltantes. Se obtiene que en promedio se mantienen 1,24 bultos en inventario, se compran aproximadamente 17,5 bultos distribuidos en 7 pedidos a lo largo del periodo evaluado. No se llega al punto de reorden por la unidad de tiempo establecida, por lo que el estudio se basa en el cumplimiento de la demanda (Ver tabla de datos completa en el anexo I)

En la siguiente tabla se observan los costos asociados al modelo EOQ.

Tabla 20. Costos del modelo EOQ

Costo de pedido	\$ 289.544
Costo de comprar	\$ 2.920.750
Costo de almacenar	\$ 287.772,02
<b>Costo total</b>	<b>\$ 3.498.066,03</b>

Fuente: Propia

La demanda de azúcar promedio en el modelo EOQ fue de 0,426 bultos por semana representando mayor consumo de azúcar así mismo se calculó una desviación estándar de 0,012.

El costo de pedido con respecto al modelo actual se reduce \$330.907, debido a que se hacen casi la mitad de los pedidos realizados en el modelo actual, y se obtiene casi la misma cantidad de bultos comprados con 0,5 de bultos de diferencia (25 kg).

Con respecto al inventario almacenado por mes, se evidenció que el mes que mayor cantidad de unidades se tuvo en almacén fue junio con 6,28 bultos, seguido del mes de septiembre con 6,24 bultos, se analiza que se tiene menor cantidad de unidades en inventario debido a que se pide apenas se requiere el producto, pero nunca se incurre en faltantes, con respecto al modelo actual esto reduce el costo de almacenamiento en \$163.267,1. El mes con menor unidades en inventario fue enero con 3,6 bultos y el costo promedio semanal de almacenamiento de azúcar es de \$7.194,30.

El costo de compra es el único que no se reduce y se obtiene una diferencia de \$83.450.

El costo del modelo EOQ para la demanda pronosticada fue inferior respecto al evaluado con el patrón de comportamiento determinado para el modelo actual, con una diferencia de \$410.724,45, es decir, un 10,51% aproximadamente. En comparación con el caso de éxito de la empresa Gandules Inc. S.A.C la cual reduce el costo un 4,31% siendo menor respecto a este proyecto, lo que indica que este modelo se encuentra dentro de los rangos de disminución de costos obtenidos en la literatura y presenta mejores resultados sobre esta agroindustria (Haro & Santos, 2013)

#### **4.3.5.3 Modelo programación lineal entera mixta**

El segundo modelo que se propuso para este proyecto fue la programación lineal entera mixta para lo cual fue necesario adecuar la extensión de Open Solver para Excel. Para ejecutar este modelo se tuvieron en cuenta necesidades, restricciones y una función objetivo, las cuales se presentan a continuación:

Las variables de decisión que se determinan para este caso fueron:

- Demanda total ( $Dt(f)$ )
- Cantidad de producto solicitado ( $Q(f)$ )

- Existencias en inventario semanal ( $I(f)$ )
- Número de pedidos necesarios para satisfacer la demanda ( $Z(f)$ ).

Las restricciones de balance de inventario se hicieron de acuerdo con Lozano, (2020), el lote de pedido más las existencias de inventario en el periodo anterior menos las existencias del periodo actual deben ser iguales a la demanda total del periodo y se calculan de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Q(f) + I(f - 1) - I(f) = Dt(f) \quad (16)$$

Esta ecuación se utiliza para asegurar que el inventario se gestione de manera adecuada y que se cumplan las necesidades de demanda de un período dado. El no cumplir con esta restricción puede representar una inconsistencia en los datos y un desequilibrio de inventario. Si la demanda fuese mayor se incurriría en faltantes lo cual es un criterio no permitido por el productor.

La ecuación establece que, para mantener un equilibrio adecuado en el inventario durante el período "f", la cantidad de unidades ordenadas ( $Q(f)$ ) más el inventario restante del período anterior ( $I(f-1)$ ) menos el inventario restante al final del período "f" ( $I(f)$ ) debe ser igual a la demanda total del período "f" ( $Dt(f)$ ). Esto asegura que el inventario sea suficiente para satisfacer la demanda y que no haya un exceso ni una falta de inventario.

Esta ecuación es fundamental en la gestión de inventarios, ya que ayuda a planificar y controlar las cantidades a ordenar o producir en cada período, garantizando así que se cumplan las demandas de los clientes de manera eficiente y minimizando los costos asociados con el almacenamiento y la gestión de inventarios.

Las restricciones de la demanda indican que la sumatoria del inventario en el periodo anterior y el lote de pedido deben ser mayores o iguales a la demanda en

el periodo analizado con el fin de poder cumplir con la demanda en ese periodo, para lo cual Lozano, (2020), sugiere la siguiente ecuación:

$$Q(f) + I(f - 1) \geq D(f) \quad (17)$$

Esta restricción garantiza que el inventario disponible al comienzo del período más las unidades que se ordenarán o producirán sean suficientes para satisfacer la demanda prevista durante ese período.

Al sumar la cantidad de unidades que se ordenarán o producirán en el período "f" (Q(f)) con el inventario disponible al inicio del período "f-1" (I(f-1)), se obtenga al menos la cantidad necesaria para satisfacer la demanda total del período "f" (D(f)). Si esta restricción se cumple, significa que hay suficiente inventario en el sistema para satisfacer la demanda.

Si queda únicamente con la cantidad que requiere en el momento es posible que el costo de pedido sea alto por la frecuencia que se tiene que hacer, así mismo esta ecuación da la opción al modelo de pedir a ras si el costo de pedido es muy bajo.

Las restricciones de capacidad se establecen teniendo en cuenta que la bodega puede almacenar un máximo de 29 bultos, por lo que es necesario tener en cuenta que el lote solicitado en el periodo actual no puede superar esta cantidad, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q(f) \leq 29 \quad (18)$$

Las restricciones de no negatividad garantizan que los valores del lote y de inventario no sean negativos, así mismo Lozano, (2020) propone las siguientes ecuaciones:

$$Q(f) \geq 0 \quad (19)$$

$$I(f) \geq 0 \quad (20)$$

Las restricciones binarias indicaron las veces que se requiere hacer un pedido y teniendo en cuenta que  $Dt(n)$  es la demanda, Lozano, (2020) propone la siguiente ecuación:

$$Q(f) \leq (Dt1 + Dt2 + \dots Dtn) * Z(f) \quad (21)$$

Es importante tener en cuenta que se hace pedido cuando el binario es 1, de lo contrario 0 indica que no se requiere un pedido para ese momento. El lote de pedido debe ser menor o igual a la sumatoria de toda la demanda en el tiempo de vida útil del azúcar multiplicado por el número de veces que se hace pedido, si esta restricción no se llega a cumplir puede afectar la calidad del azúcar y por lo tanto no se podría distribuir a las colmenas.

Teniendo en cuenta que el insumo a evaluar es azúcar, los grupos empresariales afirman que no es un producto perecedero a menos que las condiciones de almacenamiento sean inadecuadas; sin embargo, otras empresas indican que el azúcar tiene un tiempo de vida útil de máximo 5 años (260 semanas), por lo que se propone la siguiente restricción de perecibilidad:

$$Q/Dt(f) \leq 260 \quad (22)$$

El tamaño del lote sobre la demanda representa el tiempo para el que alcanza el pedido, y debe ser menor o igual a 260 semanas, si esta restricción no se llega a cumplir puede afectar la calidad del azúcar y por lo tanto no se podría distribuir a las colmenas.

La función objetivo para este caso es minimizar el costo total de inventario de azúcar, el cual está compuesto por costo de pedido, mantenimiento y costo de ordenar, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- Cp = Costo de pedido
- Ca = Costo de almacenamiento
- Cc = Costo de compra

La función objetivo se representa en la siguiente ecuación:

$$\text{Min } Z = \sum_{f=1}^F (Cp * Z(f)) + (Ca * I(f)) + (Cc * Q(f)) \quad (23)$$

Se logra evidenciar que en promedio se mantienen 0,99 bultos en inventario y 40,54 bultos en el total del periodo, se compran 17,04 bultos distribuidos en 7 pedidos a lo largo del periodo evaluado. En la tabla 21 se observan los costos asociados al modelo de programación lineal. (Ver tabla de datos completa en el anexo J)

Tabla 21. Costos del modelo programación lineal

Costo de pedido	\$ 289.544
Costo de comprar	\$ 2.843.976
Costo de almacenar	\$ 229.948
<b>Costo total</b>	<b>\$ 3.363.437,43</b>

Fuente: Propia

La demanda de azúcar promedio en el modelo programación lineal entera mixta fue de 0,426 bultos por semana representando mayor consumo de azúcar así mismo se calculó una desviación estándar de 0,012.

El costo de pedido con respecto al modelo actual se reduce \$330.907, debido a que se hacen casi la mitad de los pedidos realizados en el modelo actual, y se obtiene casi la misma cantidad de bultos comprados con 0,4 de bultos de diferencia (20 kg).

Con respecto al inventario almacenado por mes, se evidenció que el mes que mayor cantidad de unidades se tuvo en almacén fue mayo con 6,02 bultos, seguido del mes de diciembre con 5,9 bultos, se analiza que se tiene menor cantidad de unidades en inventario debido a que se determina el punto óptimo a partir de los parámetros y ecuaciones específicos, con respecto al modelo actual esto reduce el costo de almacenamiento en \$221.091,03. El mes con menor unidades en inventario fue julio con 2,42 bultos y el costo promedio semanal de almacenamiento de azúcar es de \$5.608,48.

El costo de compra es el único que no se reduce y se obtiene una diferencia de \$6.676

El costo del modelo de Programación lineal entera mixta para la demanda pronosticada fue inferior al costo determinado con el patrón de comportamiento determinado en el modelo actual, presentando una diferencia de \$545.353,05, es decir, un 13,95%. En comparación con el caso de éxito de la empresa agroindustrial de La Libertad la cual reduce el costo un 8,95% siendo menor respecto a este proyecto, lo que indica que este modelo se encuentra dentro de los rangos de disminución de costos obtenidos en la literatura y presenta mejores resultados (Peralta, 2012).

#### **4.3.6. Análisis estadístico y diseño de experimentos**

Dado que la demanda para este proyecto es un valor dependiente de la lluvia, se efectuó un análisis de varianza ANOVA, a partir de los resultados de una simulación

de lluvias a través de datos aleatorios empleando los datos históricos mínimos y máximos por mes evidenciados en la Tabla 13. En el anexo K se presentan la matriz con los datos obtenidos de las tres repeticiones tanto del modelo actual (dato de control) como los dos modelos propuestos (tratamientos). En la gráfica 8 se puede evidenciar los datos obtenidos a través del software Prism - GraphPad.

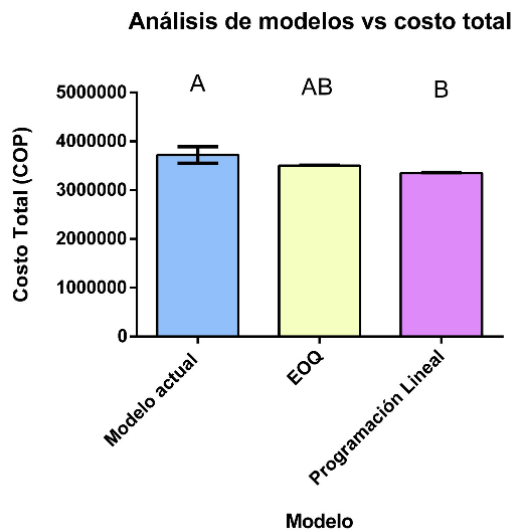


Gráfico 3. Análisis de modelos según costo total. Fuente: Propia

De acuerdo con los datos obtenidos en el análisis ANOVA, se establece que entre el modelo actual y el modelo EOQ no existe diferencia significativa, sin embargo, si se evidencia una diferencia significativa entre los costos obtenidos entre el modelo actual y el modelo de programación lineal, para este caso se rechaza la hipótesis nula. Teniendo en cuenta estos resultados, es posible determinar que el modelo que mejor se adecua a este proyecto es programación lineal entera mixta por su diferencia estadística con respecto al control (modelo actual).

Este resultado es relevante para el productor pues establece el mejor modelo adaptado a las necesidades de la empresa y el cual reduce la mayor cantidad posible de los costos relacionados con el insumo de mayor consumo en la finca apícola que para este caso fue el azúcar, teniendo en cuenta que la demanda está

determinada por valores aleatorios relacionados con la lluvia y similares a cómo se podría comportar en la realidad, pues procede de los rangos históricos mínimos y máximos.

## **5. CONCLUSIONES**

El azúcar fue el producto analizado en este proyecto, el cual representa el 71,54% del total de los costos mensuales de los insumos de la finca apícola R&R, por lo que se evidenció la importancia del análisis de este. Se establece que el 20% del total de los artículos, representa el 80% del valor del inventario por lo que su evaluación es significativa respecto al costo de la administración de la mercancía que se lleva a cabo en la empresa.

Se evaluaron las actividades involucradas en la gestión de pedidos y almacenamiento mediante herramientas de representación gráfica y secuencial, así como la medición de tiempos y movimientos estableciendo un flujo de trabajo con el fin de identificar la influencia que tienen dichas actividades sobre los costos de inventario. Se puede concluir además que a mayor tiempo de realización de una actividad mayor será el costo debido a que este puede influir sobre los costos de oportunidad.

El modelo propuesto se establece bajo condiciones ideales sin tener en cuenta otros factores diferentes a la lluvia. La lluvia es un dato muy variable lo cual impide la exactitud de la proyección de gastos o requerimientos de la demanda. Los pronósticos hechos no serán muy acertados por esta razón, pero puede ser una forma de llevar un estimado de la demanda a corto plazo, ya que a se puede obtener menor precisión a largo plazo. El clima es un sistema complejo ya que interrelacionan muchos factores y a partir de estos surgen muchas otras variables.

Se hizo una revisión de literatura con relación a casos de éxito en cadenas agroindustriales, pues no se encontró información de modelos de gestión de inventarios aplicados a industrias apícolas. Se determinó que los modelos aplicables con mayor relación al proceso productivo de la empresa fueron programación lineal entera mixta por su eficiencia y EOQ por la frecuencia de uso en empresas de este tipo.

En cuanto al aspecto ambiental, también se obtendrán beneficios. La implementación de un modelo de gestión de inventarios permite minimizar el desperdicio de productos y reducir el impacto ambiental causado por su producción y transporte. Esto contribuye a la sostenibilidad de la finca y a la preservación de los ecosistemas donde se encuentran las abejas.

El modelo más adecuado para la gestión de azúcar como principal insumo en la empresa R&R es la programación lineal entera mixta la cual presentó una reducción de costos de 13,95% sobre el modelo actual, sin embargo, aunque el modelo EOQ presentó una reducción del 10,51% en el costo total, en el análisis ANOVA no representa una diferencia significativa respecto al control.

Este resultado es relevante tanto para esta investigación como para la empresa R&R debido a que se halló un modelo de gestión de inventarios adaptado a las necesidades de la compañía teniendo en cuenta que es un modelo fácil de comprender y ejecutar. Tiene en cuenta las restricciones del proceso, los factores que influyen en la determinación de la demanda y principalmente en enfocándose al objetivo principal que fue la evaluación de la influencia de los modelos de gestión de inventarios para la reducción de los costos

Para finalizar, esta investigación contribuye al desarrollo de la gestión de inventarios en empresas apícolas, debido a que al investigar un área que no ha sido estudiada

previamente (teniendo en cuenta que existen muy pocos referentes teóricos o prácticos que se apliquen a este tipo de cadena agroindustrial), se pueden identificar oportunidades de mejora resultando en eficiencias operativas, reducción de costos y una ventaja competitiva para para esta cadena.

La investigación puede ayudar a desarrollar mejores prácticas específicas para la gestión de inventarios en la cadena agroindustrial en cuestión. Estas prácticas pueden servir como un marco de referencia para proyectos futuros, lo que facilitaría la toma de decisiones y la implementación de estrategias efectivas. Es importante resaltar que cada cadena agroindustrial puede tener desafíos y características únicas que requieren enfoques específicos en la gestión de inventarios y por lo tanto estrategias de gestión de inventarios para abordar los desafíos particulares de la cadena.

En conclusión, la implementación del modelo de gestión de inventarios brinda numerosos beneficios, tanto a nivel económico como ambiental, permitiría a la finca apícola tener un registro y control efectivo de los insumos, optimizando así los recursos y evitando problemas de escasez o exceso de materiales. Adicionalmente teniendo en cuenta que este estudio se basó en numerosas fuentes bibliográficas se evidenció que el enfoque de las empresas es en la producción y no en el eslabón principal que es la gestión de insumos.

## 6. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y las posibles limitantes evidenciados en este proyecto, se recomienda:

- Se recomendó al apicultor la compra al por mayor del insumo con el fin de obtener un mejor precio, ya que anteriormente compraba este al detal o en unidades pequeñas lo cual representaba un aumento de los costos.
- Se recomienda a la empresa analizar a profundidad el nivel de servicio ofrecido por el proveedor de azúcar con el fin de garantizar la calidad del producto, verificar si el proveedor cumple con los acuerdos respecto a términos de entrega, plazos, cantidad y condiciones del producto, teniendo en cuenta que estos factores pueden estar directamente relacionados con el retraso de la producción, la eficiencia de los procesos y por lo tanto reflejándose en los costos.
- Para este proyecto, se analizó el azúcar como principal insumo, sin embargo, para futuros proyectos, se recomienda realizar una revisión de otros insumos que puedan ser representativos e influyan significativamente en el aumento o reducción del costo.
- Existen procesos y requerimientos económicos adicionales si el producto de mayor rotación es uno más especializado, puede implicar mayores costos de acuerdo con la ubicación del proveedor, Lead Time, frecuencia de adición a las abejas, entre otras variables.
- Se debe tener en cuenta que el insumo de mayor costo puede variar de acuerdo a la empresa y la ubicación en la que esta se encuentre, pues para este caso en específico se evidenció la relación que las lluvias tuvieron sobre el requerimiento energético de las abejas por el piso térmico en que se encontraba la finca, sin embargo las condiciones

climáticas pueden variar, así como los estándares de la calidad (para este caso no se le daba azúcar a las colmenas de miel por su influencia en el producto).

- Se recomienda emplear herramientas como Excel con el fin de disminuir el tiempo que dedica al cálculo del presupuesto, además representa mayor precisión en cuanto a la cantidad de compra.
- Se recomienda la adquisición de herramientas como balanzas para determinar cuánto producto requiere y cuánto le queda exactamente.
- Si se aplica un modelo específico de gestión de insumos, se recomienda que el pago se realice automáticamente de acuerdo con el periodo de tiempo establecido por el mismo o tener una tarjeta debito para disminuir el tiempo de pago.
- Actualmente el apicultor realiza cotizaciones mensuales, sin embargo, se recomienda que se haga de manera trimestral y así disminuir este tiempo, y también el costo que implica realizar el pedido.
- Se recomienda en futuros trabajos, evaluar la floración del espacio en el que se encuentran las colmenas con el fin de efectuar una investigación más precisa en cuanto a los factores que influyen en el comportamiento alimenticio de las abejas y evitar desperdicios o exceso de alimentación artificial.
- Se recomienda evaluar el costo del bulto de acuerdo a la variación del valor de compra a lo largo del año pues para este proyecto se estableció como un valor constante.
- Se recomienda la implementación del modelo de programación lineal entera mixta para evaluar la respuesta que tiene esta sobre la empresa respecto a la reducción de costos, teniendo en cuenta que para este proyecto presentó una disminución positiva del costo.
- Dar seguimiento al cumplimiento de la propuesta de mejora de la gestión logística de entrada, de modo que se pueda ver tangiblemente los resultados económicos esperados.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Aguilar, Y. & Fernández, H. (2006) Cooperativa de Apicultores del Cauca COOAPICA. *Cartilla de Apicultura*.

Aguirre, K. (2016). Barreras para la obtención del Sello Único Nacional de Alimento Ecológico para los productores agropecuarios. Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales. Universidad Externado de Colombia. [Tesis de posgrado]. Obtenido de: <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/f178c88e-f1d0-4eaf-8e43-a6f62a9c88b4>

Alcaldía de Sesquilé (2023). Información del municipio. Alcaldía municipal de Sesquilé. Obtenido de: <https://www.sesquile-cundinamarca.gov.co/mimunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Altametrics (2020). Cómo afecta la gestión de inventario a los precios. Precios y gestión de inventarios. Obtenido de: <https://altametrics.com/es/inventory-management/pricing-and-inventory-management.html>

Balakrishnan, A., Render, B., & Stair, R. (2016). Managerial decision modeling with spreadsheets. Pearson.

Barragán, M. (2014). Apicultura campesina una alternativa para el desarrollo rural en Ocamonte, Santander. Facultad de estudios ambientales y rurales. [Tesis de maestría]. Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12407/barraganriveramiguelangel2014.pdf?Sequence=3>

Barredo, A. (2022). Ventajas y desventajas de comprar al por mayor. Diario Negocio. Obtenido de: <https://www.diarionegocio.es/ventajas-y-desventajas-de-comprar-al-por-mayor/>

Bello, J. León, N. Y Aranda, U. (2021). Pautas para la implementación de la norma ISO 9001 e ISO 22000, BPM/HACCP para el sector primario. Padlet. Obtenido de:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43855/Jcbellohu.pdf?Sequence=1>

Bernal, M. Y Toloza, B. (2021). Propuesta de un modelo para el cálculo del nivel óptimo de inventario en compras de materias primas e insumos, para un Restaurante de Bucaramanga, Santander. Hal. Obtenido de: <https://hal.science/hal-03273173/document>

Bipasha. (2022). The Most Common Flowchart Symbols Explained. Geekflare. Obtenido de: <https://geekflare.com/flowchart-symbols/>

Bruno, S. (2022). Clima. Su influencia sobre las colonias y la flora apícola. Sada Gaceta 647. Obtenido de: <https://sada.org.ar/clima-su-influencia-sobre-las-colonias-y-la-flora-apicola/>

Buissonneau, E., Gómez, J. & Mosquera, J. (2021). Pronóstico de Demanda para la empresa El Parisino S.A.S. Universidad Católica de Pereira. Obtenido de: <https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/8096/1/DDMAE144.pdf>

Buñay, M. (2017) Efecto de la alimentación artificial en abejas Apis Mellifera mediante la utilización de leche en polvo desnatada y jarabe de azúcar, Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8144/1/17T1511.pdf>

Cartier, E. (2017). ¿De qué hablamos cuando hablamos de Costo de Oportunidad? Costos y Gestión. Obtenido de: <http://www.iapuco.org.ar/ojs/index.php/costos-y-gestion/article/view/44/22>

Castañeda, L. & Cardona, M. (2016). Modelo de gestión de inventarios para la cadena de abastecimiento agroindustrial frutícola de Colombia. [Tesis de pregrado]. Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3603/cardonarojasmiguelangel2016.pdf;jsessionid=61A4224BAC8FE38D6BCA98127636777E?Sequence=1>

Castillo, M. (2022). La alimentación de las abejas Apis mellifera. Abejas, Apicultura, Miel, sanidad. Obtenido de: <https://www.ecocolmena.org/la-alimentacion-de-las-abejas-apis-mellifera/>

Castillo, P. (2012). Evolución y perspectivas del complejo apícola en la Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios. Instituto de Investigaciones de Historia Económica y Social. Obtenido de: [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/docuciea/docuciea\\_n8\\_09.pdf](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/docuciea/docuciea_n8_09.pdf)

Castrejón, J. (2019). Gestión de los inventarios y sus beneficios en las empresas productoras. Universidad Peruana Unión. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2482/Judith\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2019.pdf?Sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2482/Judith_Trabajo_Bachiller_2019.pdf?Sequence=1&isallowed=y)

Chaverri, K. Y Núñez, M. (2018). Control interno aplicado a los inventarios de producto terminado, durante el segundo semestre del año 2017, en la empresa Distribuidora Agrocomercial (DAC) Agroalfa, ubicada en Uvita de Orotina. Universidad Técnica Nacional. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/216/Control%20interno%20aplicado%20inventarios%20Agro%20Comercial.pdf?Sequence=1>

Chávez, M. (2020). Modelo de MRP para la reducción de costos de inventarios en la empresa Agroexportaciones Macabí SAC. Sor

Chopra, S., & Meindl, P. (2015). Supply chain management: strategy, planning, and operation. Pearson.

Coallaca, S. (2018). Propuesta de un modelo óptimo para el sistema de gestión de indicadores de rendimiento y de control de inventarios aplicada a una empresa exportadora del sector agroindustrial. [Tesis de pregrado] Universidad Católica de Santa María. Obtenido de: <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/7878/44.0581.II.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES (2020). Política Nacional Logística. Obtenido de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%b3micos/3982.pdf>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR (2023). Histórico de series hidrometeorológicas. Precipitaciones totales mensuales. Obtenido de: <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>

Correa, C y León, J. (2019). Diseño de una mejora en la gestión de inventarios y almacenes para incrementar la disponibilidad de existencias en la empresa Peru Cheese S.R.L - Cajamarca. Universidad Privada del Norte. [Tesis de pregrado] Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/15070/Correa%20S%c3%a1nchez%20Claudia%20Lizeth%20-%20Le%c3%b3n%20Otiniano%20Jordan%20Anthony.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Conforti, M., Cornuéjols, G., & Zambelli, G. (2014). Integer Programming. In Encyclopedia of Operations Research and Management Science. Springer.

Cruz, A. (2019). Estudio de tiempos y movimientos del proceso productivo en la empresa valialbe CIA. LTDA. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2890/1/77056.pdf>

Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. Bioestadística y Epidemiología. Revista chilena de anestesia. Obtenido de: <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>

Degraeve, Z., & Roodhooft, F. (2015). An inventory cost model with complex demand and multiple supply channels. European Journal of Operational Research.

Departamento Nacional de Planeación DNP (2020). Encuesta Nacional Logística. Obtenido de: <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/News/Encuesta%20Nacional%20Logi%CC%81stica%202020.pdf?Ver=2021-09-24-211753-007>

Dore, E. (2021). ¿Qué es la gestión de operaciones? Empieza a mejorar el desempeño de tu empresa. Maplink. Obtenido de: <https://maplink.global/blog/es/gestion-de-operaciones-y-producciones/>

Escobar, J. Linfati, R. Y Jaimes, W. (2017). Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos. Ingeniería y desarrollo. Obtenido de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612017000100219](http://www.scielo.org.co/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0122-34612017000100219)

Estrada, S. Restrepo, L y. Ballesteros, P. (2010). Análisis de los costos logísticos en la administración de la cadena de suministro. Scientia Et Technica. ISSN: 0122-1701. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249050.pdf>

Euroinnova. (2022). *Blog de Tipos de modelos de inventarios*. Obtenido de Euroinnova International Online Education: <https://www.euroinnova.edu.es/blog/tipos-de-modelos-de-inventarios>

Flores, C. Y Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: andersondarling, ryan-joiner, shapiro-wilk y kolmogórov-smirnov. Societas. Obtenido de: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/341/3412237018/3412237018.pdf>

Freshservice (2021). Gestión de inventarios. Obtenido de: <https://freshservice.com/latam/gestion-de-inventarios/>

Gallego, K.,& Hurel, G. (2020). Análisis del ciclo de conversión del efectivo y su incidencia en los estados financieros de la empresa MAVIJU SA. Observatorio de la Economía Latinoamericana.

Giraldo, J. & Sabogal, S. (2021). Propuesta de Mejoramiento de la Gestión de Inventario y Almacenamiento en la Bodega de Concentrados de COGANCEVALLE en el Municipio de Cartago Valle Del Cauca. Universidad del Valle. [Tesis de pregrado] Obtenido de: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/21580/Propuesta%20de%20Mejoramiento%20de%20la%20Gesti%C3%b3n%20de%20Inventario%20y%20Almacenamiento%20en%20la%20Bodega%20de%20Concentrados%20de%20COGANCEVALLE%20en%20el%20Municipio%20de%20Cartago%20Valle%20Del%20Cauca%20%281%29.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Gómez, J. (2022). Modelos de Pronósticos. Obtenido de Todo Estadística: <https://todoestadistica.com/#:~:text=Los%20modelos%20de%20pron%C3%b3stico%20so%20n,ciencias%20y%20con%20distintas%20t%C3%a9cnicas>

González, J. (2017). Gestión de inventarios y almacenes. Editorial Decuma.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.

Haro, J. & Santos, P. (2023). Propuesta de mejora en la gestión de inventarios para disminuir los costos de inventario en el almacén de la empresa Gandules Inc. S.A.C. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13339/Peralta%20Infantes%2c%20Carlo%20Andr%c3%a9.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Hernández, J. Y Zamora, M. (2021). Plan de negocio tecnificado para el desarrollo de la producción apícola en el departamento de Boyacá Colombia, empresa Apibeeza S.A.S. Universidad Santo Tomas [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42588/2021juanhernandez.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*, 6, 2014-2015. Obtenido de: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Homeyer, K. (2019). Inventory Management – The Hidden Costs of Carrying Too Much Inventory. The Balance Small Business.

Hoyos, A. (2019). Universidad Nacional Abierta Y A Distancia (UNAD). Diseñar e implementar proceso administrativo o productivo dentro de la Gestión Agropecuaria para la empresa APIMACIZO (Asociación de Apicultores del Macizo Colombiano). Obtenido de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/31580>

Hudson, N.W. (1997). Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. Food & Agriculture Org (FAO). Obtenido de: <https://www.nzdl.org/cgi-bin/library?E=d-00000-00---off-0aginfo--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11-11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11----0-0-&a=d&c=aginfo&cl=CL2.1&d=HASH89542b537dd989b966e028.6.1>

Indeed Editorial Team. (2022). Differences Between Inputs vs. Outputs (With Definitions). Obtenido de: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/inputs-vs-outputs>

Ingenio Risaralda (2023) Almacenamiento y seguridad. Obtenido de: <https://www.ingeniorisaralda.com/es/almacenamiento-y-seguridad-PG55>

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2007). Guía para el almacenamiento de los insumos agrícolas. Subgerencia de protección y regulación agrícola grupo control y regulación de plaguicidas químicos de uso agrícola. Obtenido de: <https://www.ica.gov.co/getattachment/419f9d55-075d-4291-b493-d2af720e88ee/Publicacion->

Jones, G., & George, J. (2019). Administración contemporánea. Editorial Pearson Educación.

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2018). *Operations management: Processes and supply chains*. Pearson.

Leal, C. (2018). ¿Qué es un kardex? Siigo Software contable. Obtenido de: <https://www.siigo.com/blog/empresario/que-es-un-kardex/>

Londoño, M. (2019). Logística y operaciones en los procesos de compra y venta. Editorial Uniandes.

López-Ruiz, J. A., Montoya-Torres, J. R., & Escudero-Santana, A. (2018). Parallel genetic algorithms to optimize additive methods of time series analysis. *Expert Systems with Applications*, 93, 17-33. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.040>.

Loyola, I. (2022). Diseño de un sistema de control de inventarios basado en el método abc para agro-orgánicos, Riobamba, Ecuador. Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16638/1/82T01234.pdf>

Lozano, R (2020). Diseño de un modelo de gestión de inventarios para la rosa procesada y por procesar, bajo un enfoque de BPM, en una empresa del sector floricultor con factor de deterioro y restricciones de espacio de almacenamiento (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería).

Mankiw, N. (2017). Principios de economía. Cengage Learning Editores.

Manrique, M. Teves, J. Taco, A. & Flores, J. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de*

Gerencia, vol. 24, núm. 88, pp. 1136-1146, Universidad de Zulia. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/html/>

Martell, A. Lobato F. Landa, M. Luna, G. Garcia, L. & Fernandez, G. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas Apis mellifera en la región de Misantla. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Obtenido de: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?Pid=S2007-09342019000601353&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?Pid=S2007-09342019000601353&script=sci_abstract)

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2020). Modelo de Costos de Producción. SEPSA Actividad apicultura. Obtenido de: [http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Documentos/APICULTURA\\_CentralSur\\_2020.pdf](http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Documentos/APICULTURA_CentralSur_2020.pdf)

Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (2021). Situación y perspectivas de las cadenas agroindustriales 2021-2022. Á. Cortelezzi. Anuario de OPYPA 2021 Uruguay. Obtenido de: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2021/analisis-sectorial-cadenas-productivas/situacion>

Ministerio de Salud y Protección Social (2013). Resolución 2674 DE 2013 Requisitos sanitarios y BPM. Obtenido de: <https://www.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-52776a9787f6>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica MIDEPLAN, (2020). Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo. Obtenido de: [https://orion2020.org/archivo/competencias\\_gerenciales/pensamiento\\_sistematico/04\\_diagramasflujo.pdf](https://orion2020.org/archivo/competencias_gerenciales/pensamiento_sistematico/04_diagramasflujo.pdf)

Minchon, J. (2020). Gestión de inventarios para reducir costos logísticos de la empresa Agrícolas Olmos SAC, 2019. Facultad de ingeniería y arquitectura escuela académico profesional de ingeniería industrial. [Tesis de pregrado] Universidad César Vallejo Trujillo, Perú. Obtenido de: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58037/Minchon\\_AJF-SD.pdf?Sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58037/Minchon_AJF-SD.pdf?Sequence=1)

Mira, J. (2022). Método de clasificación ABC: qué es y cómo optimizar el inventario. Toyota Material Handling. Obtenido de: <https://blog.toyota-forklifts.es/clasificacion-abc-para-optimizar-flujos-inventario>

Monczka, R., Handfield, R., Giunipero, L., & Patterson, J. (2015). Purchasing and Supply Chain Management. Cengage Learning. Arizona State University.

Montes, S. (2022). Estos son los desafíos que aún enfrenta el sector logístico ¿Adiós al 'justo a tiempo'? . Forbes Colombia. Economía y finanzas. Obtenido de: <https://forbes.co/2022/07/19/economia-y-finanzas/estos-son-los-desafios-que-aun-enfrenta-el-sector-logistico-adios-al-justo-a-tiempo>

Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons.

Moreno, M. (2020). Gestión de la cadena de suministros y su impacto en los costos logísticos de una mype del sector calzado de la ciudad de trujillo, 2020. Universidad Privada del Norte. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26482/Moreno%20Baqueda%20Miguel%20Alonso-Parcial.pdf?Sequence=1>

Nahmias, S. (2021). Production and operations analysis. Mcgraw-Hill Education.

Neyra, E. (2018). Análisis y propuesta de mejora de sistema de control interno de inventarios en la empresa empacadora Phoenix Fruit S.A.C. (Empresa agroindustrial de zona norte del Perú). [Tesis de pregrado] Universidad de Piura. Obtenido de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4064/TSP\\_cya\\_034.pdf?Sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4064/TSP_cya_034.pdf?Sequence=1)

Nieto, P. (2019). Lean Manufacturing: Revisión histórica. Universidad de Valladolid. Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/228073973.pdf>

Oblitas, D. (2018). Reestructuración del sistema de procedimientos de control, registro y custodia para una óptima gestión de inventarios en la empresa Agroindustrial S.A.C Lima 2017. Facultad de ingeniería y negocios. Linea de investigación Economía, empresa y salud. [Tesis de pregrado]. Universidad Nortbert Wiener. Obtenido de: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2637/TESIS%20Oblitas%20Deysi.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Ortiz, M. García, M. Padalines, M. Rodriguez, R. Murcia, L. (2018). Gestión de inventarios, almacenes y aprovisionamientos. UNAD. Obtenido de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18575/36284840.pdf?Sequence=4>

Pedrosa, J. (2020) Coste de oportunidad, Economipedia. Obtenido de: <https://economipedia.com/definiciones/coste-de-oportunidad.html>

Castro, C. (2003). Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. Obtenido de: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6171/7695>

Peralta, C. (2012). Propuesta de mejora en la gestión de inventarios para el grupo suministros diversos a fin de reducir los costos logísticos de una empresa agroindustrial de La Libertad. Universidad Privada del Norte. Perú. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13339/Peralta%20Infantes%20C%20Carlo%20Andr%C3%A9.pdf?Sequence=1&isallowed=y>

Pérez, T. (2018). Consecuencias y Beneficios de contar con un correcto Control de Inventarios. Asesoft Corporation. Obtenido de: <https://asesoft.com/consecuencias-y-beneficios-de-contar-con-un-correcto-control-de-inventarios/>

Pulido, A. Pizarro, A. Padilla, M. Sánchez, M. De la Rosa, L. (2020). An optimization approach for inventory costs in probabilistic inventory models: A case study. Ingeniare. Obtenido de: [https://www.scielo.cl/scielo.php?Pid=S0718-33052020000300383&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?Pid=S0718-33052020000300383&script=sci_arttext&tlng=en)

Remache, J., Ocampo, W., Sandoya, E. & Encalada, G. (2020). Control de los inventarios en las empresas agrícolas. Polo del Conocimiento (Edición núm. 53) Vol. 5, No 1. Pp. 774-788. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8042582.pdf>

Rodriguez, A. (2019). Evolution of inventory management through history and current trends. Universidad Distrital. Obtenido de: [https://www.academia.edu/43200619/Evoluci%C3%B3n\\_de\\_la\\_administraci%C3%B3n\\_de\\_inventarios](https://www.academia.edu/43200619/Evoluci%C3%B3n_de_la_administraci%C3%B3n_de_inventarios)

[Evolución de inventarios a través de la historia y tendencias actuales](#)  
[Evolution of inventory management through history and current trends](#)

Rojas, C. Y Salazar, A. (2018). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para reducir el tiempo de paradas de máquina en una empresa fabricante de plásticos en el Perú. Universidad Ricardo Palma. [Tesis de pregrado] Obtenido de: [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3363/IND-T030\\_44719533\\_T%20%20%20ADOLFO%20JEAN%20PIERRE%20SALAZAR%20LARA.pdf?Sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3363/IND-T030_44719533_T%20%20%20ADOLFO%20JEAN%20PIERRE%20SALAZAR%20LARA.pdf?Sequence=1&isallowed=y)

Rojas, J. (2016). Propuesta para la implementación de una política de inventario, mediante el uso del modelo probabilístico de revisión continua para una compañía del sector de la construcción. Universidad Militar Nueva Granada [Tesis de posgrado] Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/143452285.pdf>

Saldarriaga, D. (2020). Modelos de stocks con demandas determinísticas. Virtualclass. Obtenido de: <https://zonalogistica.com/wp-content/uploads/2020/04/NT-CGIP-L8-0120-Modelos-de-Stock-con-Demanda-Determin%C3%adstica.pdf>

Sánchez, H. Chavéz, M. Cucuri, M. Estanga, M. & Molina, L. (2020). Metodología 6 sigma para la optimización de procesos agroindustriales. Revista espacios. Obtenido de: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n32/a20v41n32p04.pdf>

Sedano, S. & Suarez, C. (2019). Diseño e implementación de un modelo de gestión de compras e inventarios de los materiales de embalaje de espárrago fresco para reducir los costos logísticos de una empresa agroindustrial de la libertad en el año 2018. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13251/SEDANO%20ROSA\\_S%2C%20SHEYLA%3B%20SU%C3%81REZ%20GRADOS%2C%20CARLOS.pdf?Sequence=1&isallowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13251/SEDANO%20ROSA_S%2C%20SHEYLA%3B%20SU%C3%81REZ%20GRADOS%2C%20CARLOS.pdf?Sequence=1&isallowed=y)

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (2021). Inventory management and production planning and scheduling. John Wiley & Sons.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2019). Administration of Operations. Pearson Educación.

Staempfli, E. (2014). Aplicaciones logísticas en la apicultura. INSTITUTO UNIVERSITARIO AERONÁUTICO. [Tesis de pregrado]. Obtenido de: <https://repo.iaa.edu.ar/bitstream/123456789/867/1/TFG%20Aplicaciones%20Log%20c3%adsticas%20en%20Apicultura.pdf>

Taha, H. A. (2016). Operations Research: An Introduction (10th ed.). Pearson.

Telesto. (2021). Todo sobre los productos perecederos en la gestión de inventarios. Telesto Inventory Management solution. Obtenido de: <https://www.telesto.app/blog/2021/05/28/todo-sobre-los-productos-perecederos-en-la-gestion-de-inventario>

Tello, J. (2020). ¿Por qué son importantes las empresas en la economía?. Expansión mx. Obtenido de: <https://expansion.mx/opinion/2020/05/20/por-que-son-importantes-las-empresas-en-la-economia>

Torres, J. Y González, G. (2016). Cambios contables y financieros en inventarios con ocasión de la implementación de las niif en Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. [Tesis de posgrado]. Obtenido de: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3694/Cambios%20contables%20y%20financieros%20en%20inventarios%20con%20o%20casi%20%20de%20la%20implementaci%20%20de%20las%20NIIF%20en%20Co.pdf?Sequence=1>

Universidad Autónoma de Aguascalientes (2015). Matemáticas iv. Estadística y Principios de Probabilidad. Estadística descriptiva. Obtenido de: [https://www.uaa.mx/centros/cem/dmf/wp-content/uploads/2015/apuntes/4.%20Estadistica%20y%20Principios%20de%20Pr obabilidad/Apuntes%20Estadistica.pdf](https://www.uaa.mx/centros/cem/dmf/wp-content/uploads/2015/apuntes/4.%20Estadistica%20y%20Principios%20de%20Probabilidad/Apuntes%20Estadistica.pdf)

Universidad de Salamanca. (2012). Descriptiva: Medidas de Dispersión. Recuperado de: <http://campus.usal.es/~torres/datasal/descriptiva/dispers.htm>

Vanegas, O. & Gaitán, A. (2020). *Los problemas del sector agrícola colombiano*. Para saber en serio lo que pasa en Colombia. Obtenido de: <https://razonpublica.com/los-problemas-del-sector-agricola-colombiano/>

Villanueva, I. (2019). Control de existencias y su incidencia en la rotación de inventarios de la Empresa Agroindustrias Campolindo S.A.C. del Distrito de Nueva

Cajamarca, Rioja – 2018. (Tesis de pregrado] Obtenido de:  
<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3606/1/CONTABILIDAD%20-%20Ingrid%20Yuleysi%20Villanueva%20Ramos.pdf>

Woods, D. (2018). Inventory management: the lifeblood of any supply chain. Supply Chain Quarterly.

## 8. ANEXOS

Anexo A. Recolección de datos Kardex de compras, demanda y existencias de azúcar

### Finca Apícola R&R

Polen y material biológico (20

**Producto:** colmenas)

No.	Fecha		Detalle (que producto y marca)	Compras		Demanda	Existencias	
	Mes	Día		Cantidad	Valor en pesos	Cantidad	Cantidad	Valor en pesos
1	May	7	Azúcar (bulto)				1	\$ 166,900
2	May	14	Azúcar (bulto)			0.418	0.582	\$ 97,136
3	May	16	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		1.582	\$ 264,036
4	May	21	Azúcar (bulto)			0.418	1.164	\$ 194,272
5	May	27	Azúcar (bulto)			0.418	0.746	\$ 124,507
6	Jun	1	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		1.746	\$ 291,407
7	Jun	4	Azúcar (bulto)			0.418	1.328	\$ 221,643
8	Jun	11	Azúcar (bulto)			0.418	0.91	\$ 151,879
9	Jun	18	Azúcar (bulto)			0.418	0.492	\$ 82,115
10	Jun	22	Azúcar (bulto)	2	\$ 333,800		2.492	\$ 415,915
11	Jun	25	Azúcar (bulto)			0.418	2.074	\$ 346,151
12	Jul	2	Azúcar (bulto)			0.418	1.656	\$ 276,386
13	Jul	9	Azúcar (bulto)			0.42	1.236	\$ 206,288
14	Jul	12	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.236	\$ 373,188
15	Jul	16	Azúcar (bulto)			0.42	1.816	\$ 303,090

16	Jul	23	Azúcar (bulto)			0.42	1.396	\$ 232,992
17	Jul	30	Azúcar (bulto)			0.36	1.036	\$ 172,908
18	Ago	2	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.036	\$ 339,808
19	Ago	6	Azúcar (bulto)			0.42	1.616	\$ 269,710
20	Ago	13	Azúcar (bulto)			0.42	1.196	\$ 199,612
21	Ago	18	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.196	\$ 366,512
22	Ago	20	Azúcar (bulto)			0.42	1.776	\$ 296,414
23	Ago	27	Azúcar (bulto)			0.42	1.356	\$ 226,316
24	Sep	3	Azúcar (bulto)			0.336	1.02	\$ 170,238
25	Sep	6	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.02	\$ 337,138
26	Sep	10	Azúcar (bulto)			0.42	1.6	\$ 267,040
27	Sep	17	Azúcar (bulto)			0.42	1.18	\$ 196,942
28	Sep	19	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.18	\$ 363,842
29	Sep	24	Azúcar (bulto)			0.42	1.76	\$ 293,744
30	Oct	1	Azúcar (bulto)			0.336	1.424	\$ 237,666
31	Oct	8	Azúcar (bulto)			0.336	1.088	\$ 181,587
32	Oct	13	Azúcar (bulto)	2	\$ 333,800		3.088	\$ 515,387
33	Oct	15	Azúcar (bulto)			0.336	2.752	\$ 459,309
34	Oct	22	Azúcar (bulto)			0.336	2.416	\$ 403,230
35	Oct	29	Azúcar (bulto)			0.336	2.08	\$ 347,152
36	Nov	4	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		3.08	\$ 514,052
37	Nov	5	Azúcar (bulto)			0.418	2.662	\$ 444,288
38	Nov	12	Azúcar (bulto)			0.418	2.244	\$ 374,524
39	Nov	19	Azúcar (bulto)			0.418	1.826	\$ 304,759
40	Nov	26	Azúcar (bulto)			0.418	1.408	\$ 234,995
41	Dic	2	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.408	\$ 401,895

42	Dic	3	Azúcar (bulto)			0.42	1.988	\$ 331,797
43	Dic	10	Azúcar (bulto)			0.42	1.568	\$ 261,699
44	Dic	15	Azúcar (bulto)	1	166900		2.568	\$ 428,599
45	Dic	17	Azúcar (bulto)			0.38	2.188	\$ 365,177
46	Dic	23	Azúcar (bulto)			0.42	1.768	\$ 295,079
47	Dic	30	Azúcar (bulto)			0.4	1.368	\$ 228,319
48	Ene	5	Azúcar (bulto)	1	166900		2.368	\$ 395,219
49	Ene	7	Azúcar (bulto)			0.4	1.968	\$ 328,459
50	Ene	14	Azúcar (bulto)			0.4	1.568	\$ 261,699
51	Ene	17	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.568	\$ 428,599
52	Ene	21	Azúcar (bulto)			0.4	2.168	\$ 361,839
53	Ene	28	Azúcar (bulto)			0.4	1.768	\$ 295,079
54	Feb	4	Azúcar (bulto)			0.336	1.432	\$ 239,001
55	Feb	11	Azúcar (bulto)			0	1.432	\$ 239,001
56	Feb	15	Azúcar (bulto)	1	\$ 166,900		2.432	\$ 405,901
57	Feb	18	Azúcar (bulto)			0.4	2.032	\$ 339,141
58	Feb	25	Azúcar (bulto)			0.4	1.632	\$ 272,381
<b>TOTAL</b>				<b>17</b>	<b>\$ 2,837,300</b>	<b>16.368</b>	<b>102.72</b>	<b>\$ 17,143,968</b>

Anexo B. Tiempos y movimientos del proceso de realizar un pedido

Ítem	Descripción de la actividad	Fecha toma de tiempos (minutos)			Resumen		Observaciones
		1: 07/08/2022	2: 01/10/2022	3: 27/11/2022	Total	Promedio	
1	Identificar los insumos faltantes	29	40	37	106	35.33	
2	Hacer un listado de los insumos faltantes y las cantidades	14	18	21	53	17.67	
3	Hacer cotizaciones con los diferentes proveedores	20	25	19	64	21.33	
4	Calcular un presupuesto (según cantidades y dinero disponible)	120	100	113	333	111	
5	Elegir el almacén ubicado en Sesquilé	10	20	16	46	15.33	
6	Transportarse al almacén	30	38	29	97	32.33	
7	Seleccionar los productos a comprar	15	18	18	51	17	
8	Realizar pago	5	9	10	24	8	1. Efectivo 2 y 3. Transferencia
9	Transportarse a la Bodega 1	32	40	25	97	32.33	
10	Descargar productos en Bodega 1	7	6	9	22	7.33	
	<b>Total</b>	<b>282</b>	<b>314</b>	<b>297</b>		<b>297.67</b>	

Anexo C. Tiempos y movimientos del proceso de almacenar

Item	Descripción de la actividad	Fecha toma de tiempos (minutos)			Resumen	
		1: 07/08/2022	2: 01/10/2022	3:27/11/2022	Total	Promedio
1	Retirar los insumos almacenados de sus estantes	5	3	2	10	3.33
2	Limpiar el polvo y barrer	22	19	16	57	19
3	Trapear con productos desinfectantes e inoloros	10	16	12	38	12.67
4	Planear la ubicación de los productos por llegar teniendo en cuenta los existentes	6	7	10	23	7.67
5	Reubicar los insumos de acuerdo al espacio asignado y los productos por llegar	3	2	3	8	2.67
6	Organizar todos los productos según la prioridad de uso (siguiendo método FIFO)	8	5	7	20	6.67
<b>Total</b>					156	52.01

Anexo D. Costos de pedido

Ítem	Descripción del costo	Costo de pedido en pesos			Promedio	Observaciones
		1: 07/08/2022	2: 01/10/2022	3: 27/11/2022		
1	Costo de transporte	\$4,000.00	\$4,000.00	\$4,000.00	\$4,000.00	
2	Costo de oportunidad por realizar compras y contabilidad	\$28,145.83	\$29,604.17	\$30,041.67	\$29,263.89	480 minutos son 8h
3	Costo de oportunidad por recepción de materia prima	\$12,979.17	\$5,395.83	\$4,423.61	\$7,599.54	480 minutos son 8h
4	Costo de papelería	\$500.00	\$500.00	\$500.00	\$500.00	
<b>Costo de hacer un pedido de azúcar</b>					<b>\$41,363.43</b>	

Anexo E. Costos de almacenamiento

ítem	Descripción del costo	Costo de almacenamiento			Promedio	Observaciones
		1: 07/08/2022	2: 01/10/2022	3: 27/11/2022		
1	Costo de oportunidad por espacio (arriendo)	\$300,000	\$300,000	\$300,000	\$300,000	
2	Costo de seguros e impuestos	\$3,500	\$3,500	\$3,500	\$3,500	
3	Costo de mantenimiento de la bodega (limpieza)	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	
4	Costo de servicios públicos	\$30,000	\$26,750	\$27,900	\$28,217	
5	Costo de oportunidad de mantenimiento y almacén	\$10,938	\$9,333	\$9,188	\$9,819	480 minutos son 8h
6	Costo de infraestructura interna	\$297,500	\$295,000	\$292,500	\$295,000	Depreciación
7	Costo de papelería	\$1,850	\$1,000	\$1,403	\$1,418	
	Unidades en inventario (bulto)	29	29	29	29	
<b>Total de costo de almacenamiento mensual de azúcar</b>					<b>\$22,688</b>	
<b>Total de costo de almacenamiento por bulto de azúcar semanal</b>					<b>\$5,672.02</b>	

Anexo F. Datos históricos de lluvia (mm) (Guatavita, represa de Tominé)

<b>Mes</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
<b>Enero</b>	8.6	17.1	37.3	19.8	55.3	9.7	131.2	94.3	9.6	21.1	88.2
<b>Febrero</b>	96.9	22.2	22.7	33.4	26.1	24.4	57	10.8	6.5	59.9	37.8
<b>Marzo</b>	54.4	111	71.9	43	38.1	26	171.7	23.8	60.4	73.1	131.7
<b>Abril</b>	113.1	49.3	99	99.8	44	110.2	77.9	61.3	25.1	81.4	39.6
<b>Mayo</b>	115.1	32.3	26.3	96	96.9	111.7	138.1	46.5	152.2	50.7	85.1
<b>Junio</b>	36.2	41.3	26.5	56.7	87.5	50.2	45.7	70.3	40.4	78.4	71.9
<b>Julio</b>	35.6	87.2	41.4	54	59.6	41.2	97.7	52.2	76.7	18.8	59.7
<b>Agosto</b>	34.2	69.8	39.4	45	57.1	180	58.2	24.9	30.6	85.1	66.6
<b>Septiembre</b>	7.6	22.3	44.6	29.1	36.4	28.4	49.1	14.3	40.4	124.9	107.2
<b>Octubre</b>	136.8	74.5	9.2	53.4	153.4	58.2	104.1	24.1	46.6	178.3	72.9
<b>Noviembre</b>	29.8	112.1	178.5	66.7	72.3	56.7	75	21.7	49.5	92.4	67.9
<b>Diciembre</b>	70.4	30.6	33.5	8.7	58.8	76.4	42	4.6	89.7	21.7	22.9

<b>Mes</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Enero</b>	0	36.5	16	89.9	5.4	41.8		26.9	37.6	0.5	53.2
<b>Febrero</b>	69.8	24.9		0	0	51.1		51.4	31.2	24.7	180.4
<b>Marzo</b>	6.7	59.8	12.3	31.4	21	87.6		76.3	75.2	24.3	152
<b>Abril</b>		35.4	53.9	73.8	92	116.3	9.9	36.7	82.9	122	262
<b>Mayo</b>	11.8	109.8	83.8	101.1	139.1	142.7	53.6	144.7	49.8	109.8	95.9
<b>Junio</b>	36	88.3	34.1	19.1	37.2	38.5	64.7	104.3	10	87.1	61.4
<b>Julio</b>	39.5	55.1	59.4		9		37	89.7		107.7	53.2
<b>Agosto</b>	27.2	55.1	43.8		11.2		65.5	79.2		48.7	15.3
<b>Septiembre</b>	62.3	51.7	61.7		44.4	32.3	29.3			72.7	46.8
<b>Octubre</b>	81.4	136.1	112.4		80.7	85.9	121.2	51.2		120.1	158.9
<b>Noviembre</b>	62.4	21.2	0	110	175.9	0.4	57.5	174.2	0	152.6	216.5
<b>Diciembre</b>	65	8.7	122	0	4.2	18.8	111.7	53.2	0.5	62.9	66.3

<b>Mes</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>Enero</b>	73.1	2.6	49.2	14.3	31.5	33.1	36.9		33.4	7.9	50
<b>Febrero</b>	36	61.8	44.3	38.2	6.9	34.8	44.8	12.6	113.5	65.7	110
<b>Marzo</b>	92	50	122.2	25.4	36.4	124.6	72.7	40.1	152.6	75.1	45
<b>Abril</b>	183	80.3	56.2	40.8	142.5	46.3	122.8	89.6	54.7	66.8	50
<b>Mayo</b>	45.6	138	98.3	4.3	65.9	124.2	82	57.8	47.4	151.5	120
<b>Junio</b>	48.8	22.1	75.1	101.3	33.5	103.8	68.6	90.4	77.3	94.8	178
<b>Julio</b>	110.7	42.2	54	59.9	58.4	35.8	82.1	44.6	84	67.9	78
<b>Agosto</b>	44.1	56.3	33	27.7	38.9	30.1	44	23.2	12.6	132.3	40
<b>Septiembre</b>	24.1	29.1	19.4	20.3	57.7	29.7	35.8	56.2	36.7	32.6	70
<b>Octubre</b>	88.3	43.4	25.7	11.9	75.3	42.7	51.9	53.9	46.4	105.2	210
<b>Noviembre</b>	58.2	157.7	53.6	38.2	92.2	75.3	56.2	81.6	129.3	104.5	160
<b>Diciembre</b>	47.9	55.1	49.6	11.1	52.6	79.7	0	25.4	29.1	15.8	20

Fuente: CAR (2023)

Anexo G. Pronóstico de Lluvias de 2023 a 2033

Mes	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
ene		59,2074	54,7005	50,1936	45,6868	41,1799	36,673	32,1661	27,6593	23,1524	18,6455
feb		50,7801	46,89	43	39,1099	35,2198	31,3298	27,4397	23,5496	19,6596	15,7695
mar		42,5327	39,2535	35,9743	32,6951	29,4159	26,1367	22,8575	19,5783	16,2991	13,0199
abr		81,4777	75,1553	68,8329	62,5105	56,1881	49,8657	43,5432	37,2208	30,8984	24,576
may		88,8552	81,9154	74,9757	68,0359	61,0962	54,1564	47,2167	40,2769	33,3372	26,3974
jun		44,7837	41,2631	37,7425	34,2219	30,7013	27,1807	23,6601	20,1395	16,6189	13,0983
jul	38,8141	35,9679	33,1217	30,2755	27,4292	24,583	21,7368	18,8906	16,0444	13,1982	
ago	45,954	42,5635	39,173	35,7825	32,392	29,0015	25,6111	22,2206	18,8301	15,4396	
sept	75,8849	70,2515	64,618	58,9846	53,3512	47,7177	42,0843	36,4509	30,8175	25,184	
oct	90,3983	83,6457	76,8931	70,1404	63,3878	56,6352	49,8826	43,1299	36,3773	29,6247	
nov	98,2254	90,8421	83,4588	76,0756	68,6923	61,3091	53,9258	46,5426	39,1593	31,776	
dic	66,0764	61,0784	56,0803	51,0823	46,0842	41,0862	36,0882	31,0901	26,0921	21,094	



Pronóstico empleado para los modelos (may 2024 – feb 2025)

Anexo H. Modelo actual

Mes-año	ri (pronóstico lluvias)	Lluvias	Demanda (bultos)	Cantidad a pedir (bultos)	Existencias en inv	Costo de almacenar
abr-24					1,50	
may-24	88,8552	Altas	0,44	2	3,06	\$ 17.356,38
may-24	88,8552	Altas	0,44	0	2,62	\$ 14.860,69
may-24	88,8552	Altas	0,44	0	2,18	\$ 12.365,00
may-24	88,8552	Altas	0,44	1	2,74	\$ 15.541,33
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0	2,32	\$ 13.159,09
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0	1,90	\$ 10.776,84
jun-24	44,7837	Prom	0,42	1	2,48	\$ 14.066,61
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0	2,06	\$ 11.684,36
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0	1,66	\$ 9.415,55
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0	1,26	\$ 7.146,75
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	1	1,86	\$ 10.549,96
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0	1,46	\$ 8.281,15
ago-24	42,5635	Prom	0,42	1	2,04	\$ 11.570,92
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0	1,62	\$ 9.188,67
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0	1,20	\$ 6.806,42
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0	0,78	\$ 4.424,18
sep-24	70,2515	Altas	0,44	1	1,34	\$ 7.600,51
sep-24	70,2515	Altas	0,44	0	0,90	\$ 5.104,82
sep-24	70,2515	Altas	0,44	1	1,46	\$ 8.281,15
sep-24	70,2515	Altas	0,44	0	1,02	\$ 5.785,46

oct-24	83,6457	Altas	0,44	1	1,58	\$ 8.961,79
oct-24	83,6457	Altas	0,44	2	3,14	\$ 17.810,14
oct-24	83,6457	Altas	0,44	0	2,70	\$ 15.314,45
oct-24	83,6457	Altas	0,44	0	2,26	\$ 12.818,77
nov-24	90,8421	Altas	0,44	1	2,82	\$ 15.995,10
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0	2,38	\$ 13.499,41
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0	1,94	\$ 11.003,72
nov-24	90,8421	Altas	0,44	1	2,50	\$ 14.180,05
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0	2,08	\$ 11.797,80
dic-24	61,0784	Prom	0,42	1	2,66	\$ 15.087,57
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0	2,24	\$ 12.705,32
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0	1,82	\$ 10.323,08
ene-25	54,7005	Prom	0,42	1	2,40	\$ 13.612,85
ene-25	54,7005	Prom	0,42	0	1,98	\$ 11.230,60
ene-25	54,7005	Prom	0,42	1	2,56	\$ 14.520,37
ene-25	54,7005	Prom	0,42	0	2,14	\$ 12.138,12
feb-25	46,89	Prom	0,42	0	1,72	\$ 9.755,87
feb-25	46,89	Prom	0,42	0	1,30	\$ 7.373,63
feb-25	46,89	Prom	0,42	1	1,88	\$ 10.663,40
feb-25	46,89	Prom	0,42	0	1,46	\$ 8.281,15

Anexo I. Modelo EOQ

Mes-año	ri (pronóstico lluvias)	Lluvias	Demanda (bultos)	Cantidad a pedir (bultos)	Existencias en inv	Costo de almacenar
abr-24					0,005	
may-24	88,8552	Altas	0,44	2,50	2,07	\$ 11.714,90
may-24	88,8552	Altas	0,44	0,00	1,63	\$ 9.219,21
may-24	88,8552	Altas	0,44	0,00	1,19	\$ 6.723,52
may-24	88,8552	Altas	0,44	0,00	0,75	\$ 4.227,83
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0,00	0,33	\$ 1.845,59
jun-24	44,7837	Prom	0,42	2,50	2,41	\$ 13.643,39
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0,00	1,99	\$ 11.261,14
jun-24	44,7837	Prom	0,42	0,00	1,57	\$ 8.878,89
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0,00	1,17	\$ 6.610,08
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0,00	0,77	\$ 4.341,27
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	0,00	0,37	\$ 2.072,47
jul-24	35,9679	Bajas	0,4	2,50	2,47	\$ 13.983,71
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0,00	2,05	\$ 11.601,46
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0,00	1,63	\$ 9.219,21
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0,00	1,21	\$ 6.836,96
ago-24	42,5635	Prom	0,42	0,00	0,79	\$ 4.454,71
sep-24	70,2515	Altas	0,44	0,00	0,35	\$ 1.959,03
sep-24	70,2515	Altas	0,44	2,50	2,41	\$ 13.643,39
sep-24	70,2515	Altas	0,44	0,00	1,97	\$ 11.147,70
sep-24	70,2515	Altas	0,44	0,00	1,53	\$ 8.652,01

oct-24	83,6457	Altas	0,44	0,00	1,09	\$ 6.156,32
oct-24	83,6457	Altas	0,44	0,00	0,65	\$ 3.660,63
oct-24	83,6457	Altas	0,44	0,00	0,21	\$ 1.164,94
oct-24	83,6457	Altas	0,44	2,50	2,27	\$ 12.849,30
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0,00	1,83	\$ 10.353,62
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0,00	1,39	\$ 7.857,93
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0,00	0,95	\$ 5.362,24
nov-24	90,8421	Altas	0,44	0,00	0,51	\$ 2.866,55
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0,00	0,09	\$ 484,30
dic-24	61,0784	Prom	0,42	2,50	2,17	\$ 12.282,10
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0,00	1,75	\$ 9.899,85
dic-24	61,0784	Prom	0,42	0,00	1,33	\$ 7.517,61
ene-25	54,7005	Prom	0,42	0,00	0,91	\$ 5.135,36
ene-25	54,7005	Prom	0,42	0,00	0,49	\$ 2.753,11
ene-25	54,7005	Prom	0,42	0,00	0,07	\$ 370,86
ene-25	54,7005	Prom	0,42	2,50	2,15	\$ 12.168,66
feb-25	46,89	Prom	0,42	0,00	1,73	\$ 9.786,41
feb-25	46,89	Prom	0,42	0,00	1,31	\$ 7.404,17
feb-25	46,89	Prom	0,42	0,00	0,89	\$ 5.021,92
feb-25	46,89	Prom	0,42	0,00	0,47	\$ 2.639,67

Anexo J. Modelo programación lineal entera mixta

Semana	Demanda total Dt(f)	Lote solicitado Q(f)	Existencias en Inventario I(f)	Número de pedidos Z(f)
abr-24	0		0,0054	
may-24	0,44	2,6	2,17	1
may-24	0,44	0,0	1,73	0
may-24	0,44	0,0	1,29	0
may-24	0,44	0,0	0,85	0
jun-24	0,42	0,0	0,43	0
jun-24	0,42	0,0	0,01	0
jun-24	0,42	2,4	2,03	1
jun-24	0,42	0,0	1,61	0
jul-24	0,4	0,0	1,21	0
jul-24	0,4	0,0	0,81	0
jul-24	0,4	0,0	0,41	0
jul-24	0,4	0,0	0,01	0
ago-24	0,42	2,1	1,71	1
ago-24	0,42	0,0	1,29	0
ago-24	0,42	0,0	0,87	0
ago-24	0,42	0,0	0,45	0
sep-24	0,44	0,0	0,01	0
sep-24	0,44	2,2	1,77	1
sep-24	0,44	0,0	1,33	0
sep-24	0,44	0,0	0,89	0
oct-24	0,44	0,0	0,45	0

oct-24	0,44	0,0	0,01	0
oct-24	0,44	2,6	2,21	1
oct-24	0,44	0,0	1,77	0
nov-24	0,44	0,0	1,33	0
nov-24	0,44	0,0	0,89	0
nov-24	0,44	0,0	0,45	0
nov-24	0,44	0,0	0,01	0
dic-24	0,42	2,5	2,11	1
dic-24	0,42	0,0	1,69	0
dic-24	0,42	0,0	1,27	0
dic-24	0,42	0,0	0,85	0
ene-25	0,42	0,0	0,43	0
ene-25	0,42	0,0	0,01	0
ene-25	0,42	2,5	2,11	1
ene-25	0,42	0,0	1,69	0
feb-25	0,42	0,0	1,27	0
feb-25	0,42	0,0	0,85	0
feb-25	0,42	0,0	0,43	0
feb-25	0,42	0,0	0,01	0

Anexo K. Tratamientos para el análisis ANOVA

	Modelo actual	EOQ	Program lineal
	a1	a2	a3
R1	\$ 3.919.907,64	\$ 3.509.321,79	\$ 3.362.756,78
R2	\$ 3.613.958,88	\$ 3.498.293,42	\$ 3.348.951,02
R3	\$ 3.631.542,14	\$ 3.501.666,83	\$ 3.344.365,18