



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Diseño de modelo de pronóstico y política de control de
inventario para alimentos balanceados en una empresa
ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Presentada por:

Karen Lisette Velastegui Villota

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Jenny Gutiérrez L., Ph.D.

Profesor de Materia

María Belén Segovia N., MSc.

Tutor de proyecto

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Karen Lisette Velastegui Villota acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de marzo del 2025.

Karen Lisette Velastegui Villota

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una empresa de balanceado ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, donde se evidenció la necesidad de proponer un modelo de pronóstico y política de control de inventario para los productos que pertenecían al negocio AGRI debido a que, en los últimos tres años, la empresa ha reportado un total de 298423.65Kg de sobrestock y 4263195 Kg de stockout. Como objetivo general se diseñaron modelos de pronósticos y política de control de inventarios para mejorar los niveles de inventario de los productos terminados en una empresa de balanceado ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, logrando una mejora de la precisión de la demanda de 63% a 78%, una disminución de sobrestock de inventario del 0.14% al menos al 0.09% y reducción de stockout de 2% al menos al 1.5%. Se utilizó la metodología SCOR DS, la cual comprende cinco etapas: Análisis inicial (Involucrar), Selección del modelo de pronóstico y política de control de inventario (Definir y analizar), planificar la implementación, desarrollo del modelo de pronóstico y política de control de inventario y resultados de la implementación (Lanzar). Primero, se llevó a cabo una reunión kick off con las partes interesadas del proceso donde indicaron el problema actual de la empresa, así como también sus requerimientos. Luego, se realizó una clasificación ABC de todos los productos, para segregar los productos tipo A del volumen de ventas total de los años 2022, 2023 y 2024 en el área de Negocio AGRI. Segundo, se realizó la selección del modelo de pronóstico mediante el planteamiento de un modelo matemático en el Software Wolfram Mathematica utilizando la función "Time Series Model Fit", para saber cuál método de pronóstico se ajustaba mejor a sus datos. Para la selección de la política de control de inventario, se planteó una tabla de decisión con variables como demanda y tipo de producto, en la cual se propusieron dos políticas de control de inventario Política (T, S) y Newsvendor Model; como los datos tenían una demanda inestable y el tipo de producto era perecible, el Newsvendor Model quedó como política seleccionada. Tercero, se estableció el plan de implementación, en el cual se detalló el número de fase, las actividades a realizar, la semana de cumplimiento y responsable de ejecutar cada actividad. Cuarto, se desarrolló el modelo de pronóstico y política de control de inventario. Para el modelo de pronóstico, al ejecutar el modelo matemático se obtuvieron los datos pronosticados para los siguientes 12 meses (Año 2025), y para la política de control de inventario se obtuvieron las cantidades óptimas a pedir mensualmente.

Como quinto paso, se obtuvieron los resultados de la implementación; al tener los pronósticos y ajustarlos acorde a la retroalimentación recibida por parte de la jefatura de IBP, el equipo Comercial y de Marketing se obtuvo una mejora en el indicador de Forecast Accuracy de 63% a 68%, en el indicador de Sobrestock de 0.14% a 0.07% y en el indicador de Stockout de 2% a 1.5% en promedio para el año 2025. . Por lo tanto, se cumplieron los objetivos del proyecto,

Palabras claves: Modelo matemático, modelos de pronóstico, Newsvendor Model, Forecast Accuracy, sobrestock, stockout.

ABSTRACT

The present project was carried out in a balancing company located in the Durán canton of the province of Guayas, where the need to propose a forecasting model and inventory control policy for products belonging to the AGRI business became evident because, in the last three years, the company has reported a total of 298423.65Kg of overstock and 4263195 Kg of stockout. As a general objective, forecasting models and inventory control policy were designed to improve the inventory levels of finished products in a balancing company located in the Durán canton of the Guayas province, achieving an improvement in demand accuracy from 63% to 78%, a decrease in overstock inventory from 0.14% to at least 0.09% and a reduction of stockout from 2% to at least 1.5%.

The SCOR DS methodology was used, which comprises five stages: Initial analysis (Engage), Selection of the forecast model and inventory control policy (Define and analyze), planning the implementation, development of the forecast model and inventory control policy, and results of the implementation (Launch). First, a kickoff meeting was held with the process stakeholders where they indicated the company's current problem as well as their requirements. Then, an ABC classification of all products was performed to segregate type A products from the total sales volume for the years 2022, 2023 and 2024 in the AGRI Business area. Second, the selection of the forecast model was carried out through the approach of a mathematical model in Wolfram Mathematica Software using the "Time Series Model Fit" function, in order to know which, forecast method best fit their data. For the selection of the inventory control policy, a decision table with variables such as demand and type of product was proposed, in which two inventory control policies were proposed Policy (T, S) and Newsvendor Model; as the data had an unstable demand and the type of product was perishable, the Newsvendor Model was the selected policy. Thirdly, the implementation plan was established, detailing the number of phases, the activities to be carried out, the week of compliance and the person responsible for executing each activity. Fourth, the forecasting model and the inventory control policy were developed. For the forecasting model, by running the mathematical model, the forecast data for the next 12 months (Year 2025) were obtained, and for the inventory control policy, the optimal quantities to be ordered monthly were obtained.

As a fifth step, the results of the implementation were obtained; by having the forecasts available and adjusting them according to the feedback received from the IBP management, the Sales and Marketing team, an improvement was obtained in the Forecast Accuracy indicator from 63% to 68%, in the Overstock indicator from 0.14% to 0.07% and in the Stock Breakage indicator from 2% to 1.5% on average for the year 2025. , . Therefore, the objectives of the project have been met.

Keywords: Mathematical model, forecasting models, Newsvendor Model, Forecast Accuracy, overstock, stockout,

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ABREVIATURAS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
CAPÍTULO 1.....	1
1. GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Alcance	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. METODOLOGÍA.....	5
2.1 Descripción de la metodología	5
2.2 Cronograma	6
2.3 Metodología	7
2.3.1 Clasificación ABC.....	7
2.3.2 Análisis de tendencia y estacionalidad	8
2.3.3 Matriz de Impacto y Esfuerzo.....	12
2.3.4 Selección de Método de pronóstico y política de control de inventario	
14	
2.3.5 Plan de implementación	17
2.3.6 Desarrollo de modelo de pronóstico	18

2.3.7	Desarrollo de la política de control de inventario	20
2.3.8	Líneas de acción	25
2.3.9	Configurar parámetros en el ERP	25
CAPÍTULO 3.....		26
3.	RESULTADOS	26
3.1	Análisis de sensibilidad.....	26
3.2	Indicadores	28
3.3	Análisis Financiero.....	30
CAPÍTULO 4.....		32
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
4.1	Conclusiones.....	32
4.2	Recomendaciones	33
ANEXOS.....		34
ANEXO A.....		34

ABREVIATURAS

IBP: Integrated Business Planning

FA: Forecast Accuracy

SCOR DS: Supply Chain Operations Reference Digital Standard

ERP: Software de Planificación de Recursos Empresariales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Familia de productos 1.....	1
Figura 1.2 % Forecast Accuracy promedio 1.....	2
Figura 1.3 % de Sobrestock y stockout 1	3
Figura 2.1 Diagrama de Pareto 1.....	7
Figura 2.2 Volumen de Ventas 1.....	8
Figura 2.3 Gráfica Patrones estacionales 1.....	8
Figura 2.4 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698015) Años 2022, 2023 y 2024	9
Figura 2.5 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14024955) Años 2022, 2023 y 2024	9
Figura 2.6 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698005) Años 2022, 2023 y 2024	10
Figura 2.7 Matriz de Impacto y Esfuerzo 1	13
Figura 2.8 Matriz de Impacto y Esfuerzo 1	14
Figura 2.9 Configuración de parámetros 1	25
Figura 3.1 Forecast Accuracy 1	29
Figura 3.2 Indicador de Sobrestock 1	29
Figura 3.3 Indicador de Stockout 1	30
Figura A. 1 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697945) Años 2022, 2023 y 2024	34
Figura A. 2 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697945) Años 2022, 2023 y 2024	35
Figura A. 3 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14343885) Años 2022, 2023 y 2024	35
Figura A. 4 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14374335) Años 2022, 2023 y 2024	36
Figura A. 5 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14007775) Años 2022, 2023 y 2024	36

Figura A. 6 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14343865) Años 2022, 2023 y 2024	37
Figura A. 7 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698575) Años 2022, 2023 y 2024	37
Figura A. 8 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14021645) Años 2022, 2023 y 2024	38
Figura A. 9 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698555) Años 2022, 2023 y 2024	38
Figura A. 10 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13606945) Años 2022, 2023 y 2024	39
Figura A. 11 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697955) Años 2022, 2023 y 2024	39
Figura A. 12 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698385) Años 2022, 2023 y 2024	40
Figura A. 13 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13606905) Años 2022, 2023 y 2024	40
Figura A. 14 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697935) Años 2022, 2023 y 2024	41
Figura A. 15 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698165) Años 2022, 2023 y 2024	41
Figura A. 16 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697755) Años 2022, 2023 y 2024	42
Figura A. 17 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698565) Años 2022, 2023 y 2024	42
Figura A. 18 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13612195) Años 2022, 2023 y 2024	43
Figura A. 19 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698055) Años 2022, 2023 y 2024	43
Figura A. 20 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14025635) Años 2022, 2023 y 2024	44
Figura A. 21 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697735) Años 2022, 2023 y 2024	44

Figura A. 22 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13611805) Años 2022, 2023 y 2024	45
Figura A. 23 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698185) Años 2022, 2023 y 2024	45
Figura A. 24 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698215) Años 2022, 2023 y 2024	46
Figura A. 25 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697985) Años 2022, 2023 y 2024	46
Figura A. 26 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697795) Años 2022, 2023 y 2024	47
Figura A. 27 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14372925) Años 2022, 2023 y 2024	47
Figura A. 28 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698025) Años 2022, 2023 y 2024	48
Figura A. 29 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14027685) Años 2022, 2023 y 2024	48
Figura A. 30 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698245) Años 2022, 2023 y 2024	49
Figura A. 31 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697965) Años 2022, 2023 y 2024	49
Figura A. 32 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 17124325) Años 2022, 2023 y 2024	50
Figura A. 33 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698545) Años 2022, 2023 y 2024	50
Figura A. 34 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698175) Años 2022, 2023 y 2024	51
Figura A. 35 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13611815) Años 2022, 2023 y 2024	51
Figura A. 36 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14372915) Años 2022, 2023 y 2024	52
Figura A. 37 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697995) Años 2022, 2023 y 2024	52

Figura A. 38 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14351145) Años 2022, 2023 y 202453

Figura A. 39 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 17124315) Años 2022, 2023 y 202453

Figura A. 40 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698045) Años 2022, 2023 y 202454

Figura A. 41 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13994715) Años 2022, 2023 y 202454

Figura A. 42 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698145) Años 2022, 2023 y 202455

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de implementación del proyecto de estudio	6
Tabla 2. Tabla resumen de tendencia y estacionalidad de productos tipo A para Negocio AGRI	11
Tabla 3. Tabla resumen de tendencia y estacionalidad de productos tipo A para Negocio AGRI (Continuación de Tabla 2).....	12
Tabla 4. Tabla resumen de los métodos de pronósticos seleccionados en Wolfram.	15
Tabla 5. Tabla resumen de los métodos de pronósticos seleccionados en Wolfram. (Continuación de Tabla 4)	16
Tabla 6. Tabla resumen de política de control de inventario para productos tipo A para Negocio AGRI.....	16
Tabla 7. Plan de implementación.....	18
Tabla 8. Resultados de los modelos de pronósticos seleccionados para cada producto tipo A del negocio AGRI para el año 2025	19
Tabla 9. Resultados de los modelos de pronósticos seleccionados para cada producto tipo A del negocio AGRI para el año 2025 (Continuación de Tabla 8)	20
Tabla 10. Resultados de pruebas de normalidad de productos tipo A negocio AGRI.....	21
Tabla 11. Resultados de pruebas de normalidad de productos tipo A negocio AGRI (Continuación Tabla 10).....	22
Tabla 12. Resultados del Newsvendor Model para cada producto tipo A del negocio AGRI para los años 2022, 2023, 2024 y 2025.....	23
Tabla 13. Resultados del Newsvendor Model para cada producto tipo A del negocio AGRI para los años 2022, 2023, 2024 y 2025 (Continuación de Tabla 12)	24
Tabla 14. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model	26
Tabla 15. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model (Continuación de Tabla 14).....	27

Tabla 16. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model
(Continuación de Tabla 15).....28

Tabla 17. Análisis financiero30

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La empresa objeto de estudio se encarga de la producción de alimento balanceado para especies acuícolas, pecuarias, caninos y equinos. Actualmente, la empresa posee tres plantas de producción; dos de ellas dedicadas a la producción de alimento para especies acuícolas y una para especies pecuarias donde producen alimentos para aves, bovinas, caballos, cerdos, conejos y pavos. Esta empresa ofrece al mercado una variedad de 249 SKUs, los cuales se encuentran segregados por familia de productos detallados en la figura 1.1

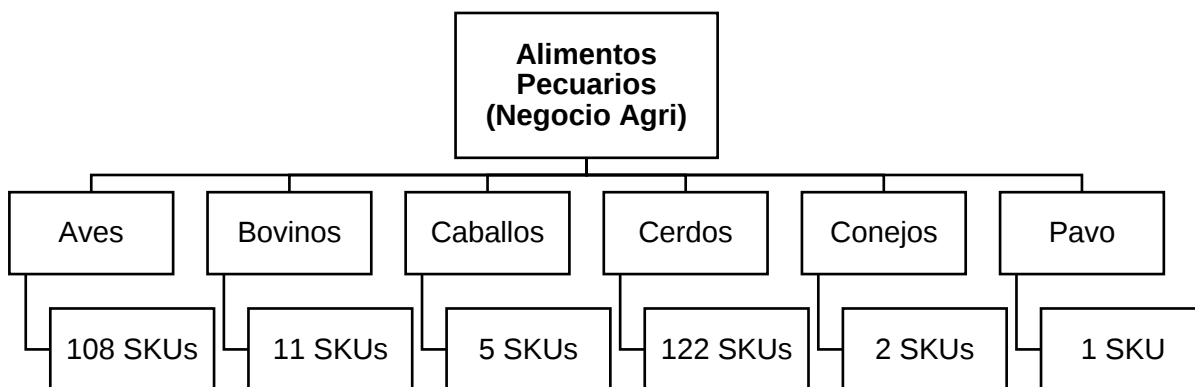


Figura 1.1 Familia de productos 1

A pesar, de contar con un proceso semanal de revisión del pronóstico, la empresa tiene problemas significativos referente a los niveles de inventario de los productos terminados, teniendo los siguientes indicadores claves en su proceso: el Forecast Accuracy (FA), % de Sobrestock y % de Stockout mensual.

El Forecast Accuracy (FA) es un indicador que se encarga de medir la precisión entre lo pronosticado y la demanda real. Es fundamental para la reducción de costos y optimización de gestión de inventarios E (Silver, 1998). El Forecast Accuracy se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Forecast Accuracy (\%)} = 100\% - \left(\frac{RMSE}{\text{Promedio de la Demanda}} * 100 \right) \quad (1)$$

En la Ecuación (1), se observa el RMSE, el cual se calcula obteniendo la raíz cuadrada del Error cuadrático medio. Ver Ecuación (2).

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (2)$$

El Error Cuadrático médico (MSE), se calcula entre la demanda real y el valor pronosticado. Ver Ecuación (3).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Demanda Real_t - Pronóstico_t)^2 \quad (3)$$

Donde:

- n : Es el número total de períodos revisados
- $Demanda Real_t$: Es el valor de demanda real dado en el período t
- $Pronóstico_t$: Es el valor pronosticado para el período t

La Figura 1.2 muestra el Forecast Accuracy promedio de los productos correspondientes al negocio AGRI de los años 2022, 2023 y 2024.

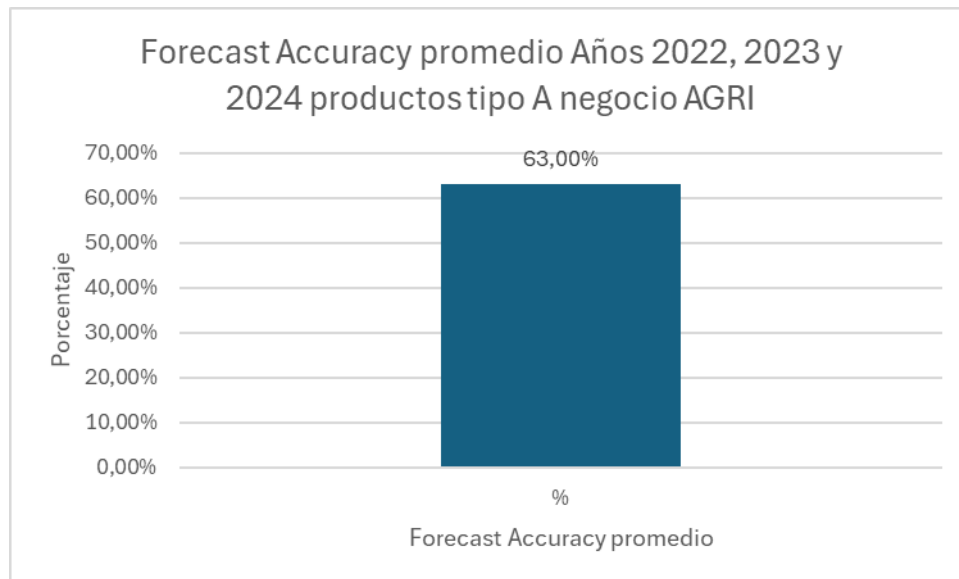


Figura 1.2 % Forecast Accuracy promedio 1

Fuente: Departamento de IBP de la empresa objeto de estudio

Al predecir de forma incorrecta la demanda de un producto se puede producir sobrestock o stockout. El sobrestock incurre en tener altas cantidades de inventario que se convierten en altos costos de almacenamiento, capital invertido en productos que no tendrán rotación inmediata; mientras que, el stockout afecta directamente a tener pérdida de ventas, las cuales pueden ocasionar pérdidas de contratos con clientes claves para la empresa.

En la Figura 1.3 se muestran el % de Sobrestock y % de Stockout promedio de los tres años de estudio, 2022, 2023 y 2024.

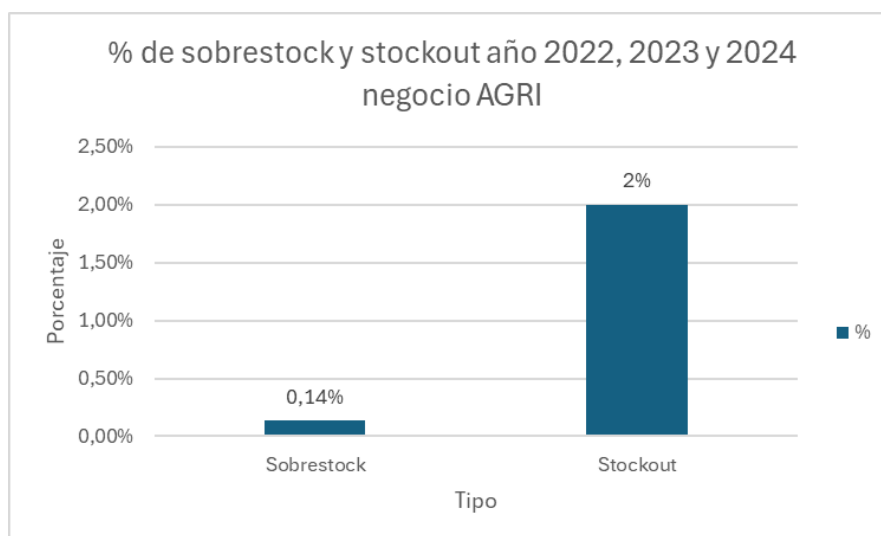


Figura 1.3 % de Sobrestock y stockout 1

Fuente: Departamento de IBP de la empresa objeto de estudio

La empresa actualmente tiene un horizonte de planificación de una semana y su modelo de pronóstico para todos sus productos es el de promedio móvil simple de los últimos tres meses. Con respecto a la política de control de inventario que actualmente maneja es variable; ya que cambia sus días de cobertura dependiendo de algunas variables tales como bodegas llenas, aumento de consumo, etc. Por esa razón, nace la necesidad de tener un modelo de pronóstico y política de control de inventario adecuados que mejoren sus indicadores claves, que son: el Forecast Accuracy, % de Sobrestock y % de Stockout mensual.

1.2 Descripción del problema

Existen problemas significativos con los niveles de inventario en los productos terminados de alimentos pecuarios producidos en una empresa de balanceado ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, observándose en los años 2022, 2023 y 2024 un promedio de precisión de la demanda del 63%, un sobrestock de 0.14% y stockout del 2% con respecto a la demanda total. Se conoce el problema debido a que la empresa tiene como objetivo lograr una precisión de la demanda del 78%, un sobrestock menor al 0.09% y un stockout menor al 1.5%.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar modelos de pronósticos y política de control de inventarios para mejorar los niveles de inventario de los productos terminados en una empresa de balanceado ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, logrando una mejora de la precisión de la demanda de 63% a 78%, una disminución de sobrestock de inventario del 0.14% al menos al 0.09% y reducción de stockout de 2% al menos al 1.5%.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Clasificar los SKUs mediante la metodología ABC para segregar los productos tipo A del volumen de ventas total de los años 2022, 2023 y 2024 en el área de Negocio Agri.
2. Analizar tendencia y estacionalidad de los productos tipo A mediante gráficas de series de tiempo para conocer el modelo de pronóstico más adecuado.
3. Realizar una Matriz de impacto y esfuerzo mediante el uso de la metodología SCOR DS para seleccionar el modelo de pronóstico y la política de control de inventario más adecuada.
4. Planificar la implementación del modelo de pronóstico y política de control de inventario seleccionados mediante la metodología SCOR DS para desarrollar los modelos y políticas ganadores.
5. Configurar y parametrizar los datos de demanda, niveles de inventario, pronósticos en el ERP mediante el uso del módulo de Planificación para optimizar propuestos de producción.

1.4 Alcance

El alcance de este proyecto son los productos tipo A que representan el mayor volumen de ventas (Mayor al 80%).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología

Se utilizó la metodología Supply Chain Operations Reference Digital Standard (SCOR DS) por ser un modelo que brind la metodología y elementos necesarios para diagnosticar y realizar una evaluación comparativa; ayudando a las empresas a ejecutar mejoras eficaces en los procesos de una cadena de suministro (ASCM, 2022).

Esta metodología constó de cinco etapas, las cuales son detalladas a continuación:

2.1.1 Etapa 1: Análisis Inicial (Involucrar)

Se realizaron entrevistas a las partes interesadas del proceso (Jefe de IBP, Planeador de Demanda, Supply Planner, Supervisor de Bodega de Producto terminado, Asesor Comercial Negocio Agri y Programador de producción) para entender cómo el problema afectaba a su proceso y el impacto que tenía a nivel de toda la cadena de suministro. También se llevó a cabo una reunión kick off para que todos tuvieran conocimiento del problema, objetivos, propuestas y plan de trabajo. (Espinasse, 2014) En esta etapa, también se realizó un análisis de la data histórica del volumen de ventas en kilogramos de los años 2022, 2023 y 2024 de los SKUs que pertenecían al negocio de Agri, se utilizó la clasificación ABC como metodología para determinar los productos tipo A, que representaban el 80% del total de las ventas.

Luego, se graficaron las series de tiempo, para validar tendencia y estacionalidad. Después, se realizó un resumen de análisis de tendencia y estacionalidad de los productos. Posteriormente, se estableció una matriz de Impacto y esfuerzo, donde se colocaron por cuadrante aquellos modelos de pronósticos que tenían bajo-alto, bajo-bajo, alto-bajo, alto-alto impacto y esfuerzo. Con esta técnica era sencillo elegir la mejor opción de acuerdo con el origen de datos. Para las políticas de control de inventario se realizó también una matriz de Impacto y esfuerzo.

2.1.2 Etapa 2: Selección del Modelo de Pronóstico y Política de Control de inventario (Definir y analizar)

Para la selección del modelo de pronóstico más adecuado, se planteó un modelo matemático en el Software Wolfram Mathematica, utilizando la función "Time Series Model Fit", de la cual se obtuvo el método que más se ajustaba al conjunto de datos. Dentro de los modelos propuestos se tuvieron: Media Móvil (MA), Auto-Regresivo (AR), Auto-Regresivo de media móvil (ARMA) y Auto-Regresivo Integrado de media móvil (ARIMA).

Como medida de error se usó el RMSE ya que al haber trabajado con valores cercanos a 0, penalizó los errores, comparado con MAPE (López, 2023).

Luego, se analizaron las políticas de control de inventario propuestas; al ser el alimento balanceado un producto de corto tiempo de vida útil, se establecieron como políticas propuestas: la política de revisión periódica (T, S) y Newsvendor Model (Silver, 1998).

2.3.2 Análisis de tendencia y estacionalidad

Para hallar la tendencia de un conjunto de datos se empleó un análisis visual mediante gráficas de comparación de patrones estacionales (Ventas en kilogramos) de los años 2022, 2023 y 2024, donde se visualizaron tendencias y patrones en los datos (López, 2023).

Se realizó una gráfica de serie de tiempo de todos los productos tipo A del negocio AGRI (demanda agregada), en los cuales se observó un decrecimiento a partir de octubre año 2024, debido a los cortes energéticos ocurridos en el país que afectó también al sector industrial.

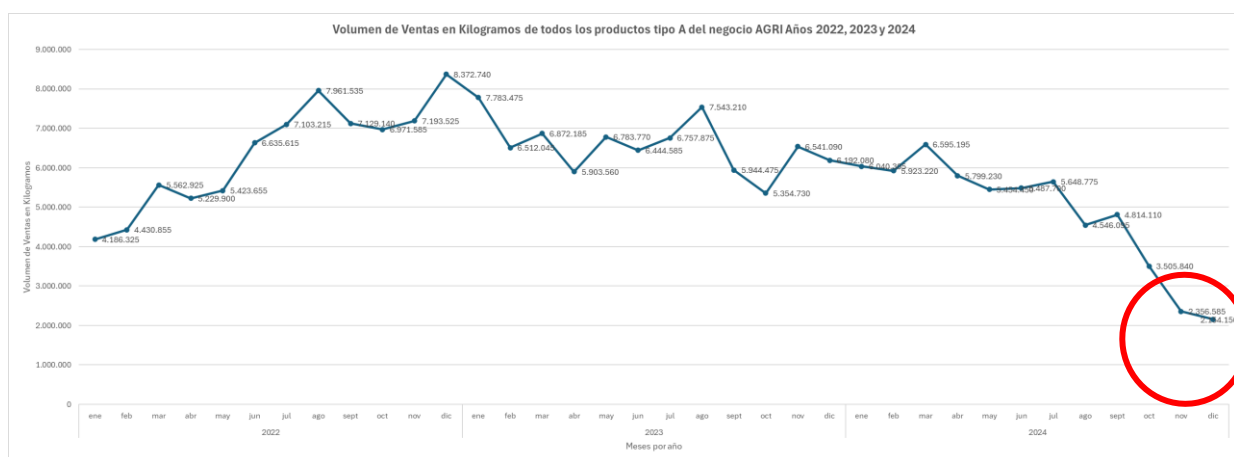


Figura 2.2 Volumen de Ventas 1

Para poder observar la estacionalidad de la demanda agregada se proceden a colocar las ventas de los años 2022, 2023 y 2024 superpuestas. Ver Figura 2.3

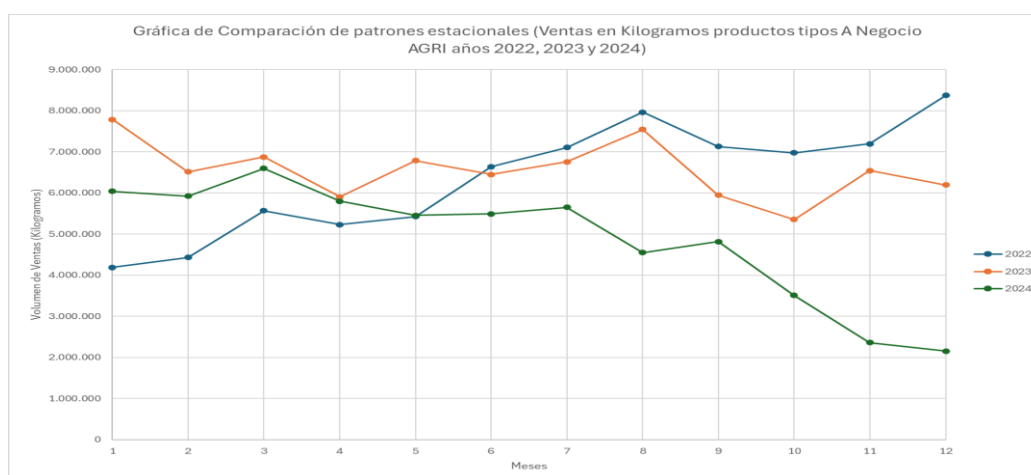


Figura 2.3 Gráfica Patrones estacionales 1

Luego, se procede a realizar una gráfica de serie de tiempo para los 3 primeros productos tipo A del negocio AGRI, los 42 productos restantes se visualizan en el ANEXO A.

- **Código de producto:** 13698015

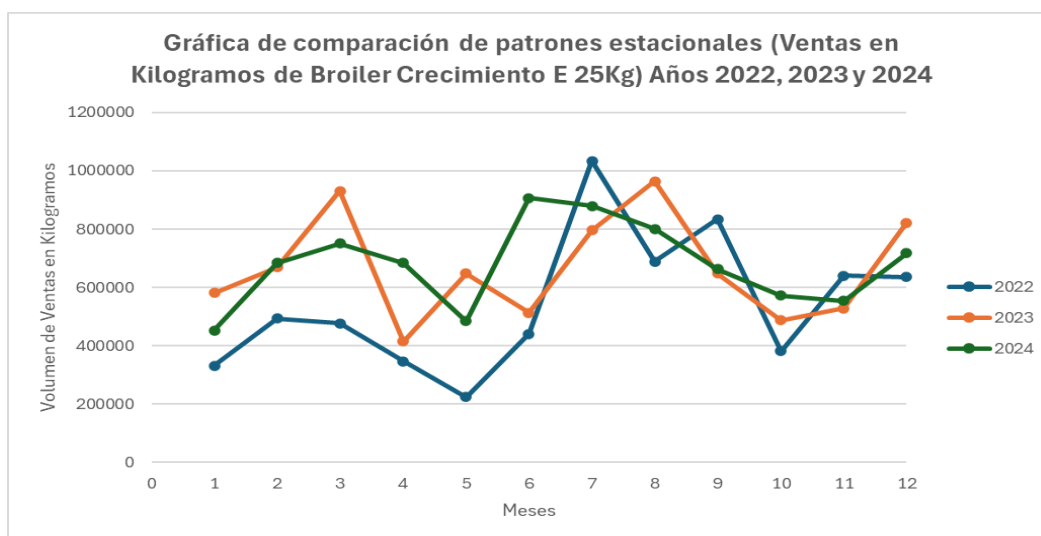


Figura 2.4 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698015) Años 2022, 2023 y 2024

Como se observa en la Figura 2.4 en los años 2022, 2023 y 2024 se observa una tendencia creciente en sus datos. Con respecto a la estacionalidad, se observan durante los 3 años de enero a febrero un crecimiento en sus ventas. De marzo a abril un declive, así como también de septiembre a octubre.

- **Código de producto:** 14024955

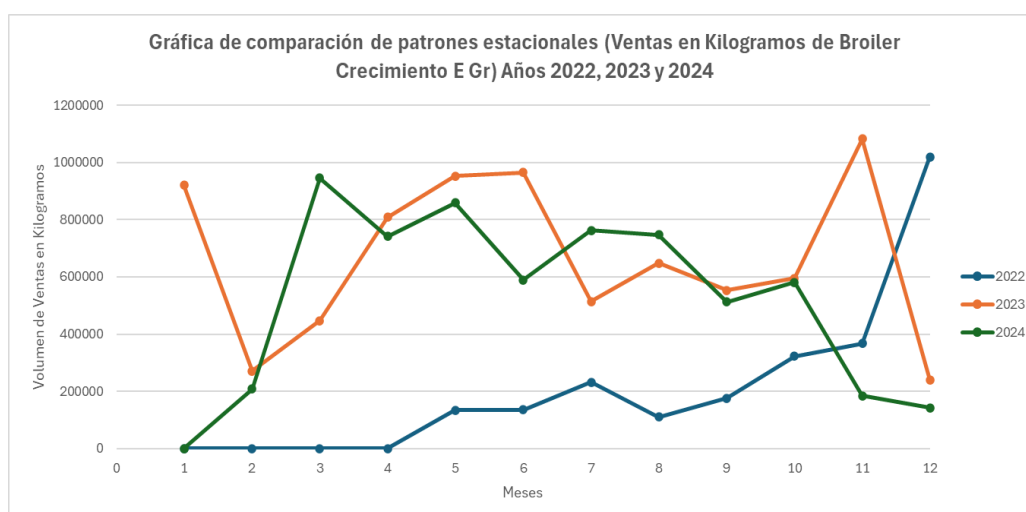


Figura 2.5 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14024955) Años 2022, 2023 y 2024

Como se observa en la Figura 2.5, en el año 2022 se observa una tendencia creciente en sus datos. Mientras que, en el año 2023 se observa una tendencia decreciente y en el año 2024 tendencia creciente.

Con respecto a la estacionalidad, se observan durante los 3 años de abril a mayo un crecimiento en sus ventas, así como también de septiembre a octubre.

- **Código de producto: 13698005**

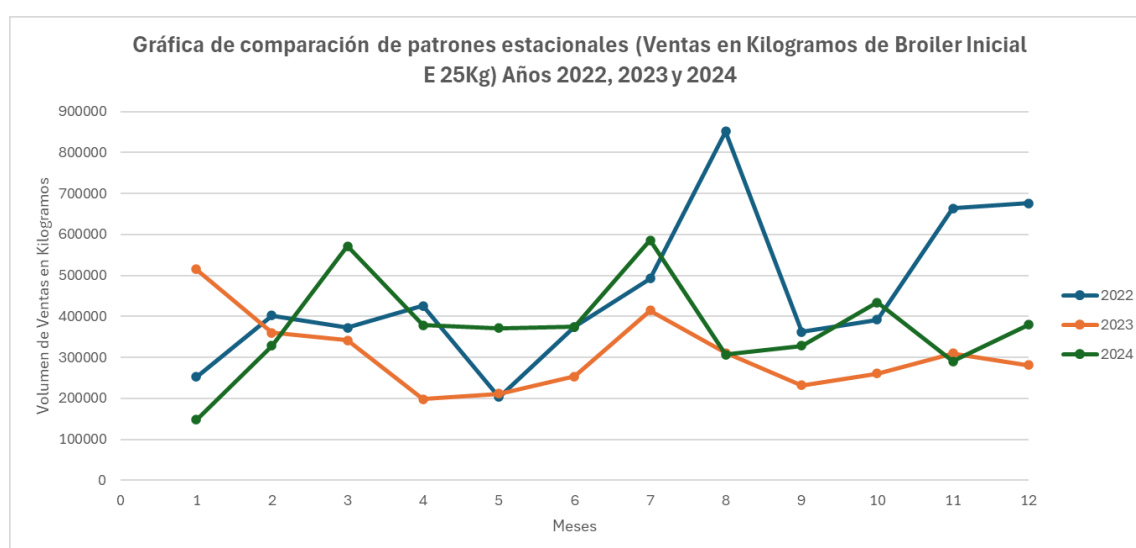


Figura 2.6 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698005) Años 2022, 2023 y 2024

En la Figura 2.6 se observa una tendencia creciente en sus datos. Durante el año 2023 se observa una tendencia decreciente y en el año 2024 una tendencia creciente

Con respecto a la estacionalidad, se observan durante los 3 años de junio a julio un crecimiento en sus ventas, así como también de septiembre a octubre.

En las Tabla 2 y 3, se muestran un resumen de todos los productos tipo A con respecto a tendencia y estacionalidad.

Tabla 2. Tabla resumen de tendencia y estacionalidad de productos tipo A para Negocio AGRI

Código de artículo	Tendencia	Estacionalidad
13698015	Si	Si
14024955	Si	Si
13698005	Si	Si
13697945	Si	Si
14343875	Si	Si
14343885	Si	Si
14374335	Si	Si
14007775	Si	Si
14343865	Si	Si
13698575	Si	Si
14021645	Si	Si
13698555	Si	Si
13606945	Si	Si
13697955	Si	Si
13698385	Si	Si
13606905	Si	Si
13697935	Si	Si
13698165	Si	Si
13697755	Si	Si
13698565	Si	Si
13612195	Si	Si
13698055	Si	Si
14025635	Si	Si
13697735	Si	Si
13611805	Si	Si
13698185	Si	Si
13698215	Si	Si
13697985	Si	Si
13697795	Si	Si

Tabla 3. Tabla resumen de tendencia y estacionalidad de productos tipo A para Negocio AGRI
(Continuación de Tabla 2)

Código de artículo	Tendencia	Estacionalidad
14372925	Si	Si
13698025	Si	Si
14027685	Si	Si
13698245	Si	Si
13697965	Si	Si
17124325	Si	Si
13698545	Si	Si
13698175	Si	Si
13611815	Si	Si
14372915	Si	Si
13697995	Si	Si
14351145	Si	Si
17124315	Si	Si
13698045	Si	Si
13994715	Si	Si
13698145	Si	Si

2.3.3 Matriz de Impacto y Esfuerzo

Mediante la metodología SCOR DS, se realizó una matriz de impacto y esfuerzo para seleccionar el modelo de pronóstico y la política de control de inventario óptima para cada producto.

- **Para Modelos de Pronósticos**

Se elaboró la matriz de impacto y esfuerzo donde se ubicó dependiendo del cuadrante el modelo de pronóstico a elegir. Los modelos propuestos fueron: MA (Media móvil), AR (Auto-Regresivo), ARMA (Auto-Regresivo de Media móvil) y ARIMA (Auto-Regresivo Integrado de media móvil). Dependiendo de que tan alto y que tan bajo sea el impacto y esfuerzo se ubicaron los modelos en el cuadrante correspondiente.

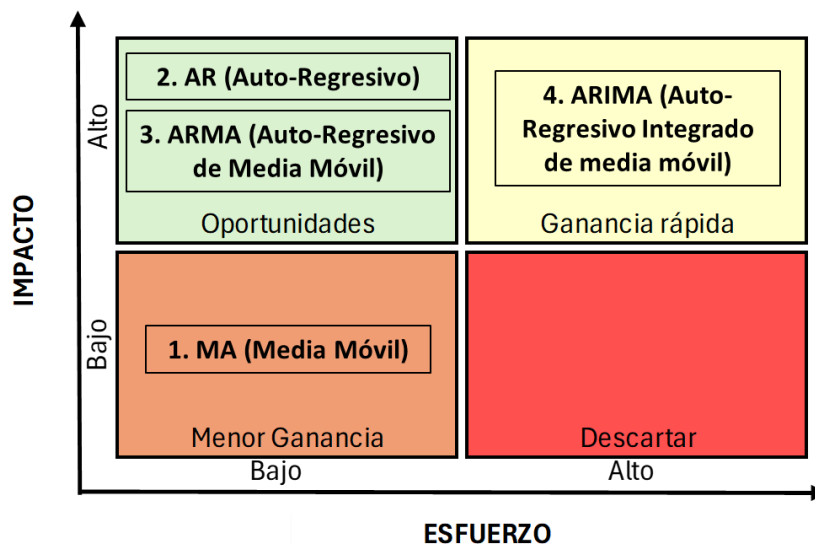


Figura 2.7 Matriz de Impacto y Esfuerzo 1

- **MA (Media móvil):** Se utilizó para datos que no tienen tendencia ni estacionalidad de forma clara. Su esfuerzo e impacto fueron bajos al no ser un modelo robusto. El parámetro que se obtuvo como respuesta del modelo es la " q ", el cual hacía referencia al componente de la media móvil (Box, 2015).
- **AR (Auto-Regresivo):** Se utilizó para datos con tendencia y estacionalidad en ciertos casos, ya que dependía de valores pasados de la serie. Su esfuerzo fue bajo, debido a lo sencillo de ser aplicado y su impacto fue alto ya que presentó robustez. El parámetro que se obtuvo de este modelo fue la " p ", el cual hacía referencia al orden del modelo; es decir, la cantidad de datos del pasado que tuvieron influencia en el presente (Box, 2015).
- **ARMA (Auto-Regresivo de Media Móvil):** Fue la combinación de AR y MA. ARMA no capturó tendencia de forma directa ni tampoco estacionalidad a menos que el modelo matemático sea modificado. Su esfuerzo se declaró bajo, porque fue sencillo aplicar e impacto fue alto debido a su robustez. Los parámetros que se obtuvieron de este modelo fueron " p y q ", donde la " p " representaba el componente AR y la " q " el componente MA (Box, 2015).
- **ARIMA (Auto-Regresivo Integrado de media móvil):** Se encargó de capturar tendencia mediante la diferenciación que convirtió a la serie en estacionaria, ya que por sí sola no detectaba estacionalidad directamente. Su esfuerzo e impacto fueron altos ya que es un modelo robusto. Los parámetros que se obtuvieron de este modelo fueron " p, d y q ", donde la " p " representaba el componente AR, la " d " indicaba la cantidad de diferenciaciones requeridas para lograr que la serie sea estacionaria y la " q " el componente MA (Box, 2015).

- **Para Política de control de inventarios**

Se realiza la matriz de impacto y esfuerzo donde se ubica dependiendo el cuadrante la política de control de inventarios. Las políticas propuestas son: Políticas (T, S) y Newsvendor Model.

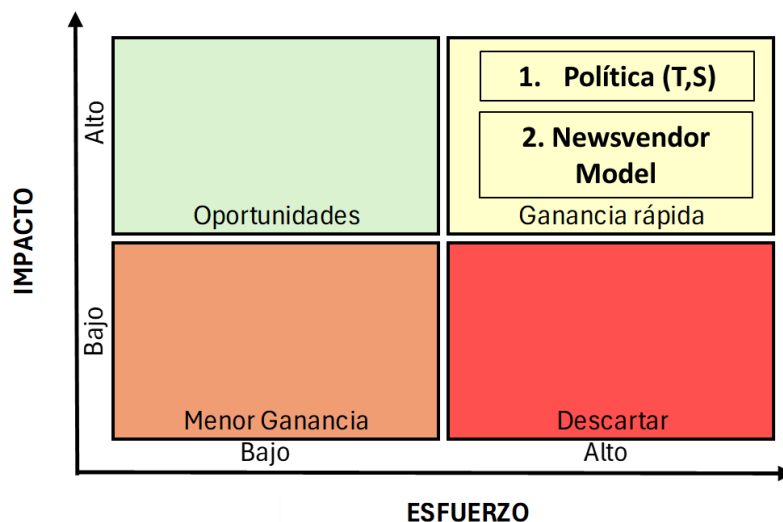


Figura 2.8 Matriz de Impacto y Esfuerzo 1

- **Política (T, S):** Estableció revisar el inventario cada cierto tiempo T, y luego colocar una orden hasta llegar al nivel de inventario máximo S. El esfuerzo fue alto ya que era necesario que una persona realice esta revisión con cierta frecuencia, pero al hacerlo y llevar un control, el impacto en los inventarios sería alto al no existir sobrestock ni stockout. Se propuso usar para demanda estable y reposición periódica. *(Yasin Tadayonrad, 2023)*
- **Newsvendor Model:** Permitted optimizar la cantidad que se requiere. Es un modelo usado comúnmente para productos con posible riesgo de obsolescencia, demanda inestable y tiempo de vida útil corto. *(Jing Shi, 2022)*

2.3.4 Selección de Método de pronóstico y política de control de inventario

- **Método de pronóstico**

Se diseñó un modelo matemático y luego fue implementado en Wolfram, el cual recibió como entrada las ventas de los productos tipo A del año 2022, 2023 y 2024. Como medida de error se procedió a utilizar el RMSE (Raíz del Error Cuadrático Medio), el cual midió la diferencia entre datos reales y datos pronosticados. Esta métrica fue mayormente recomendada ante el MAPE porque penalizaba grandes errores, con fácil interpretación y trabajaba con valores cercanos a 0. Ver Ecuación (4) (Hyndman, 2018).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \widehat{Y}_t)^2} \quad (4)$$

Donde:

n : cantidad de observaciones
 Y_t : Cantidad real en el tiempo t
 $\widehat{Y}_t$: cantidad pronosticada en el tiempo t

El modelo generó como salida un archivo de Excel, con la selección del mejor modelo de pronóstico, el cual se obtuvo al utilizar la función “Time Series Model Fit”, eligiendo el modelo que presentaba menor error. En la Tabla 4 y 5 se observa un resumen de los modelos de pronósticos seleccionados por el modelo matemático.

Tabla 4. Tabla resumen de los métodos de pronósticos seleccionados en Wolfram.

Código de artículo	Método de pronóstico seleccionados
13698015	MA(0)
14024955	AR(1)
13698005	MA(1)
13697945	ARIMA(0,1,1)
14343875	ARIMA (0,1,0)
14343885	ARIMA(1,1,0)
14374335	ARIMA(2,2,2)
14007775	AR(1)
14343865	AR(2)
13698575	ARIMA(1,1,0)
14021645	ARIMA(0,1,0)
13698555	ARIMA(1,1,0)
13606945	AR(2)
13697955	ARMA(3,1)
13698385	ARIMA(1,1,0)
13606905	ARIMA(0,1,0)
13697935	ARIMA(0,1,1)
13698165	ARIMA(0,1,2)
13697755	ARIMA(0,1,1)
13698565	AR(1)
13612195	ARIMA(0,1,1)
13698055	MA(0)
14025635	AR(4)
13697735	ARIMA(0,1,1)
13611805	AR(2)
13698185	ARIMA(0,1,0)

13698215	ARIMA(0,1,0)
13697985	ARMA(3,1)
13697795	ARIMA(0,1,0)
14372925	ARIMA(0,1,0)
13698025	AR(1)
14027685	MA(0)
13698245	MA(0)
13697965	AR(4)
17124325	ARIMA(0,1,0)

Tabla 5. Tabla resumen de los métodos de pronósticos seleccionados en Wolfram.
(Continuación de Tabla 4)

Código de artículo	Método de pronóstico seleccionados
13698545	AR(2)
13698175	ARIMA(1,1,0)
13611815	ARIMA(0,1,0)
14372915	ARIMA(0,1,0)
13697995	AR(1)
14351145	ARIMA(3,2,1)
17124315	ARIMA(0,1,0)
13698045	ARIMA(1,1,0)
13994715	AR(1)
13698145	ARIMA(0,1,0)

- **Política de control de inventario**

Para la selección de la política de control de inventario se procedió a realizar una tabla de decisión en la cual se evidenció que el Newsvendor Model cumplía con las características de los datos. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Tabla resumen de política de control de inventario para productos tipo A para Negocio AGRI

Política de control de inventario	Demanda	Tipo de producto	Cumple
Política (T, S)	Estable	Cualquier tipo de producto	No
Newsvendor Model	Inestable	Perecible	Si

- **Newsvendor Model**

Es un modelo probabilístico de inventarios, que sirvió para determinar la cantidad de pedido previo al período de venta que maximizaba el beneficio esperado, tomando en cuenta también los costos de exceso y de escasez de inventario (Porteus, 2002).

Supuestos del modelo:

- Demanda incierta
- Período único
- Se conoce el costo de sobrestock
- Se conoce el costo de stockout
- Se conoce el costo de salvamento o recompensa

Para hallar la cantidad óptima a pedir, se utiliza la Ecuación (5) siempre y cuando los datos sean normales:

$$Q^* = \mu + Z\sigma \quad (5)$$

Otra fórmula que también puede usarse es la siguiente, trabajando con la función inversa de la demanda es la fórmula (6).

$$Q^* = \mu + (F^{-1}(CSL) * \sigma) \quad (6)$$

Donde:

Q^* : es el nivel óptimo del pedido que logre minimizar costos de excesos y faltantes.

F^{-1} : es la función inversa de la distribución de la demanda.

c_u : costo por unidad no vendida (understock)

c_o : costo por unidad sobrante (overstock)

c : costo de compra

p : precio de venta

v : costo de salvamento

Ver ecuaciones (7) y (8)

$$c_u = p - c \quad (7)$$

$$c_o = c - v \quad (8)$$

Como el proyecto de estudio, trata de productos perecederos lo mejor es optar por un modelo probabilístico. Para la política de control de inventario, se procede a seleccionar el Newsvendor Model debido a que la demanda es incierta y el producto es perecible.

Con respecto al Costo Total Anual, se tiene la ecuación (9).

$$\text{Costo Total Anual} = \text{Costo de colocar un pedido} + \text{Costo de mantener inventario} \quad (9)$$

2.3.5 Plan de implementación

Para el proyecto de estudio, se realiza un plan de implementación donde se detallan desde el análisis de la situación inicial, el proceso de desarrollo del modelo de pronóstico y política de control de inventario, la simulación e implementación en la empresa. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Plan de implementación

N.º de Fase	Actividad	Semana cumplimiento de actividad	Responsable
1	Analizar situación inicial.	Semana 51 y 52 del año 2024	Karen Velastegui
2	Desarrollo del Modelo de pronóstico para los productos tipos A del negocio AGRI.	Semana 2 del año 2025	Karen Velastegui
3	Utilizar el Software Wolfram Mathematica, para la simulación del modelo de pronóstico.	Semana 2 del año 2025	Karen Velastegui
4	Desarrollo de la política de control de inventario para los productos tipos A del negocio AGRI.	Semana 3 del año 2025	Karen Velastegui
5	Utilizar el Software Wolfram Mathematica, para la simulación de la política de control de inventario	Semana 3 del año 2025	Karen Velastegui
6	Implementación en la empresa, capacitación y adopción del modelo y política. Configurar parámetros del Software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP).	Semana 6 y 7 del año 2025	Karen Velastegui

2.3.6 Desarrollo de modelo de pronóstico

Se diseñó un modelo matemático, el cual fue implementado en Wolfram, del cual se obtuvieron los pronósticos correspondientes al año 2025.

Cabe recalcar que en los datos obtenidos como pronósticos se evidenciaron valores negativos, los cuales denotaron que esos SKUs no reportarían ventas en el año pronosticado. Para no afectar las cantidades óptimas ni los costos totales, fueron reemplazados con 0 antes de ser colocados en el modelo matemático. A continuación, se muestran los resultados, en la Tabla 8 y 9.

Tabla 8. Resultados de los modelos de pronósticos seleccionados para cada producto tipo A del negocio AGRI para el año 2025

Código de artículo	Pronóstico Año 2025
13606905	{104184, 101969, 99753, 97537, 95321, 93106, 90890, 88674, 86459, 84243, 82027, 79811}
13606945	{134404, 137062, 138010, 139334, 140107, 140858, 141388, 141843, 142187, 142469, 142690, 142866}
13611805	{89778, 90929, 85292, 84152, 81931, 80941, 79919, 79306, 78793, 78446, 78178, 77987}
13611815	{58459, 57469, 56478, 55487, 54496, 53506, 52515, 51524, 50534, 49543, 48552, 47561}
13612195	{134356, 137462, 140568, 143675, 146781, 149888, 152994, 156101, 159207, 162313, 165420, 168526}
13697735	{-4729, -8178, -11628, -15077, -18526, -21976, -25425, -28874, -32323, -35773, -39222, -42671}
13697755	{-6421, -10661, -14901, -19141, -23381, -27621, -31861, -36101, -40341, -44581, -48821, -53061}
13697795	{-3121, -6243, -9364, -12486, -15607, -18729, -21850, -24971, -28093, -31214, -34336, -37457}
13697935	{13840, 11669, 9497, 7326, 5154, 2983, 811, -1360, -3531, -5703, -7874, -10046}
13697945	{102729, 90495, 78260, 66026, 53792, 41557, 29323, 17089, 4855, -7380, -19614, -31848}
13697955	{18645, 25478, 32271, 42561, 48733, 55437, 62269, 67691, 73171, 78263, 82775, 87109}
13697965	{13016, 15649, 22396, 30187, 31592, 37377, 40012, 41209, 44528, 44845, 46070, 47379}
13697985	{7702, 13121, 15180, 20796, 24003, 26633, 30445, 32746, 35177, 37768, 39591, 41571}
13697995	{16161, 26200, 32436, 36310, 38716, 40210, 41139, 41716, 42074, 42296, 42434, 42520}
13698005	{396653, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534, 379534}
13698015	{629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949, 629949}
13698025	{26575, 40627, 48057, 51985, 54062, 55161, 55741, 56049, 56211, 56297, 56342, 56366}
13698045	{-1866, -3241, -4745, -6215, -7694, -9170, -10648, -12125, -13602, -15079, -16556, -18033}
13698055	{88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544, 88544}
13698145	{-794, -1587, -2381, -3174, -3968, -4761, -5555, -6349, -7142, -7936, -8729, -9523}
13698165	{9128, 6678, 2878, -922, -4722, -8522, -12322, -16122, -19922, -23722, -27522, -31322}
13698175	{-1322, -2094, -3095, -4000, -4946, -5874, -6810, -7743, -8677, -9610, -10544, -11477}
13698185	{-1236, -2473, -3709, -4946, -6182, -7419, -8655, -9891, -11128, -12364, -13601, -14837}
13698215	{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
13698245	{50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569, 50569}
13698385	{-6721, -9846, -14895, -18915, -23486, -27762, -32195, -36544, -40939, -45309, -49692, -54068}
13698545	{17505, 33597, 42993, 46671, 47155, 46467, 45685, 45178, 44954, 44903, 44926, 44963}
13698555	{-14103, -17595, -29071, -34539, -44528, -51116, -60262, -67483, -76153, -83733, -92133, -99916}
13698565	{38320, 61861, 76321, 85204, 90661, 94013, 96072, 97337, 98114, 98592, 98885, 99065}

Tabla 9. Resultados de los modelos de pronósticos seleccionados para cada producto tipo A del negocio AGRI para el año 2025 (Continuación de Tabla 8)

Código de artículo	Pronóstico Año 2025
13698575	{-13536, -20250, -30402, -38821, -48114, -56967, -66041, -75003, -84022, -93013, -102018, -111015}
13994715	{19225, 29120, 34213, 36835, 38185, 38879, 39237, 39421, 39515, 39564, 39589, 39602}
13994715	{121125, 165586, 191134, 205814, 214250, 219097, 221882, 223482, 224402, 224930, 225234, 225408}
14021645	{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
14024955	{284106, 363429, 408099, 433255, 447421, 455399, 459892, 462422, 463846, 464649, 465101, 465355}
14025635	{23871, 31394, 53426, 62823, 76638, 83351, 89731, 92698, 94297, 94526, 93816, 92771}
14027685	{53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672, 53672}
14343865	{83397, 76177, 111027, 118856, 136857, 146049, 156978, 164535, 171797, 177463, 182493, 186611}
14343875	{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
14343885	{4088, 2612, 3145, 2953, 3022, 2997, 3006, 3003, 3004, 3004, 3004, 3004}
14351145	{-213, -377, -510, -751, -953, -1128, -1364, -1574, -1767, -1995, -2207, -2408}
14372915	{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
14372925	{126309, 129817, 133326, 136834, 140343, 143851, 147360, 150869, 154377, 157886, 161394, 164903}
14374335	{34724, -66368, -135718, -191532, -264814, -336621, -407653, -482479, -558818, -636540, -716292, -797811}
17124315	{2546, 2616, 2687, 2758, 2829, 2899, 2970, 3041, 3111, 3182, 3253, 3324}
17124325	{7277, 7479, 7681, 7884, 8086, 8288, 8490, 8692, 8894, 9096, 9299, 9501}

2.3.7 Desarrollo de la política de control de inventario

Se diseñó un modelo matemático, el cual fue implementado en Wolfram, en el cual se detallaban las fórmulas del Newsvendor Model. Pero como para este modelo se requerían que los datos fueran normalizados, se procedió a realizar una prueba de normalidad.

- **Prueba de Normalidad**

En esta prueba, se usaron pruebas de hipótesis, las cuales sirvieron para tomar decisiones basadas en datos. Se utilizó para establecer si una afirmación de cierta muestra de una población era verdadera o falsa.

Primero, se plantearon dos hipótesis, la hipótesis nula y la alterna.

- **Hipótesis nula (H_0):** Es la suposición inicial, donde se coloca que no existe diferencia.
- **Hipótesis alterna (H_a):** Es la suposición contraria a la hipótesis nula.

Luego, se propuso el nivel de significancia (α), el cual se traduce como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, cuando sea verdadera

El valor p , es la probabilidad de obtener resultados tan extremos al igual que los observados, asumiendo que la (H_0) es verdadera.

Para determinar si los datos no seguían una distribución normal, se comparó con el nivel de significancia. Un nivel de significancia (α) de 0.05, indicaba un riesgo de 5% de concluir que los datos no son normales, cuando sí seguían una distribución normal. (Johnson, 2007)

Si el valor $p \leq \alpha$, los datos no seguían una distribución normal. Por lo tanto, se rechazaba H_0 . Si el valor $p > \alpha$, no se podía rechazar H_0 .

La prueba de normalidad se usó para determinar si los datos seguían o no una distribución normal. Para ello, se plantearon 3 tipos de pruebas de normalidad que podían usarse:

- **Anderson-Darling:** Esta prueba se usa cuando el tamaño de muestra está entre 50 y 300 datos.
- **Shapiro-Wilk:** Esta prueba se utiliza cuando el tamaño de muestra es menor a 50 datos.
- **Kolmogorov-Smirnov:** Esta prueba se usa cuando el tamaño de muestra es mayor a 300 datos.

Como se trabajó con 48 datos, se procedió a usar la prueba de Shapiro-Wilk. (López, 2023) para cada uno de los 45 productos

En la Tabla 10 y 11, se muestra un resumen de las pruebas de normalidad realizada a los 45 productos.

Tabla 10. Resultados de pruebas de normalidad de productos tipo A negocio AGRI

Código de artículo	¿Tiene normalidad?
13606905	Si
13606945	No
13611805	Si
13611815	Si
13612195	Si
13697735	No
13697755	No
13697795	No
13697935	No
13697945	No
13697955	No
13697965	No
13697985	No
13697995	No
13698005	No

Tabla 11. Resultados de pruebas de normalidad de productos tipo A negocio AGRI
(Continuación Tabla 10)

Código de artículo	¿Tiene normalidad?
13698015	Si
13698025	No
13698045	No
13698055	No
13698145	No
13698165	No
13698175	No
13698185	No
13698215	No
13698245	No
13698385	No
13698545	No
13698555	No
13698565	No
13698575	No
13994715	No
14007775	Si
14021645	No
14024955	Si
14025635	No
14027685	No
14343865	No
14343875	No
14343885	No
14351145	No
14372915	No
14372925	No
14374335	Si
17124315	No
17124325	No

Dentro del modelo matemático, se normalizó con el Min-Max Scaling y el Z-Score Normalization (Estandarización).

- **Min-Max Scaling:** Este método se encargó de reescalar los valores a un rango determinado, para el caso de la normal los valores eran entre 0 y 1. Fue el primer paso para convertir los datos a normales. Ver Ecuación (10).

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (10)$$

Donde:

X : es el valor original

X_{min} : Es el mínimo valor de todos los datos

X_{max} : Es el máximo valor de todos los datos

X_{norm} : es el valor normalizado

- **Z-Score Normalization (Estandarización):** Este método transforma los datos de forma en que tengan media 0 y desviación estándar 1. Se usa cuando los datos siguen una distribución normal. Ver Ecuación (11).

$$X_{std} = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (11)$$

Donde:

μ : es la media de los datos

σ : desviación estándar

X_{std} : valor normalizado

Luego de tener los datos normalizados, se realizó un re-escalamiento, ya que los valores normales obtenidos fueron entre 0 y 1, para que se muestren en unidades de Kilogramos.

- **Reescalado de datos**

Para aproximar los valores a su escala de origen, se realizó una re-escalación lineal en función del rango, con la ecuación (12).

$$X_{ajustado} = \left(\frac{X' - X'_{min}}{X'_{max} - X'_{min}} \right) * (X_{max} - X_{min}) + X_{min} \quad (12)$$

Luego, con los datos reescalados, se procedió a ingresar la data en el modelo matemático del Newsvendor Model.

En la Tabla 12 y 13 se muestran las cantidades óptimas de pedido y los costos anuales de todos los productos tipo A del negocio AGRI.

Tabla 12. Resultados del Newsvendor Model para cada producto tipo A del negocio AGRI para los años 2022, 2023, 2024 y 2025

Código de artículo	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total
13606905	61034	\$30.541,00
13606945	111390	\$55.719,00
13611805	60415	\$30.231,50
13611815	21804	\$10.926,00
13612195	59842	\$29.945,00

Tabla 13. Resultados del Newsvendor Model para cada producto tipo A del negocio AGRI para los años 2022, 2023, 2024 y 2025 (Continuación de Tabla 12)

Código de artículo	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total
13697735	22594	\$11.321,00
13697755	12584	\$6.316,00
13697795	10437	\$5.242,50
13697935	39012	\$19.530,00
13697955	132568	\$66.308,00
13697965	58812	\$29.430,00
13697985	70823	\$35.435,50
13697995	71696	\$35.872,00
13698005	255941	\$127.995,00
13698015	346952	\$173.500,00
13698025	42174	\$21.111,00
13698045	11233	\$5.640,50
13698055	29932	\$14.990,00
13698145	9958	\$5.003,00
13698165	32724	\$16.386,00
13698175	13835	\$6.941,50
13698185	10778	\$5.413,00
13698215	38389	\$19.218,50
13698245	25191	\$12.619,50
13698385	36426	\$18.237,00
13698545	83458	\$41.753,00
13698555	41185	\$20.616,50
13698565	54792	\$27.420,00
13698575	46108	\$23.078,00
13994715	69097	\$34.572,50
13994715	73637	\$36.842,50
14021645	67496	\$33.772,00
14024955	138700	\$69.374,00
14025635	42986	\$21.517,00
14027685	12353	\$6.200,50
14343865	82180	\$41.114,00
14343875	220172	\$110.110,00
14343885	245523	\$122.785,00
14351145	72727	\$36.387,50
14372915	40448	\$20.248,00
14372925	63236	\$31.642,00
14374335	58317	\$29.182,50
17124315	59449	\$29.748,50
17124325	78695	\$39.371,50

2.3.8 Líneas de acción

Para el proyecto se realizaron las siguientes líneas de acción:

- Se implementó el Modelo de pronóstico y política seleccionada
 - Se recibió la aprobación por parte de Jefatura de IBP con respecto a lo implementado.
 - Se configuraron los parámetros en el Software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) utilizado por la empresa para la obtención de propuestos de producción en el módulo de Planificación.
- Se logró la Integración con la Planificación del negocio
 - Se compartió con los demás departamentos que intervinieron en el proceso de planificación, el nuevo modelo de pronóstico y política de control de inventario
- Se realizaron capacitaciones y publicaron comunicados
 - Se realizó un entrenamiento al equipo de IBP donde intervino el Demand Planner y Supply Planner.
 - Se estableció que luego de obtener el pronóstico mensual que otorga el modelo, se debe realizar una reunión con el equipo Comercial para definir promociones, descuentos, incentivos que puedan afectar al pronóstico, para lo cual tendría que ser ajustado.

2.3.9 Configurar parámetros en el ERP

Luego de obtener los modelos de pronósticos y política de inventarios se procedió a configurar los productos en el Software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) de la empresa. Detallo un ejemplo en la Figura 2.15

	Fch pl	Cant Inv	Exist Prev	ATP Acum	Cat	Edo	MA	N° Ord	Línea	SF	N° entrega	T
* LEAD	290225	3750.00	21975.00	0.00	311-CO Issue	33-Allocated		0032856353	5	0	2	
- PTF	080325	15000.00	36975.00	0.00	103-MO Receipt	50-Work Center Scheduled	EL	0032853836		0	1	
- PTF	080325	1250.00	35725.00	0.00	311-CO Issue	37-Allocated/Partly Invoiced		0032886607	5	0	2	

Figura 2.9 Configuración de parámetros 1

Fuente: Software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) de la empresa

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una técnica que se encarga de evaluar cómo los cambios en ciertas variables de entrada tienen efecto en las variables de salida dentro de un modelo matemático. Para el proyecto de estudio, se realizó un modelo matemático para 3 escenarios.

En la Tabla 14, 15 y 16 se muestra un resumen de todos los productos tipo A del negocio AGRI.

Tabla 14. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Co= \$1		Co= \$2		Co= \$1	
	Cu= \$1		Cu= \$1		Cu= \$2	
	Se castigaron por igual el sobrestock y el stockout		Se castigó más el sobrestock que el stockout		Se castigó más el stockout que el sobrestock	
Código de artículo	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total
13606905	61034	\$30.541,00	41863	\$20.983,00	80173	\$40.104,80
13606945	111390	\$55.719,00	89541	\$44.800,40	133239	\$66.639,60
13611805	60415	\$30.231,50	53575	\$26.814,60	67255	\$33.649,10
13611815	21804	\$10.926,00	12230	\$6.157,79	31378	\$15.705,70
13612195	59842	\$29.945,00	43987	\$22.026,20	75697	\$37.867,50
13697735	22594	\$11.321,00	4907	\$2.564,01	40281	\$20.154,00
13697755	12584	\$6.316,00	0	\$-	27588	\$13.804,90
13697795	10437	\$5.242,50	0	\$-	21280	\$10.651,80
13697935	39012	\$19.530,00	16697	\$8.404,57	61327	\$30.678,80
13697945	134711	\$67.379,50	64233	\$32.166,80	205188	\$102.610,00
13697955	132568	\$66.308,00	62381	\$31.241,50	202754	\$101.393,00
13697965	58812	\$29.430,00	25739	\$12.924,30	91886	\$45.958,40
13697985	70823	\$35.435,50	34121	\$17.110,30	107526	\$53.778,80
13697995	71696	\$35.872,00	26141	\$18.118,10	107251	\$53.641,50
13698005	255941	\$127.995,00	198737	\$99.399,40	313146	\$156.593,00

Tabla 15. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model (Continuación de Tabla 14)

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Co= \$1		Co= \$2		Co= \$1	
	Cu= \$1		Cu= \$1		Cu= \$2	
	Se castigaron por igual el sobrestock y el stockout		Se castigó más el sobrestock que el stockout		Se castigó más el stockout que el sobrestock	
Código de artículo	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total
13698015	346952	\$173.500,00	276030	\$138.045,00	417874	\$208.957,00
13698025	42174	\$21.111,00	17090	\$8.604,23	67257	\$33.643,50
13698045	11233	\$5.640,50	226	\$1.305,91	22241	\$11.132,60
13698055	29932	\$14.990,00	16447	\$8.267,18	43416	\$21.724,50
13698145	9958	\$5.003,00	1231	\$809,65	18685	\$9.355,29
13698165	32724	\$16.386,00	2782	\$1.673,31	62665	\$31.345,00
13698175	13835	\$6.941,50	2982	\$1.602,34	24688	\$12.357,40
13698185	10778	\$5.413,00	0	\$ -	22718	\$11.370,40
13698215	38389	\$19.218,50	11403	\$5.782,30	65374	\$32.701,10
13698245	25191	\$12.619,50	18240	\$9.153,15	32142	\$16.089,80
13698385	36426	\$18.237,00	0	\$ -	75677	\$37.850,10
13698545	83458	\$41.753,00	23513	\$11.841,70	143403	\$71.715,50
13698555	41185	\$20.616,50	0	\$ -	86723	\$43.372,90
13698565	54792	\$27.420,00	12195	\$6.205,33	97389	\$48.708,00
13698575	46108	\$23.078,00	0	\$ -	101182	\$50.601,90
13994715	69097	\$34.572,50	9452	\$4.901,45	128743	\$64.384,40
14007775	73637	\$36.842,50	13328	\$6.796,60	133945	\$66.985,70
14021645	67496	\$33.772,00	12315	\$6.289,04	122678	\$61.352,20
14024955	138700	\$69.374,00	27433	\$13.837,80	249966	\$124.996,00
14025635	42986	\$21.517,00	6637	\$3.473,94	79335	\$39.680,50

Tabla 16. Análisis de sensibilidad con 3 escenarios – Newsvendor Model (Continuación de Tabla 15)

	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Co= \$1		Co= \$2		Co= \$1	
	Cu= \$1		Cu= \$1		Cu= \$2	
	Se castigaron por igual el sobrestock y el stockout		Se castigó más el sobrestock que el stockout		Se castigó más el stockout que el sobrestock	
Código de artículo	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total	Q óptimo (Kilogramos)	Costo total
14027685	12353	\$6.200,50	0	\$ -	26591	\$13.306,60
14343865	82180	\$41.114,00	22927	\$11.549,50	141433	\$70.730,40
14343875	220172	\$110.110,00	122536	\$61.324,60	317782	\$158.908,00
14343885	245523	\$122.785,00	166490	\$83.280,40	324555	\$162.296,00
14351145	72727	\$36.387,50	53490	\$26.777,60	91964	\$46.001,00
14372915	40448	\$20.248,00	31557	\$15.809,30	49340	\$24.689,70
14372925	63236	\$31.642,00	50786	\$25.422,90	75687	\$37.863,60
14374335	58317	\$29.182,50	0	\$ -	132531	\$66.276,10
17124315	59449	\$29.748,50	49258	\$24.658,00	69640	\$34.840,50
17124325	78695	\$39.371,50	65812	\$32.934,70	91578	\$45.809,60
		\$1.636.987,00		\$853.056,90		\$2.442.276,19

En conclusión, el mejor escenario que dió menores costos totales fue el escenario 2, donde se castigó más el Sobrestock que el stockout.

3.2 Indicadores

Luego, de la implementación de los modelos de pronósticos elegidos por el modelo matemático y la política de inventario Newsvendor Model, se logró mejoras en cuanto a los indicadores de la compañía. Teniendo como resultado un aumento del FA del 15%. Ver Figura 3.1

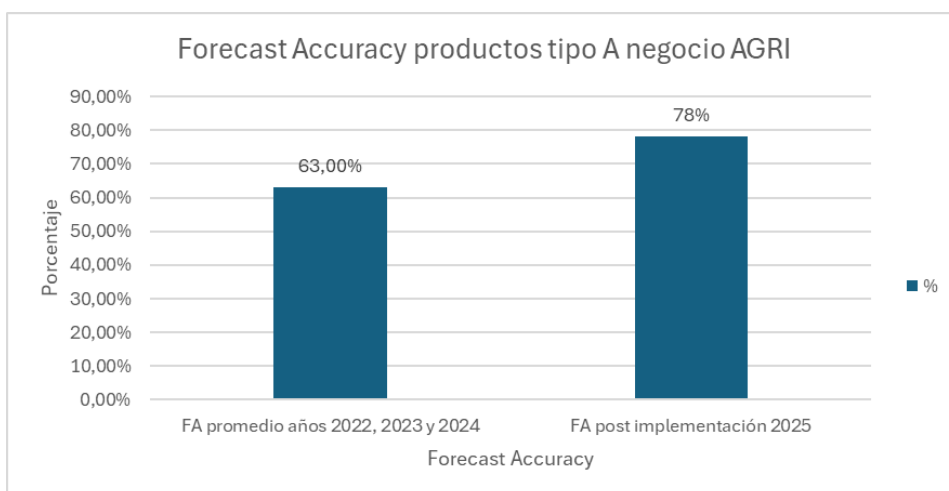


Figura 3.1 Forecast Accuracy 1

Las cantidades de Kilogramos de sobrestock durante los años 2022, 2023 y 2024 fueron de 298423.65 Kg, y de stockout de 4263195 Kg. Luego, de la implementación del proyecto se obtuvo como sobrestock 149211.83 Kg y de stockout 3197396.25 Kg.

Con respecto al indicador de Sobrestock se evidenció una disminución al 0.07% lo cual representó un ahorro de \$10133,75 en la proyección del primer año. Ver Figura 3.2

Y de acuerdo con el indicador de Stockout, se evidenció una disminución al 1,50% lo cual representó una recuperación de cartera no perdida de \$10000 en la proyección del primer año. Figura 3.3

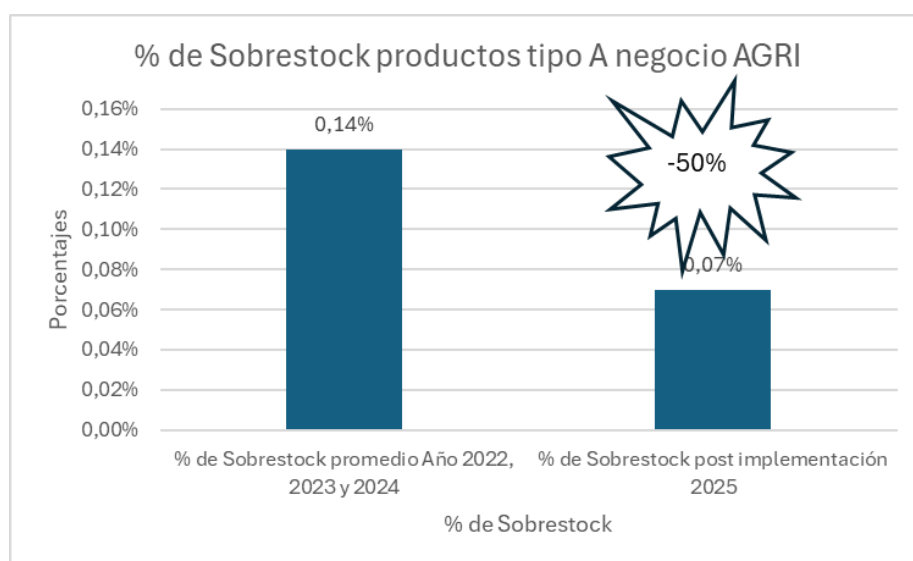


Figura 3.2 Indicador de Sobrestock 1

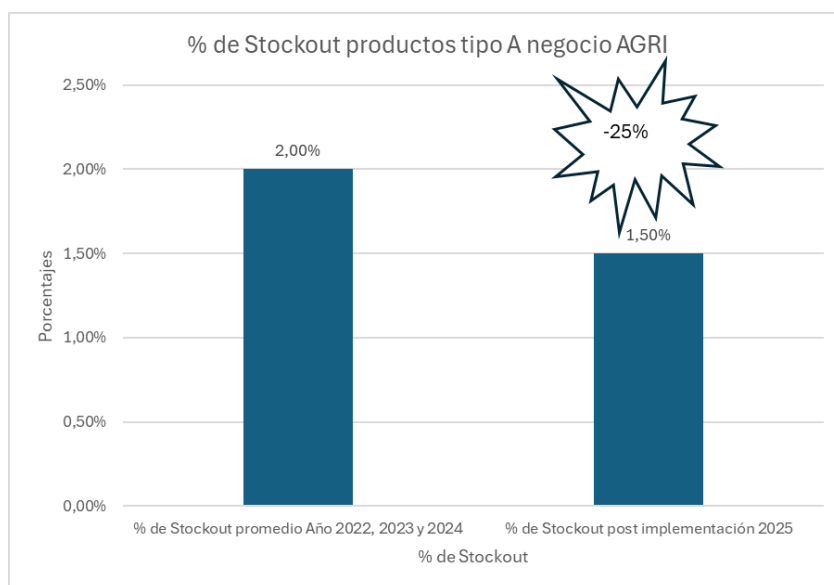


Figura 3.3 Indicador de Stockout 1

3.3 Análisis Financiero

Luego de la implementación de los modelos de pronóstico y la política de control de inventario ganadora que fue Newsvendor Model, se realizó un análisis financiero donde se mostró el ahorro en dólares que tendría la empresa en un lapso de 5 años al usar el software matemático Wolfram. Ver Tabla 17.

Tabla 17. Análisis financiero

Flujo de caja

					TMAR	18%
AÑOS	0	1	2	3	4	5
Licencia de Wolfram	-\$40.000,00					
Ahorros esperados/año por sobrestock		\$20.133,75	\$22.147,13	\$24.361,84	\$26.798,02	\$29.477,83
Recuperación de ingreso/año por stockout		\$10.000,00	\$11.000,00	\$12.100,00	\$13.310,00	\$14.641,00
Office 365		-\$720,00	-\$720,00	-\$720,00	-\$720,00	-\$720,00
Depreciación (Computadora)				-\$383,33	-\$402,50	-\$422,62
Amortización (Office 365)		\$720,00	\$720,00	\$720,00	\$720,00	\$720,00
Depreciación (Computadora)				\$383,33	\$402,50	\$422,62
Cash Flow	-\$40.000,00	\$30.133,75	\$33.147,13	\$36.461,84	\$40.108,02	\$44.118,83
VAN	\$71.506,65					
TIR	79%					

La Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) que maneja la empresa de estudio es del 18%, realizando un análisis a 5 años, se evidenció que la Tasa Interna de Retorno (TIR) que se obtuvo fue del 79%. Como la TIR es mayor a la TMAR se concluye que el proyecto es viable y rentable.

En otras palabras la propuesta de utilizar los modelos matemáticos generaron un 79% de retorno lo que es igual a un alto margen de ganancia.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto tuvo como propósito el diseño de modelo de pronóstico y política de control de inventario para alimentos balanceados en una empresa ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, con el objetivo de mejorar su indicador de precisión del pronóstico y reducción de pérdidas por Sobrestock y stockout en sus productos.

Su primer objetivo específico era la clasificación de los SKUs mediante la metodología ABC para segregar los productos tipo A del volumen de ventas total de los años 2022, 2023 y 2024 en el área de Negocio AGRI. Al realizar el Diagrama de Pareto, se observó que de los 249 SKUs, 45 de ellos pertenecían al tipo A, es decir que representaban el 80% del volumen de sus ventas, de estos productos 26 SKUs eran parte de la familia de Aves y 19 SKUs de la familia de cerdos. Luego de seleccionar los 45 SKUs se evidenció el cumplimiento del primer objetivo.

Su segundo objetivo específico fue analizar las tendencias y estacionalidades de los productos tipo A mediante gráficas de serie de tiempo para conocer el modelo de pronóstico más adecuado. En esta parte, se procedió a realizar gráficas de series de tiempo para todos los 45 productos, se analizó cada gráfica visualmente y se determinó si seguían sus datos tendencia y si contaban con estacionalidad. Para ello, la técnica utilizada fue la superposición de un año encima de otro para saber en qué meses tenían los mismos patrones. Después, de obtener el análisis de las gráficas se evidenció el cumplimiento del segundo objetivo.

Su tercer objetivo específico consistió en realizar una matriz de impacto y esfuerzo mediante el uso de la metodología SCOR DS para seleccionar el modelo de pronóstico y la política de control de inventario más adecuada. En este punto, se realizaron las matrices y se ubicaron en el cuadrante las que cumplían con los criterios de alto o bajo impacto y esfuerzo su implementación. Se detallaron por qué se colocaron en cada cuadrante, cumpliendo de esta forma con el tercer objetivo.

Su cuarto objetivo específico fue la planificación del modelo de pronóstico y política de control de inventario seleccionados mediante metodología SCOR DS para desarrollar los modelos y políticas ganadoras. En esta parte, se desarrollaron los modelos y políticas de control de inventario seleccionadas en el punto anterior, se realizó un plan de implementación el cual fue cubierto en su totalidad, cumpliendo con las tareas asignadas en el tiempo seleccionado. Por lo tanto, se evidenció cumplimiento del cuarto objetivo.

Su quinto objetivo específico fue la configuración y parametrización de los datos de demanda, niveles de inventario, pronósticos en el ERP mediante el uso del módulo de Planificación para optimizar propuestos de producción. En este paso, se realizó la configuración junto al equipo de IBP de la empresa, luego de parametrizar los datos, con el modelo de pronóstico en la sección de Forecast y las cantidades óptimas para la política de control de inventario se logró la obtención de los propuestos de producción por el ERP de la empresa, evidenciando de esta forma el cumplimiento del quinto objetivo.

Con respecto a los objetivos, se evidenció el cumplimiento de los mismos, ya que los modelos de pronóstico ganadores lograron mejorar el indicador de precisión de pronóstico de 63% a 78%. La política de control de inventario logró mejorar los indicadores de sobrestock y stockout. El

indicador de sobrestock disminuyó un 50% de 0.14% a 0.07% y el indicador de stockout menguó un 25% de 2% a 1.5%. Por lo tanto, se logró el cumplimiento del objetivo propuesto.

4.2 Recomendaciones

Para la sostenibilidad de esta herramienta se recomienda que haya una persona asignada que se encargue de correr el modelo matemático de pronósticos y política de control de inventario mensualmente. Se recomienda también definir los costos de sobrestock y stockout para cada SKU pertenecientes al negocio AGRI, de tal forma que se puedan visualizar las pérdidas en dólares.

También, se propone realizar modificaciones en el modelo matemático si es necesario para que pueda ser aplicado con los productos tipo B y tipo C. Aunque primero se debería analizar la data, para saber si es necesario el Newsvendor Model o una política periódica de revisión. Posterior a la obtención de pronósticos dados por el modelo matemático, se recomienda realizar una reunión mensual con el equipo Comercial para conocer si existen promociones, descuentos, incentivos que puedan afectar al pronóstico, para luego de esto conocer si es necesario ser ajustado.

ANEXOS

ANEXO A

GRÁFICAS DE COMPARACIÓN DE PATRONES ESTACIONALES DE PRODUCTOS TIPO A PARA NEGOCIO AGRI

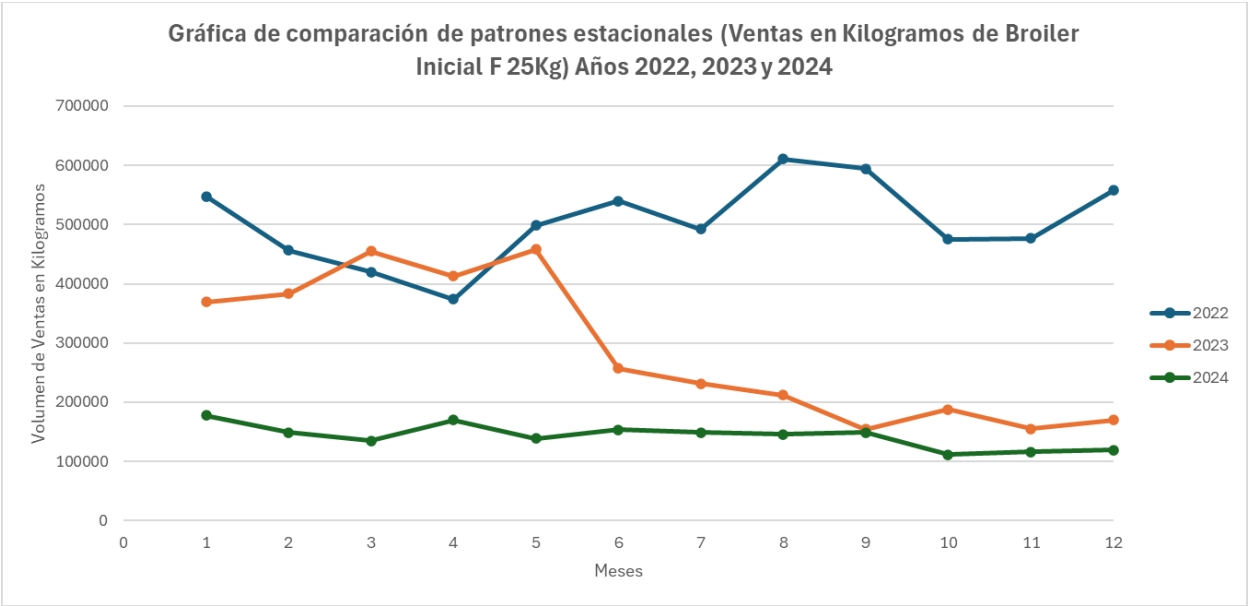


Figura A. 1 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697945) Años 2022, 2023 y 2024

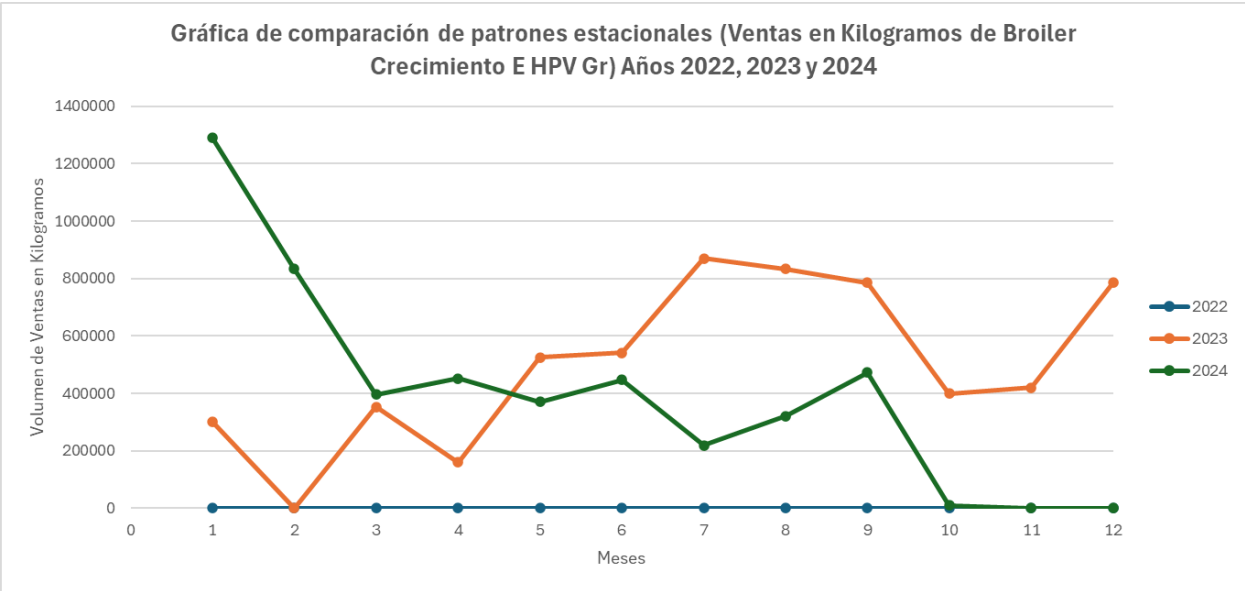


Figura A. 2 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697945) Años 2022, 2023 y 2024

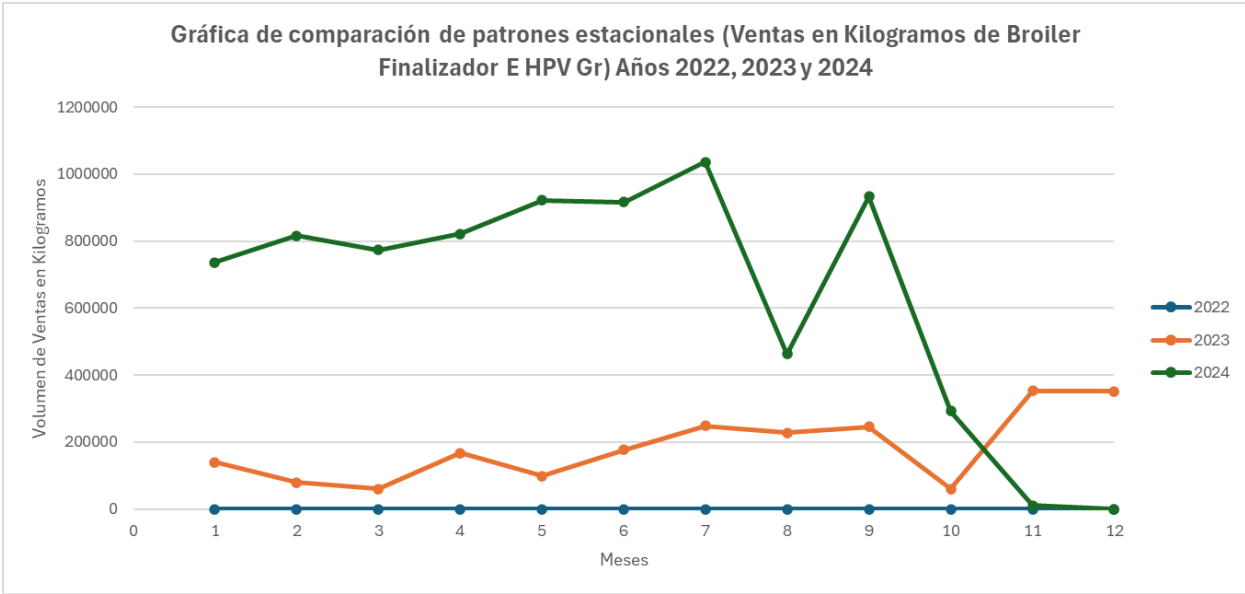


Figura A. 3 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14343885) Años 2022, 2023 y 2024

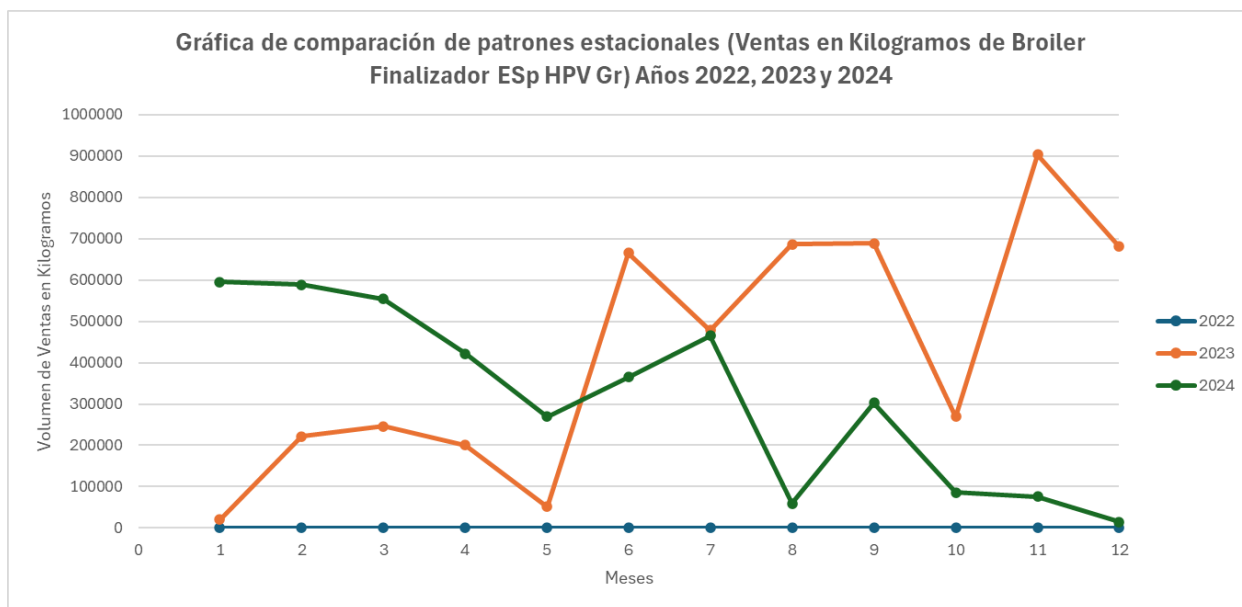


Figura A. 4 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14374335) Años 2022, 2023 y 2024

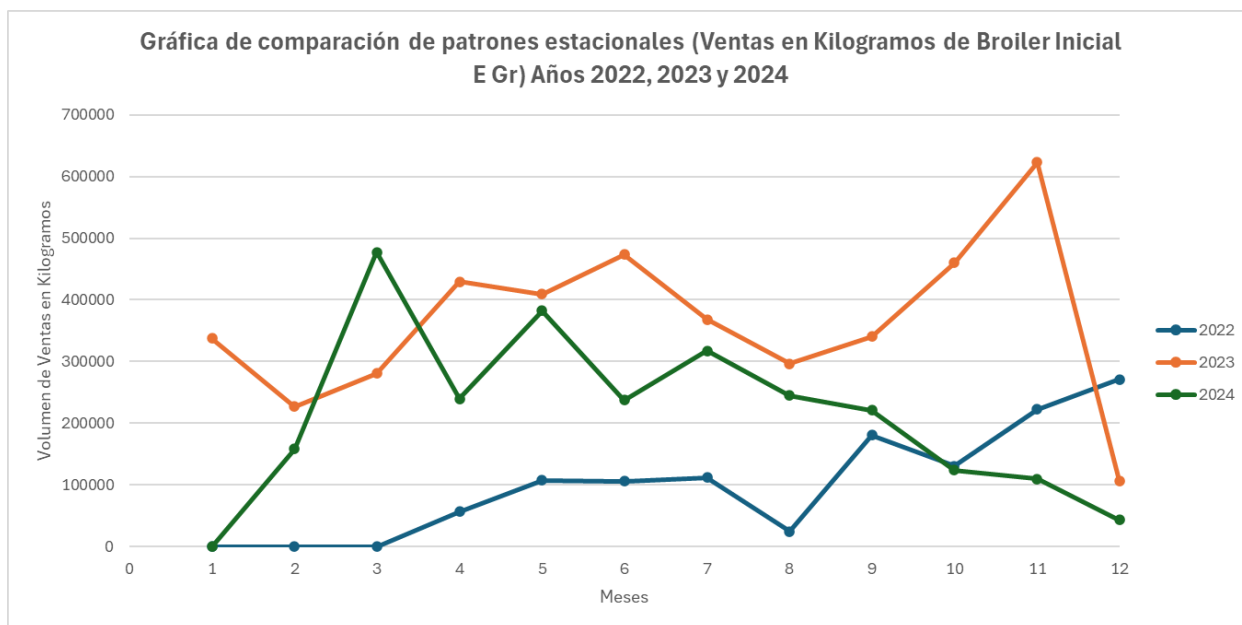


Figura A. 5 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14007775) Años 2022, 2023 y 2024

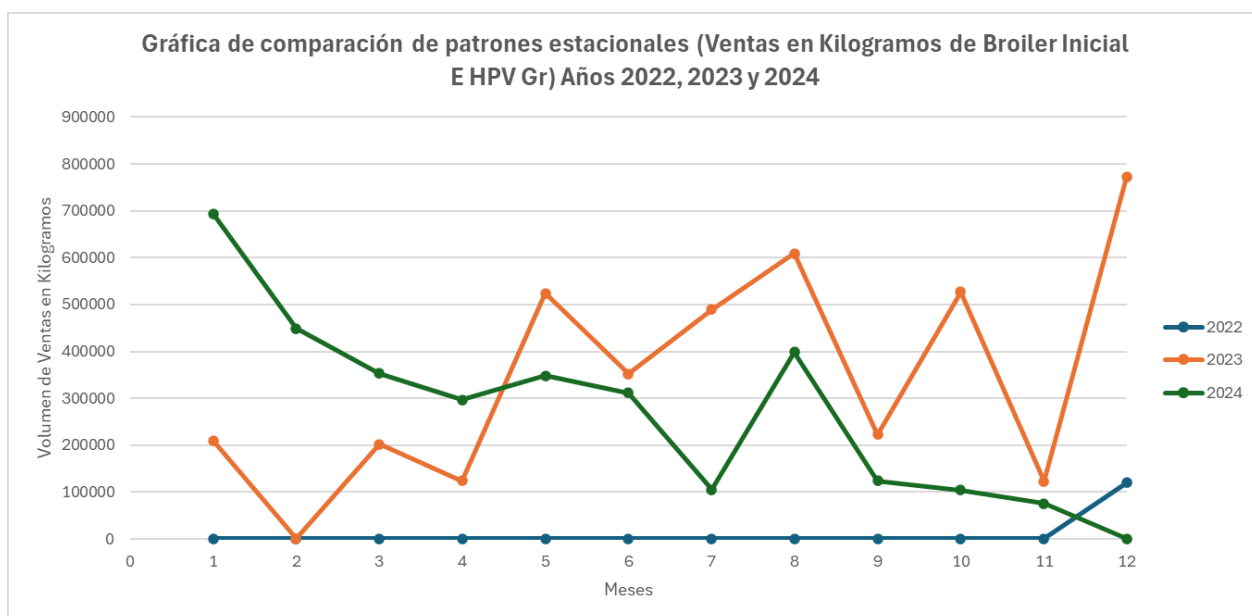


Figura A. 6 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14343865) Años 2022, 2023 y 2024

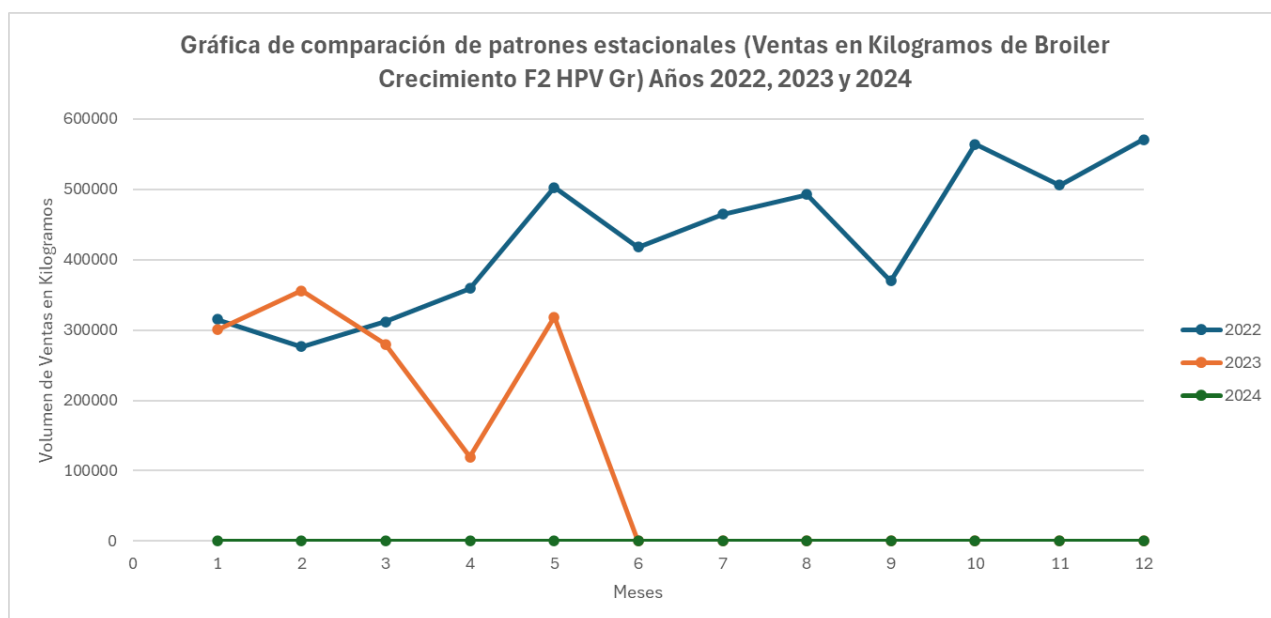


Figura A. 7 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698575) Años 2022, 2023 y 2024

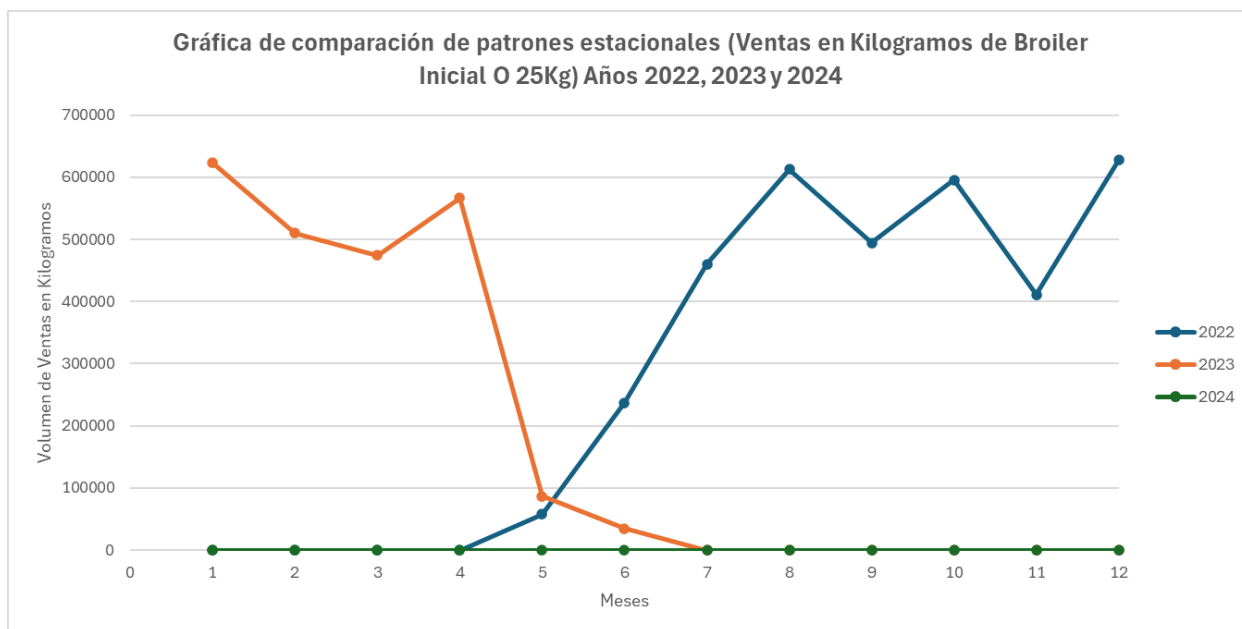


Figura A. 8 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14021645) Años 2022, 2023 y 2024

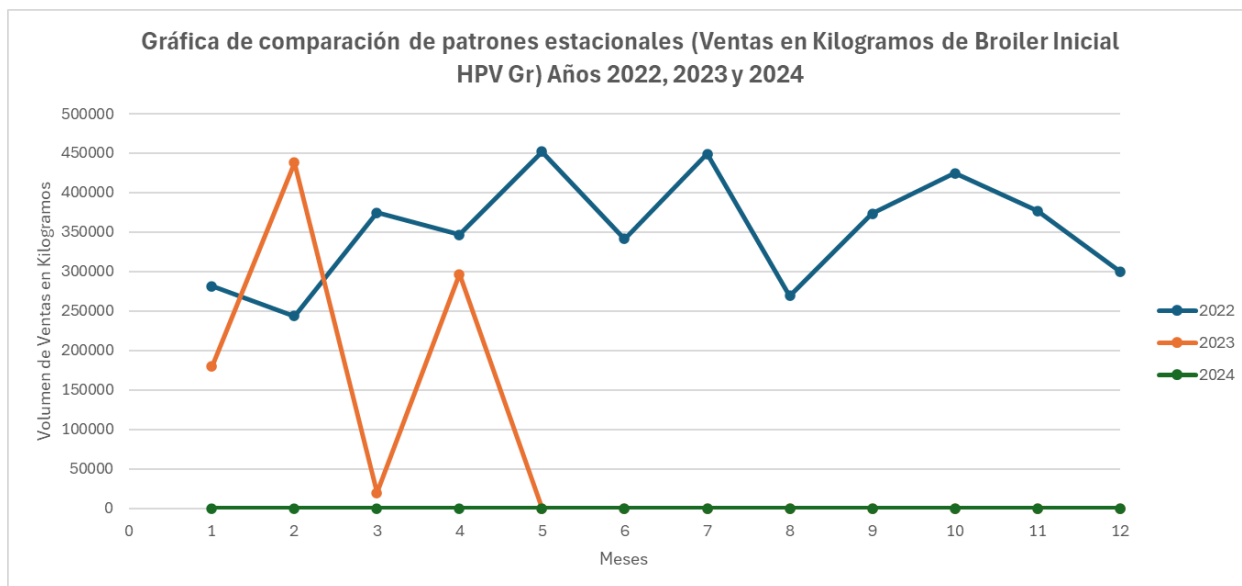


Figura A. 9 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698555) Años 2022, 2023 y 2024

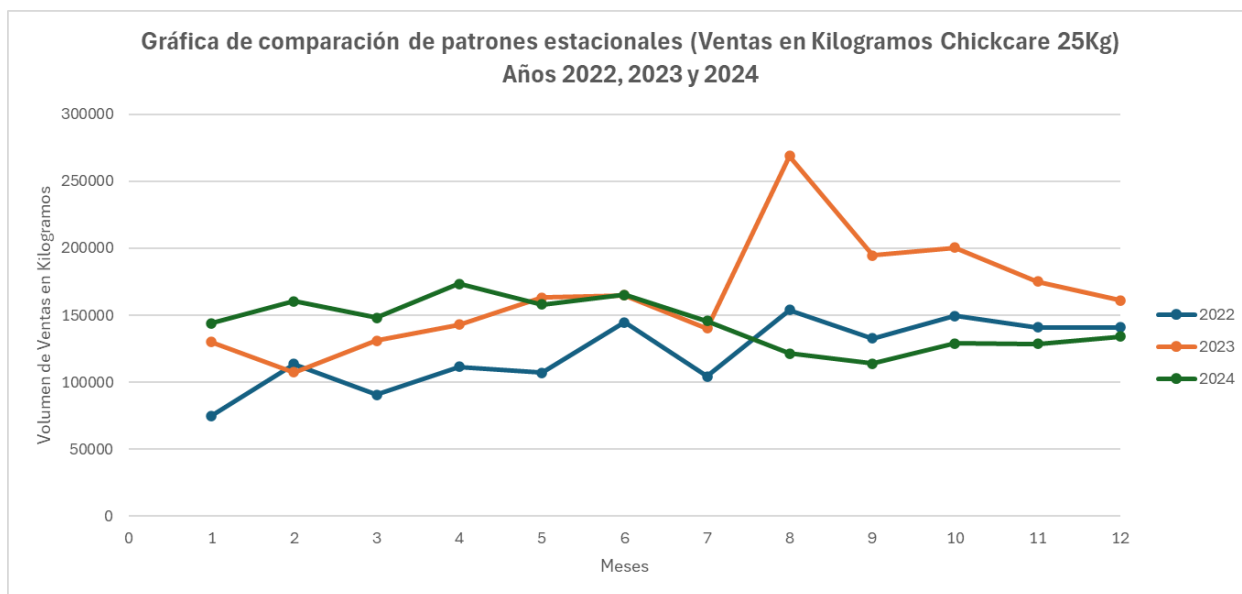


Figura A. 10 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13606945) Años 2022, 2023 y 2024

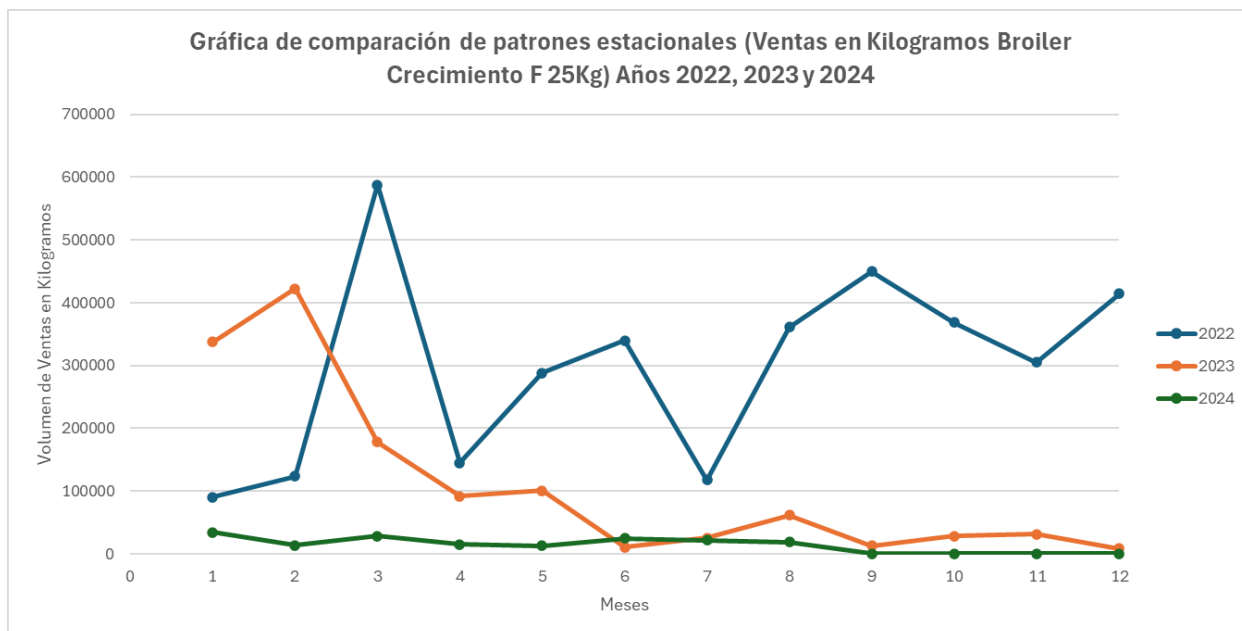


Figura A. 11 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697955) Años 2022, 2023 y 2024

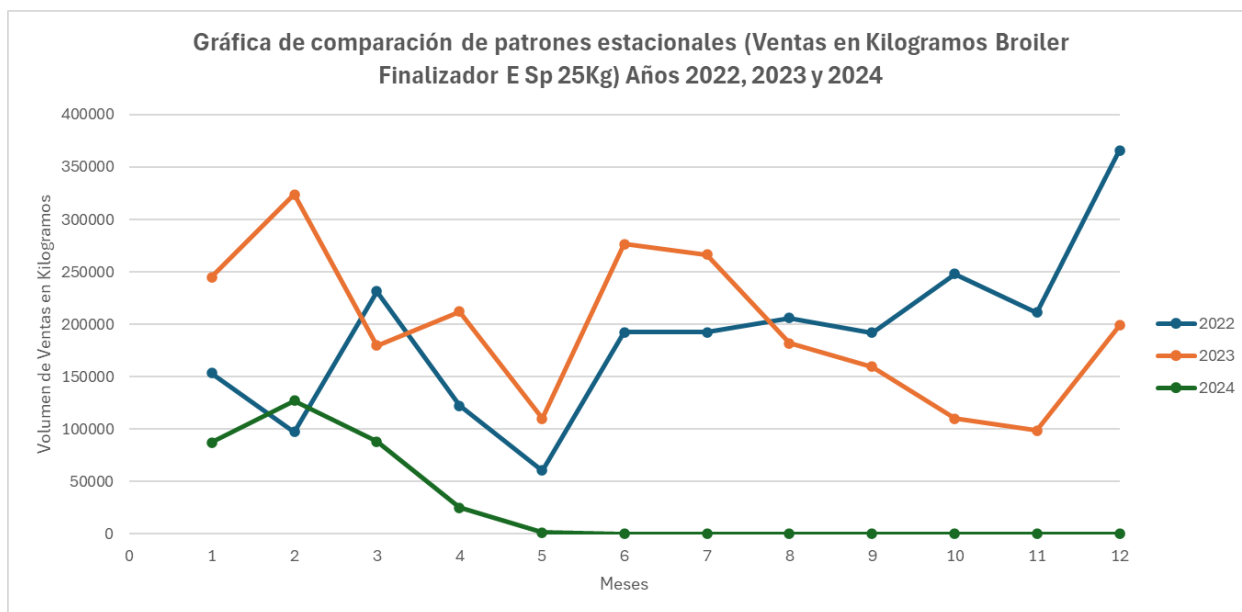


Figura A. 12 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698385) Años 2022, 2023 y 2024

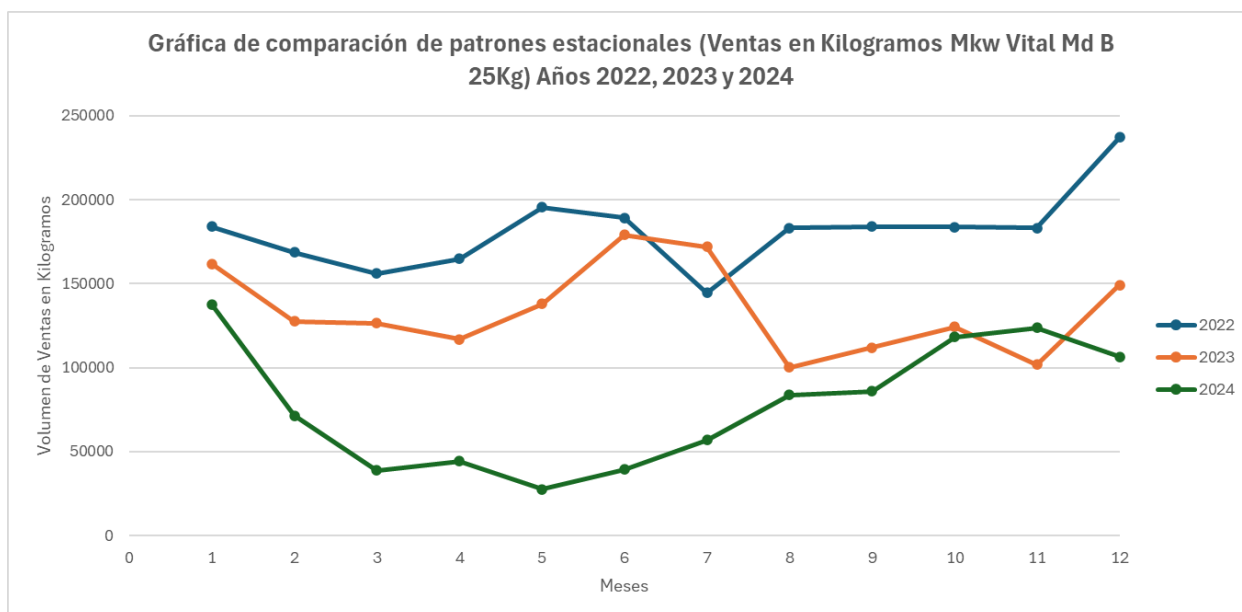


Figura A. 13 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13606905) Años 2022, 2023 y 2024

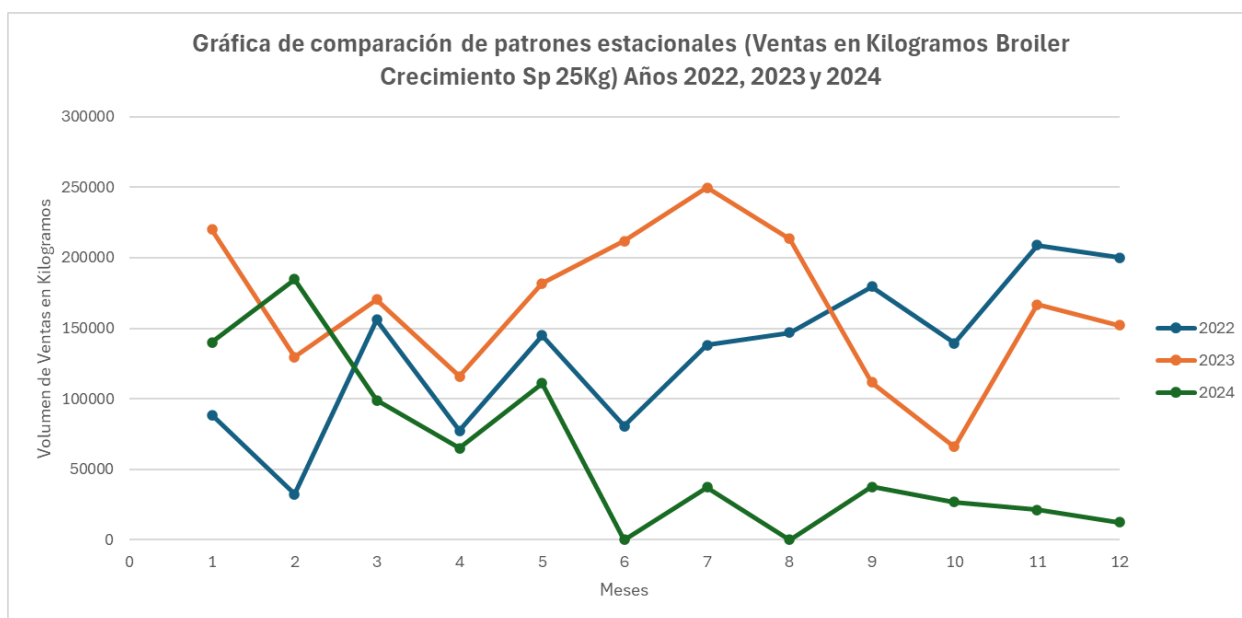


Figura A. 14 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697935) Años 2022, 2023 y 2024

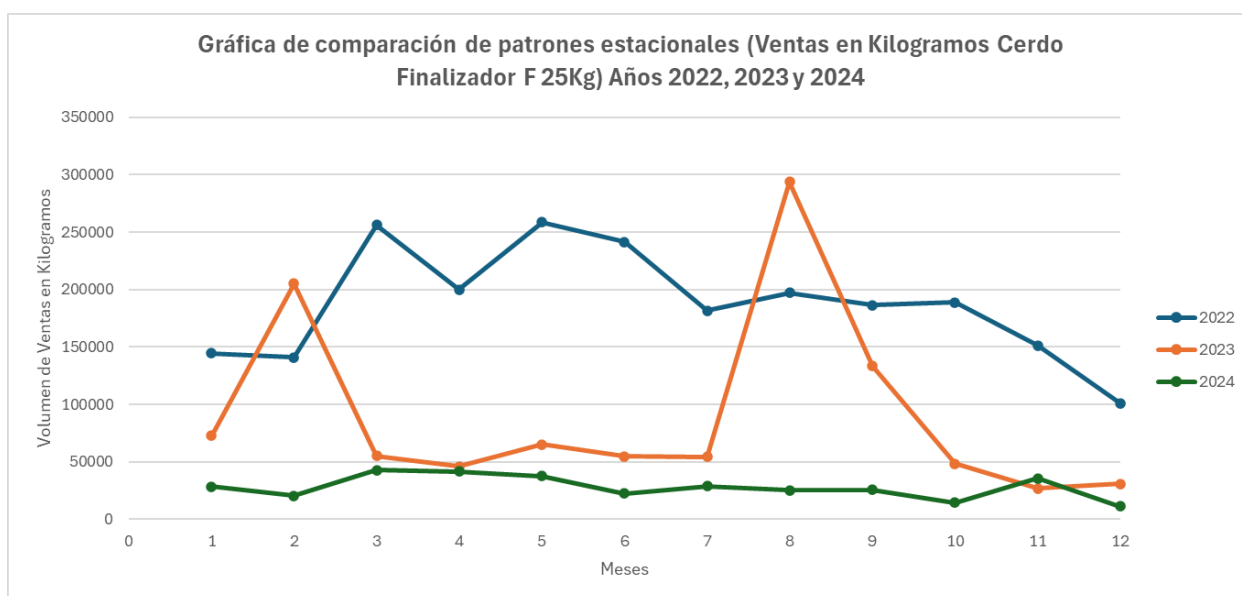


Figura A. 15 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698165) Años 2022, 2023 y 2024

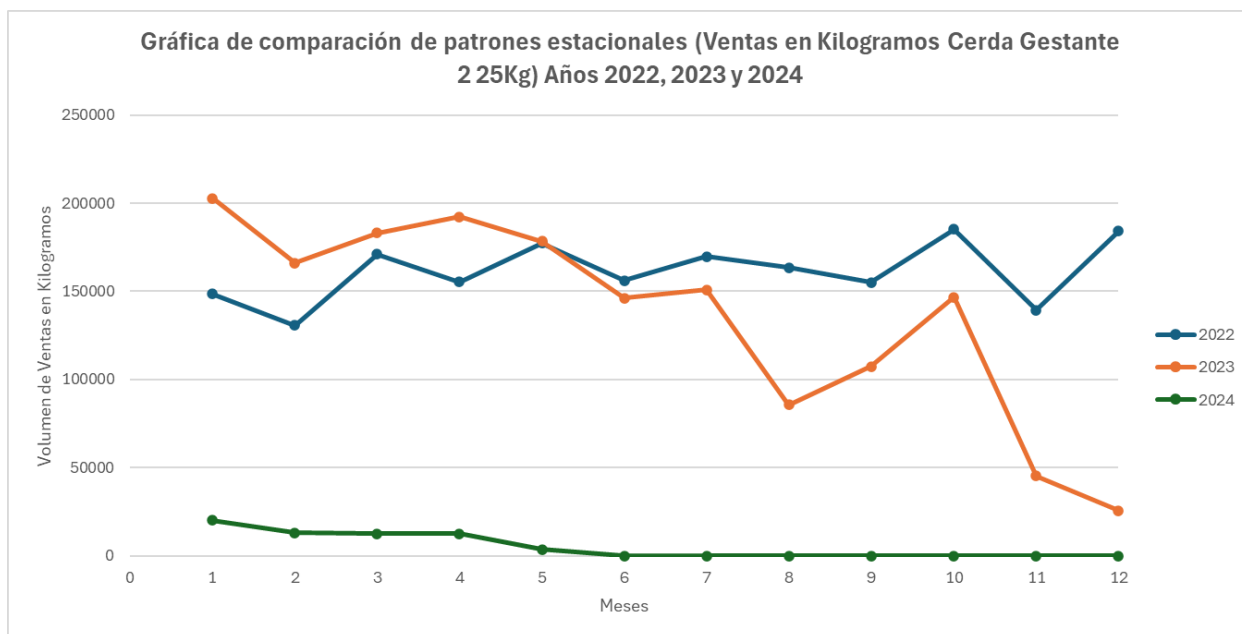


Figura A. 16 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697755) Años 2022, 2023 y 2024

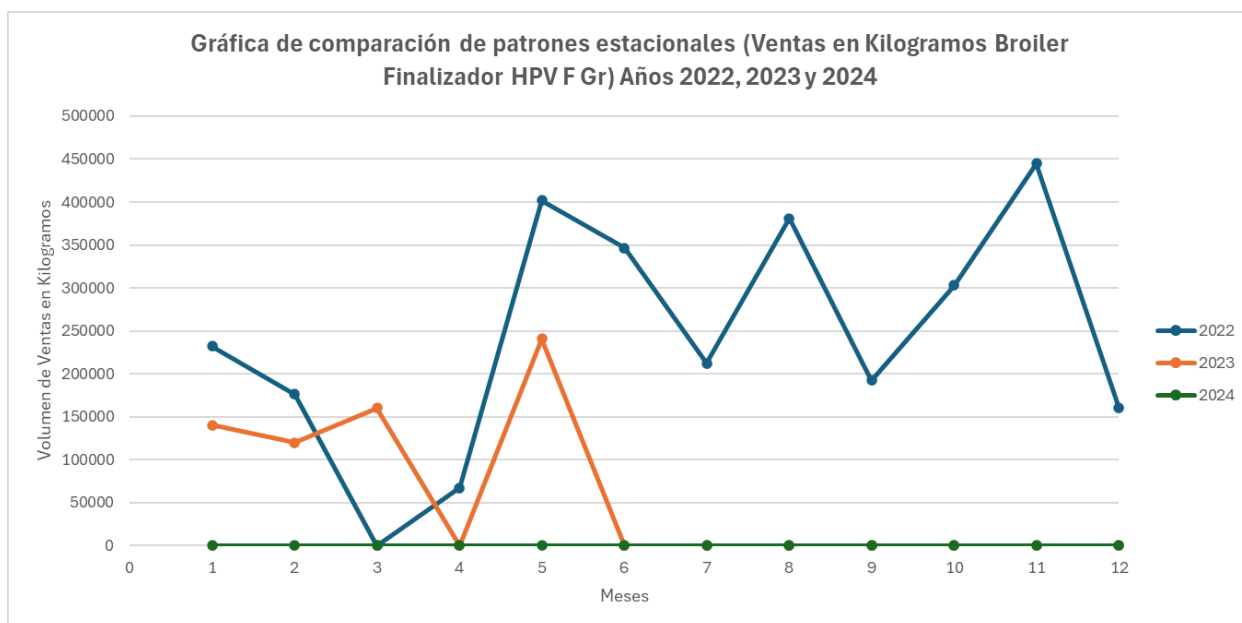


Figura A. 17 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698565) Años 2022, 2023 y 2024

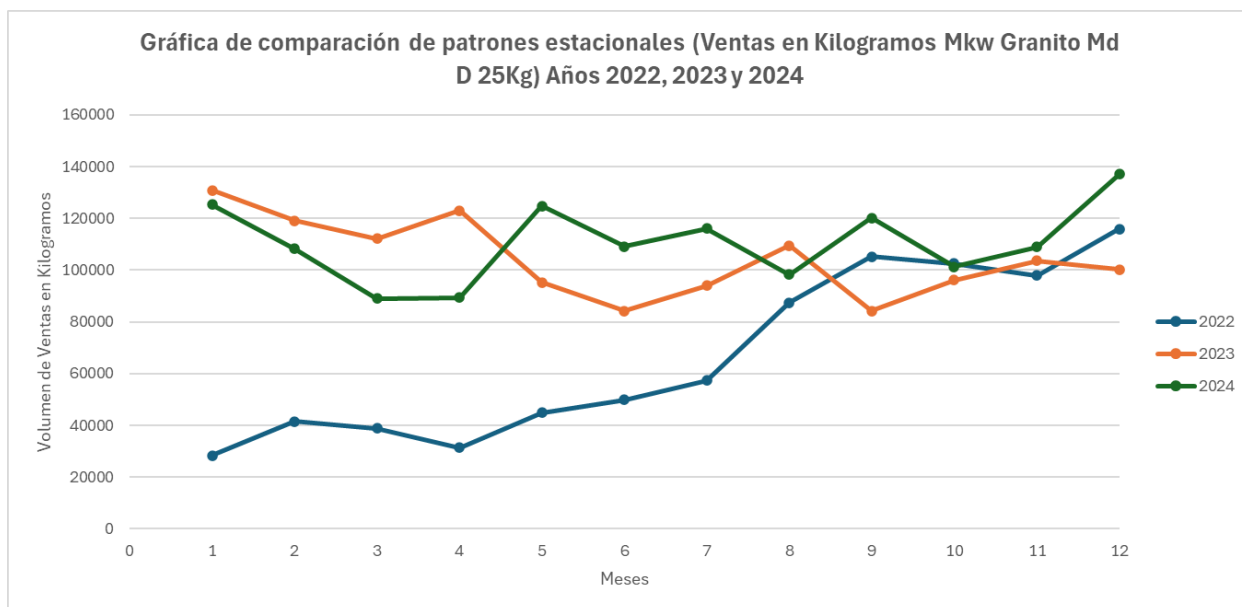


Figura A. 18 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13612195) Años 2022, 2023 y 2024

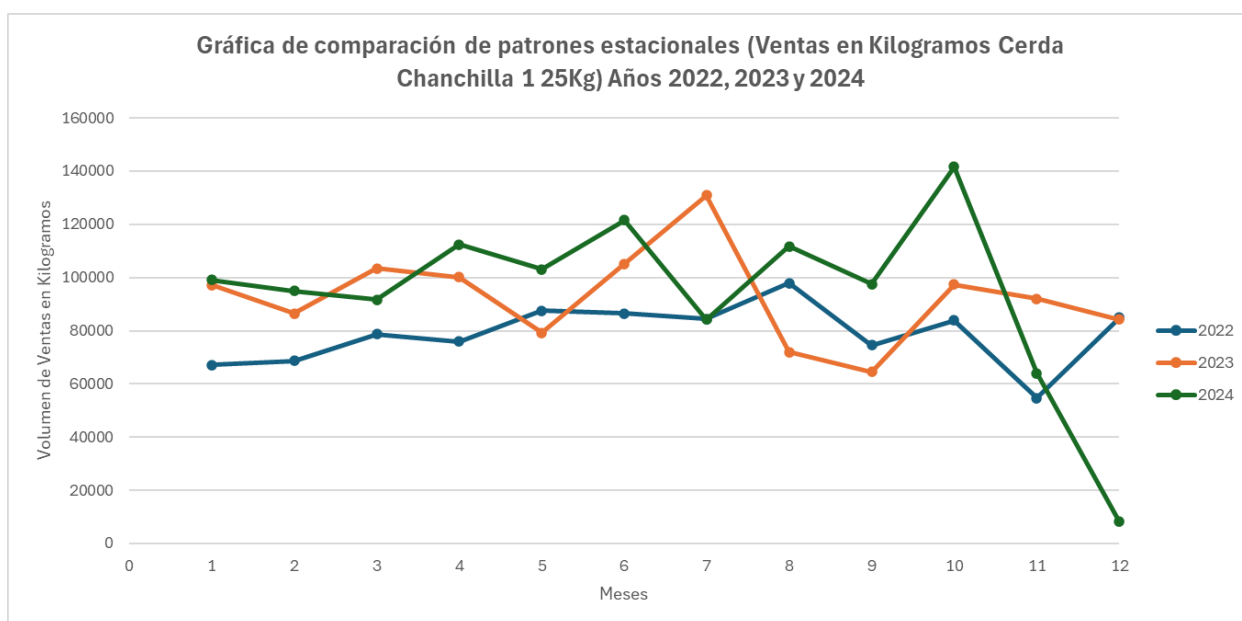


Figura A. 19 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698055) Años 2022, 2023 y 2024

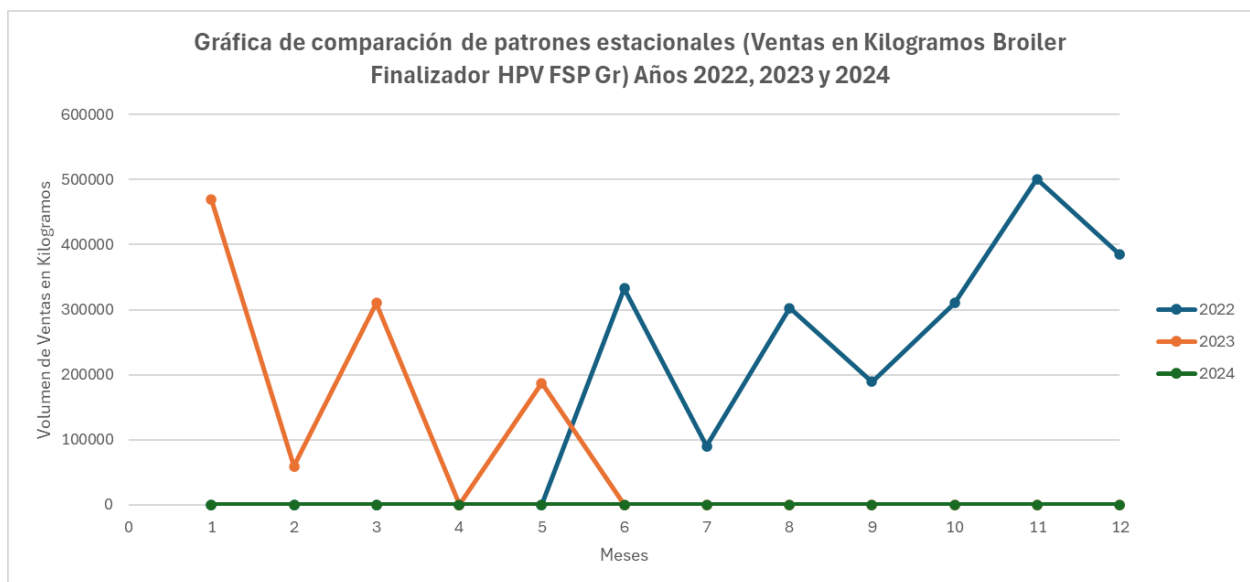


Figura A. 20 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14025635) Años 2022, 2023 y 2024

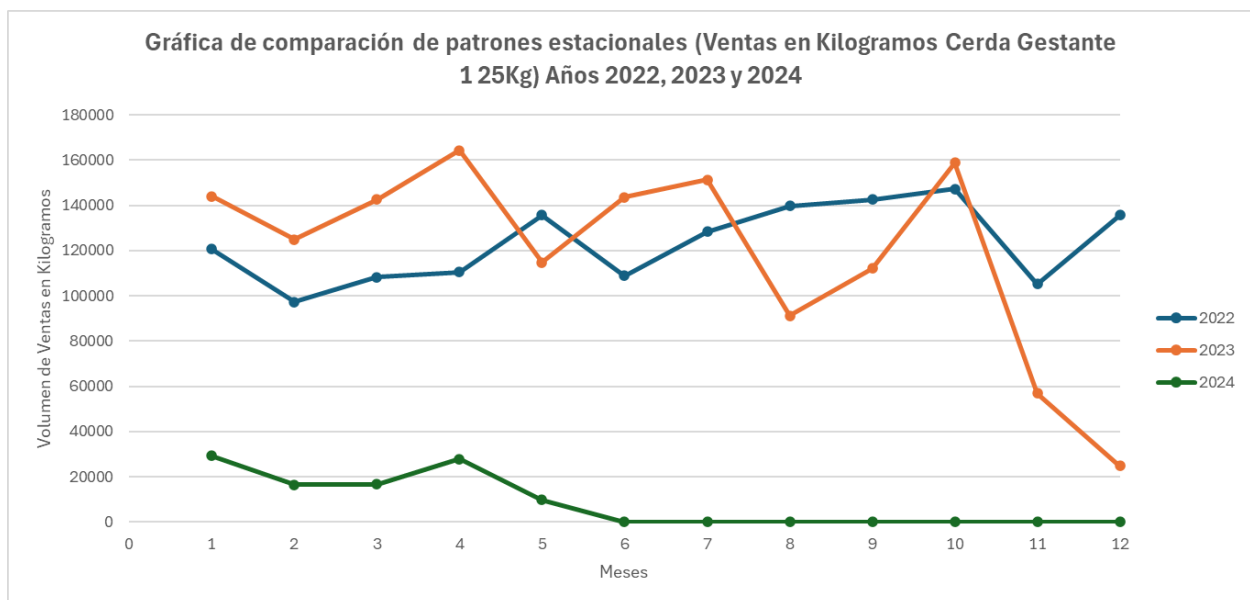


Figura A. 21 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697735) Años 2022, 2023 y 2024

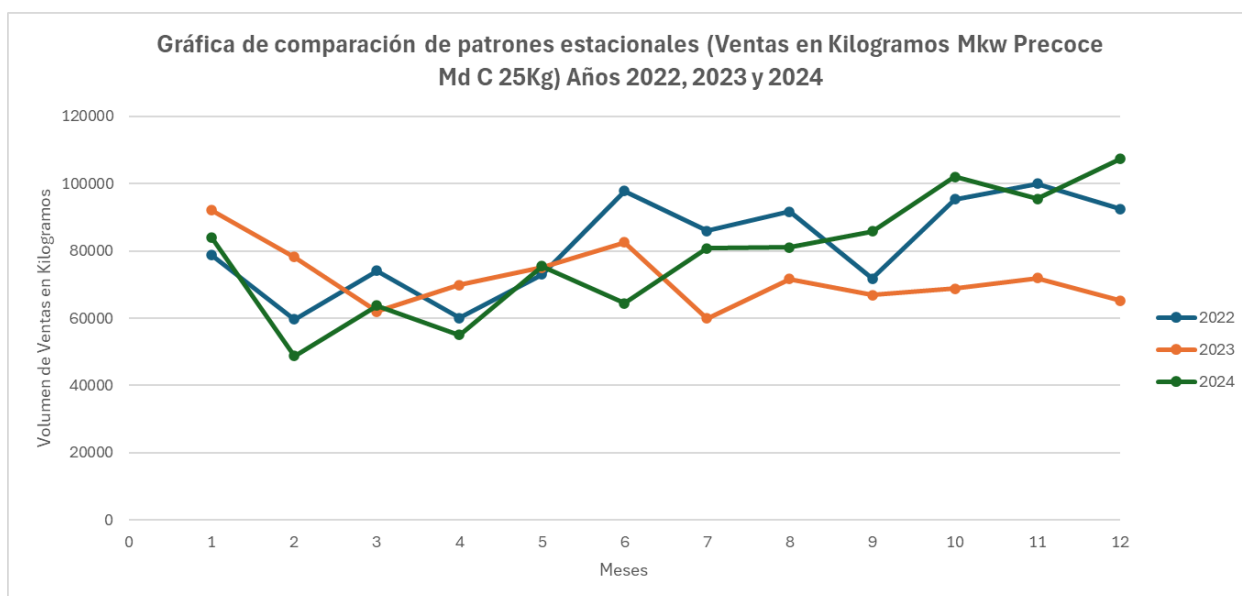


Figura A. 22 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13611805) Años 2022, 2023 y 2024

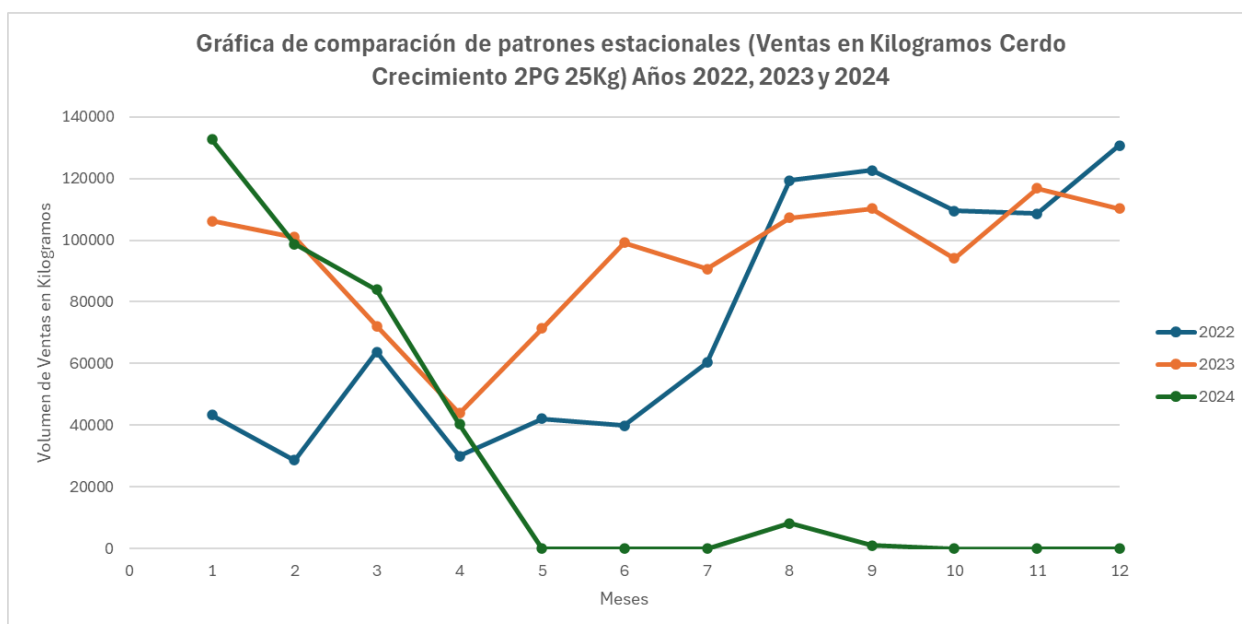


Figura A. 23 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698185) Años 2022, 2023 y 2024

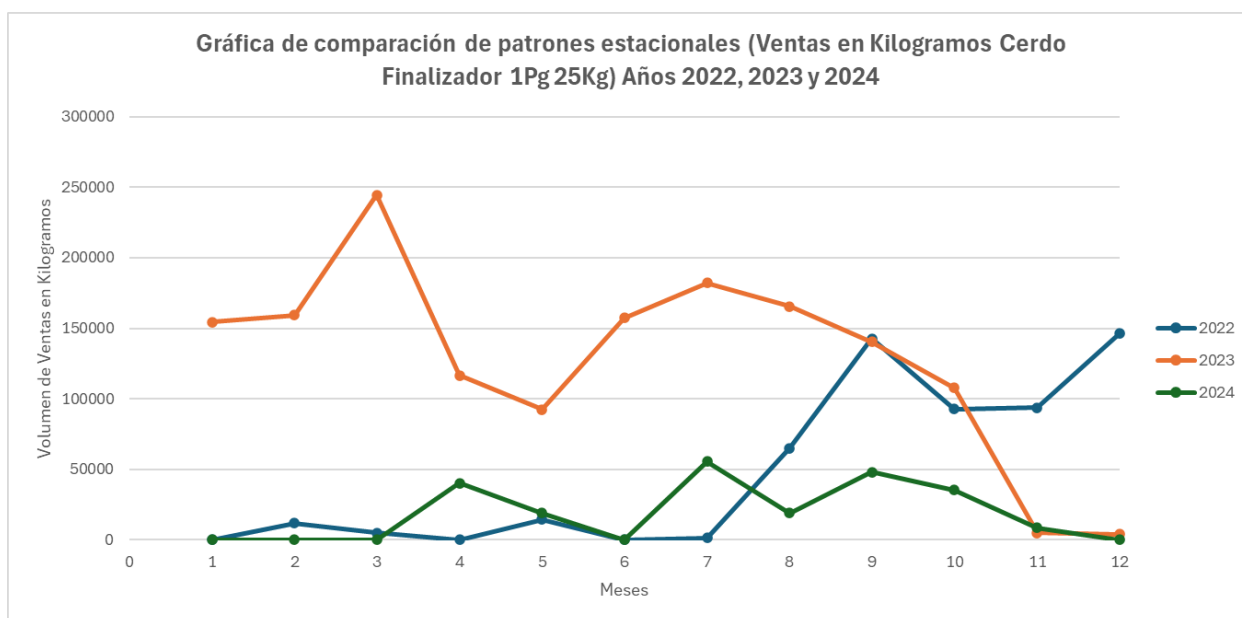


Figura A. 24 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698215) Años 2022, 2023 y 2024

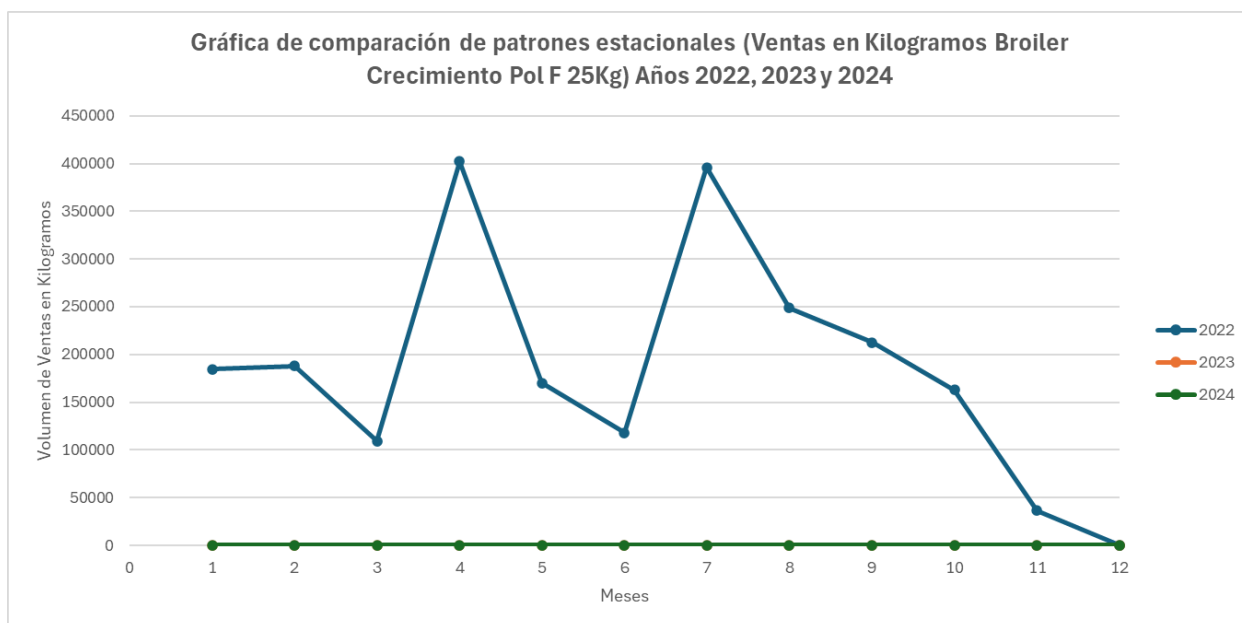


Figura A. 25 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697985) Años 2022, 2023 y 2024

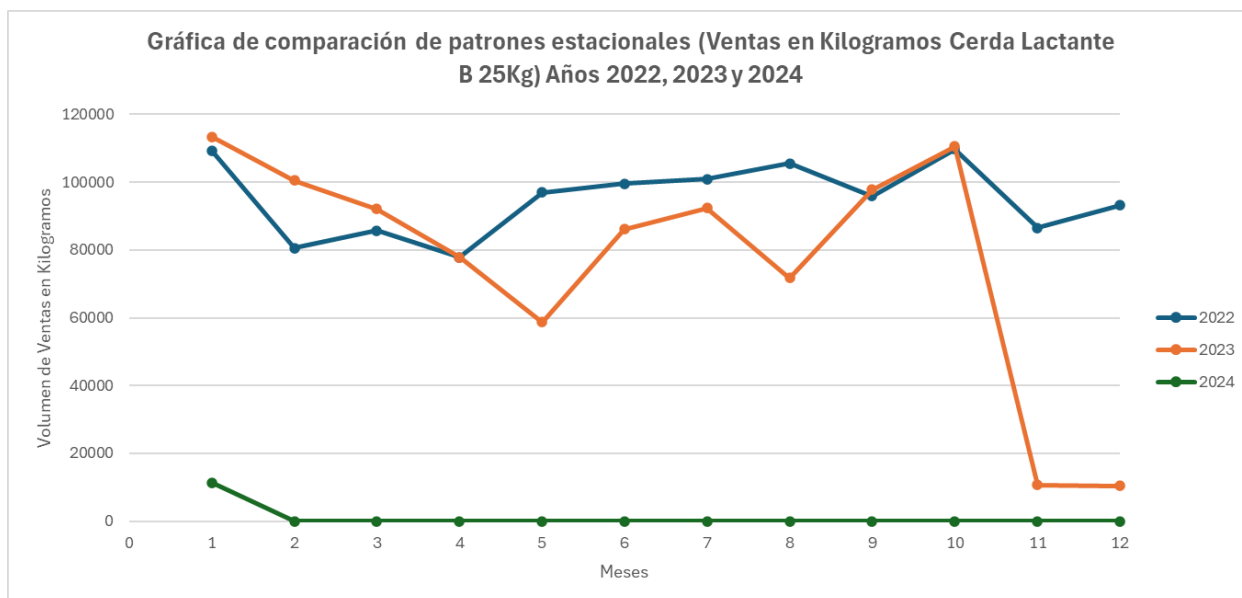


Figura A. 26 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697795) Años 2022, 2023 y 2024

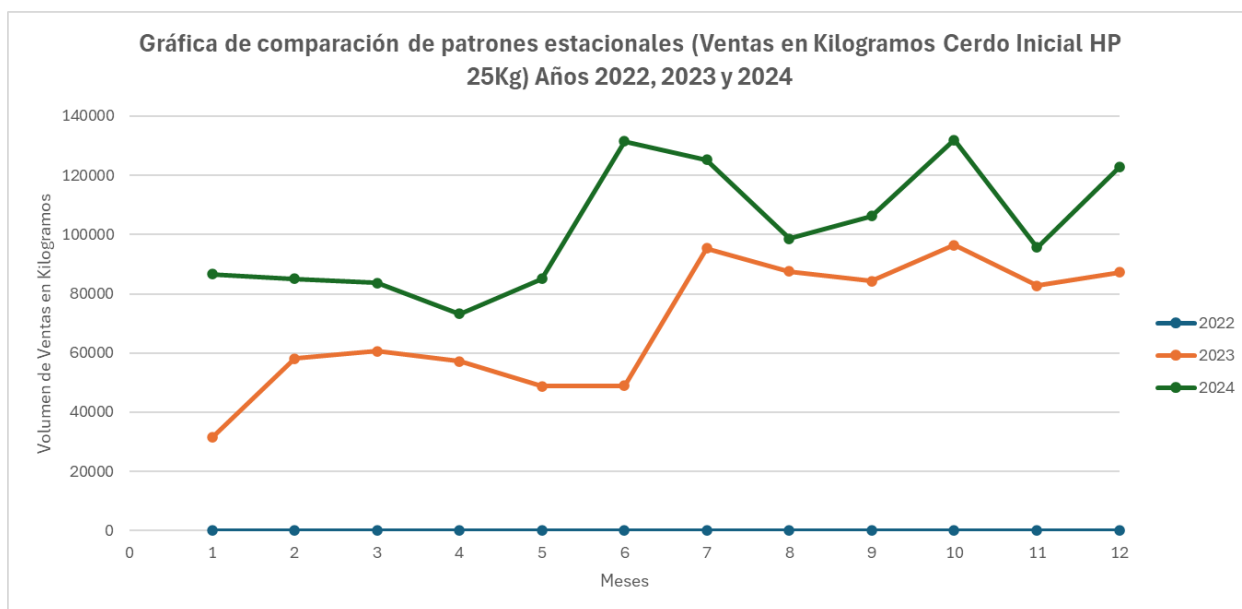


Figura A. 27 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14372925) Años 2022, 2023 y 2024

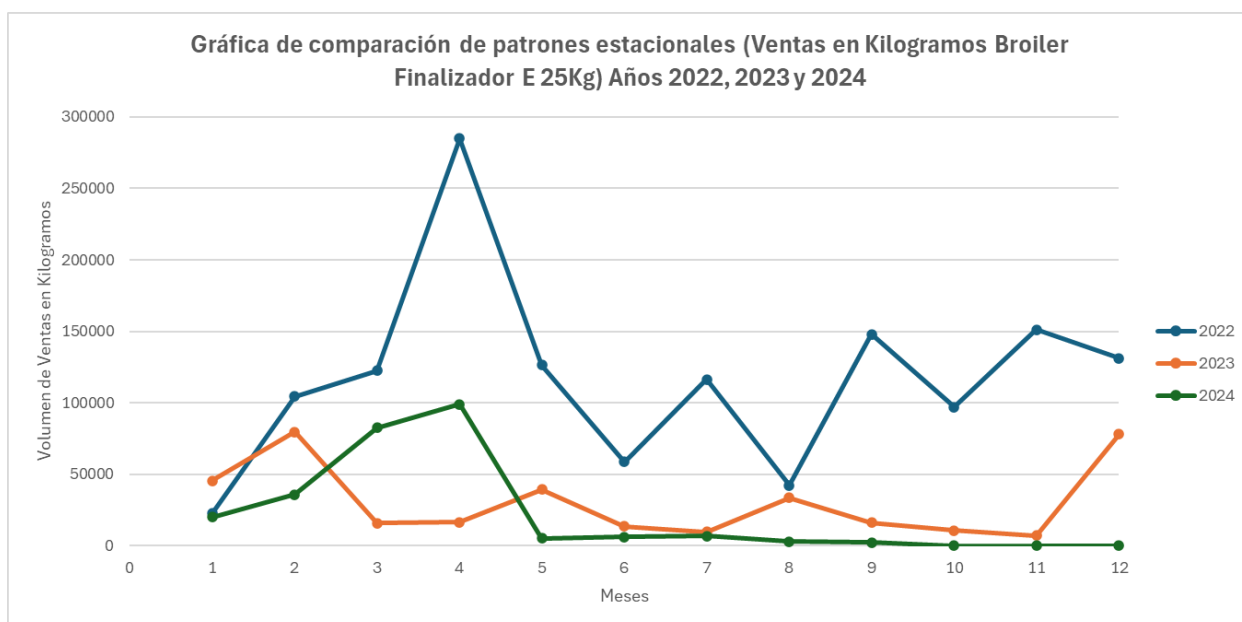


Figura A. 28 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698025) Años 2022, 2023 y 2024

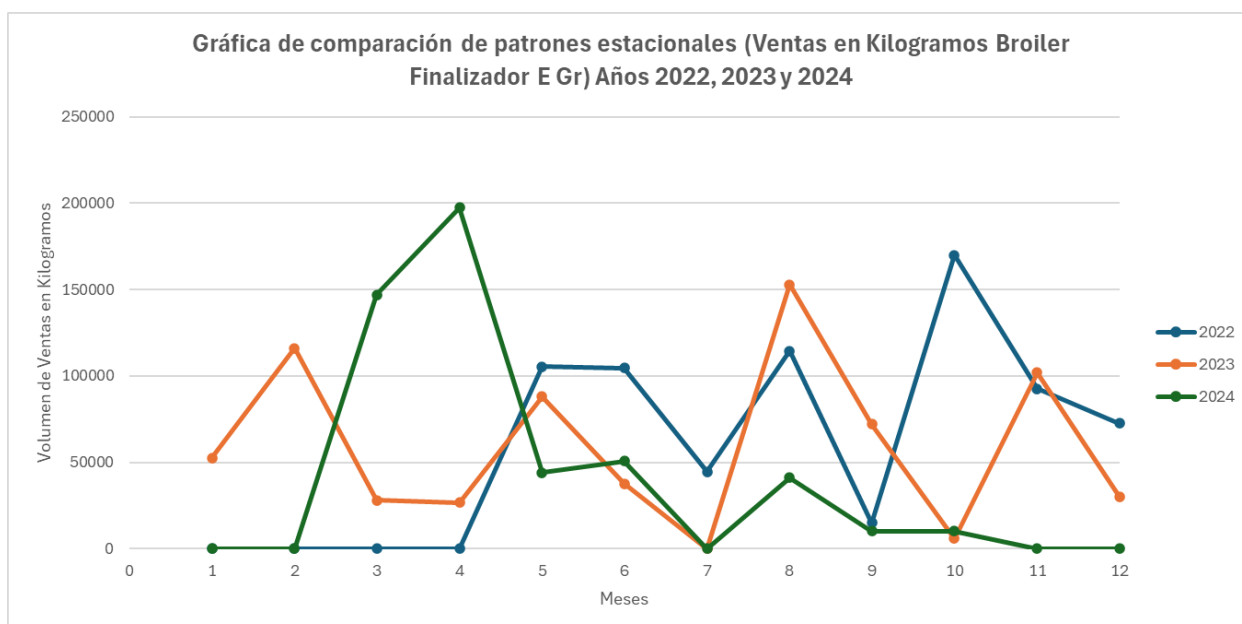


Figura A. 29 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14027685) Años 2022, 2023 y 2024

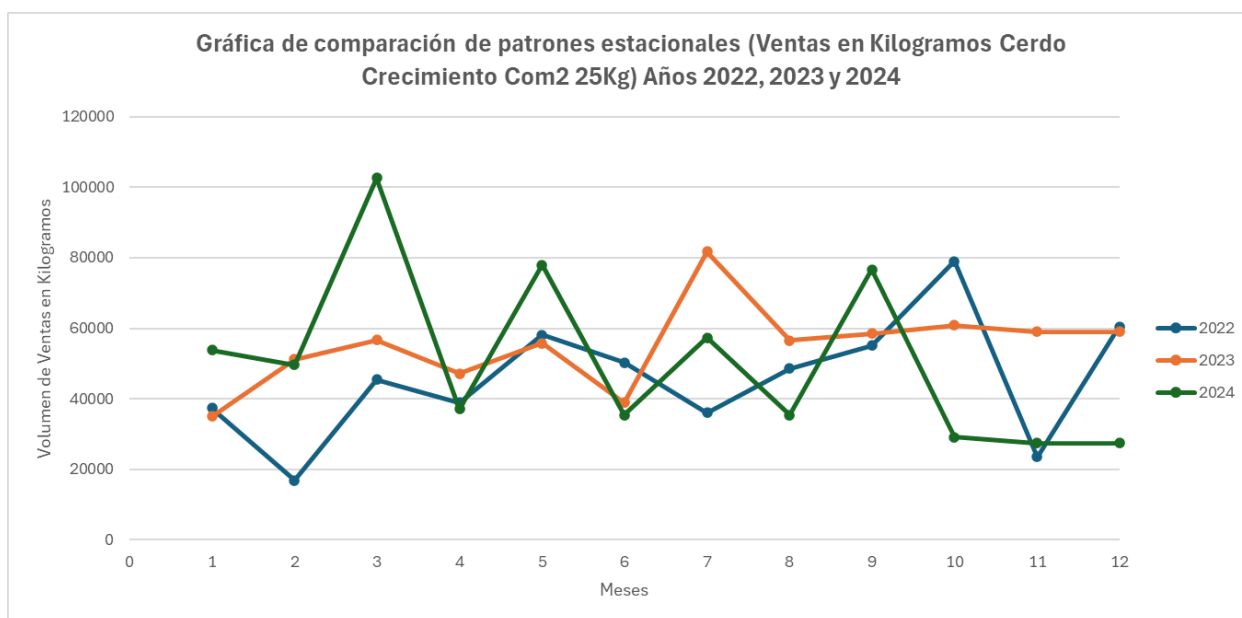


Figura A. 30 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698245) Años 2022, 2023 y 2024

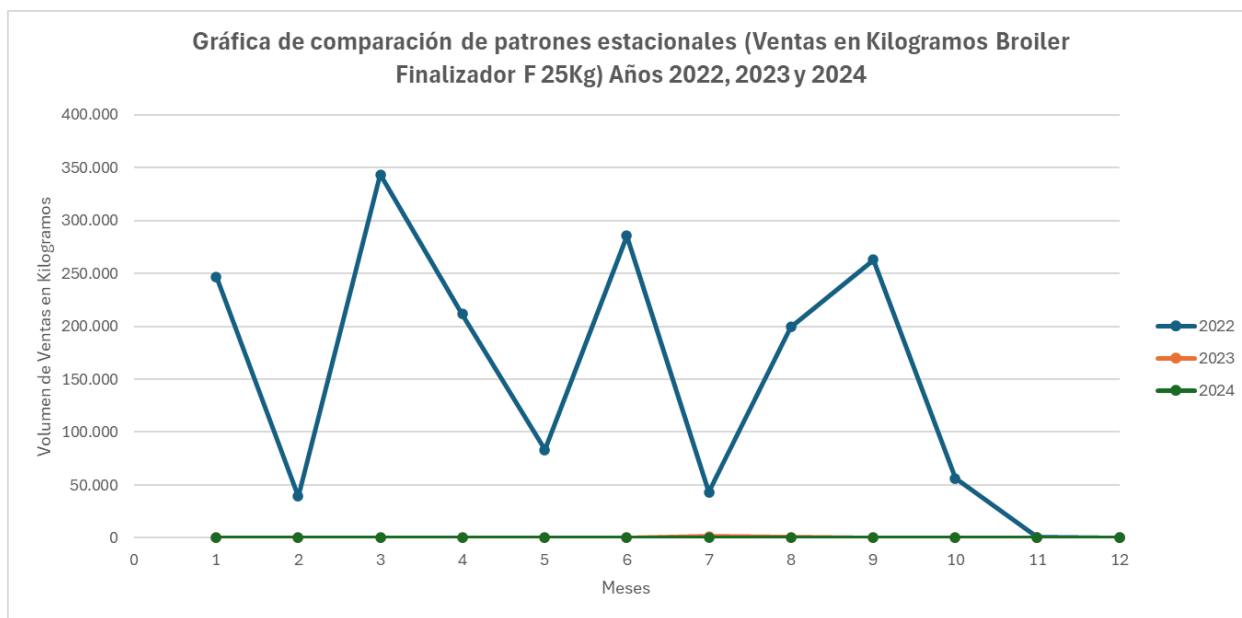


Figura A. 31 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697965) Años 2022, 2023 y 2024

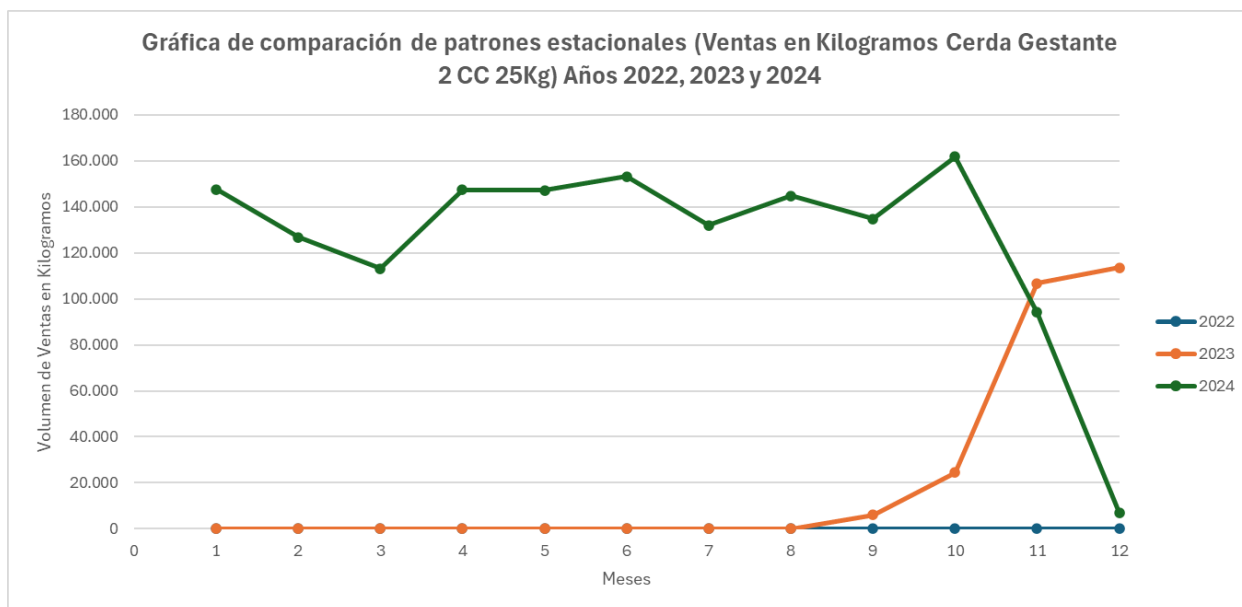


Figura A. 32 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 17124325) Años 2022, 2023 y 2024

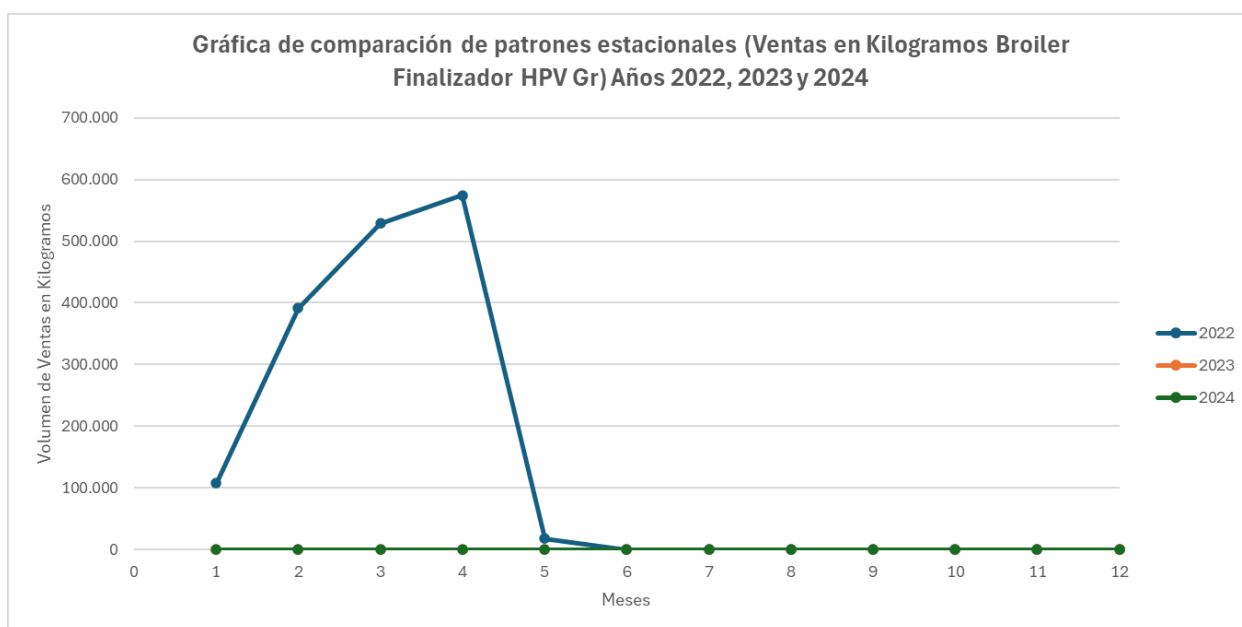


Figura A. 33 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698545) Años 2022, 2023 y 2024

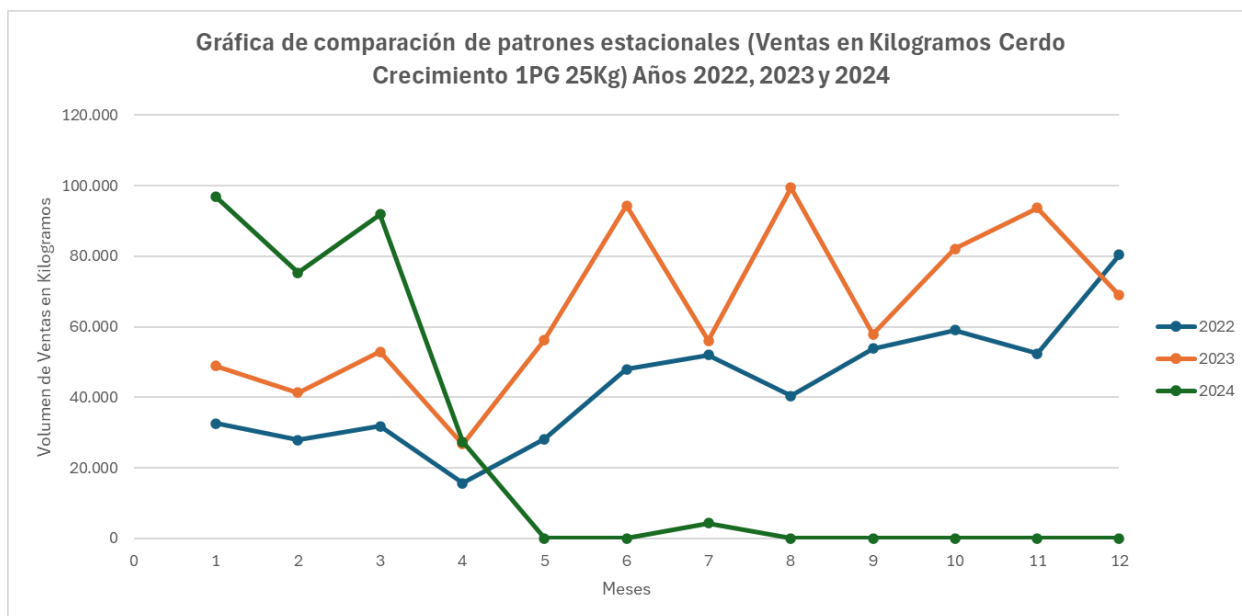


Figura A. 34 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698175) Años 2022, 2023 y 2024

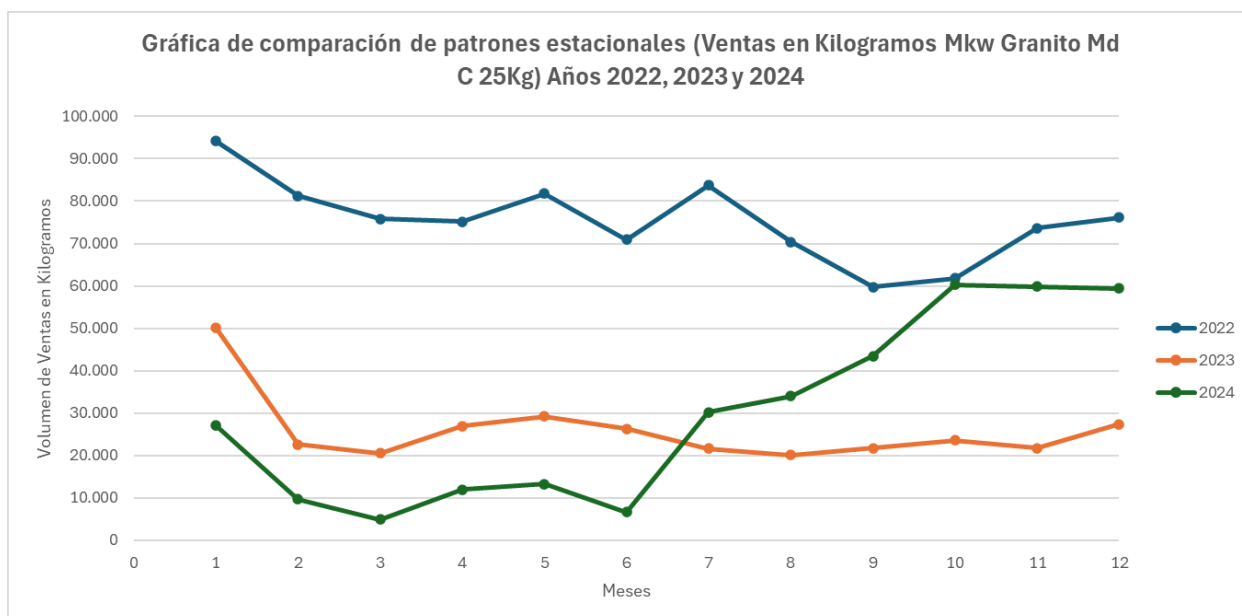


Figura A. 35 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13611815) Años 2022, 2023 y 2024

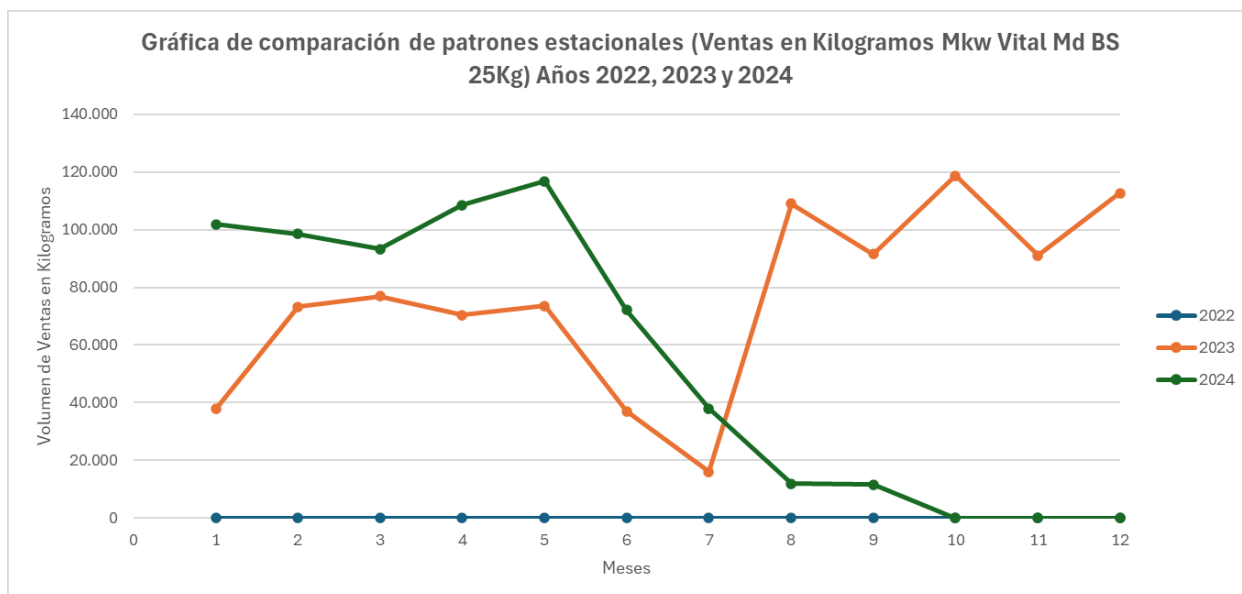


Figura A. 36 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14372915) Años 2022, 2023 y 2024

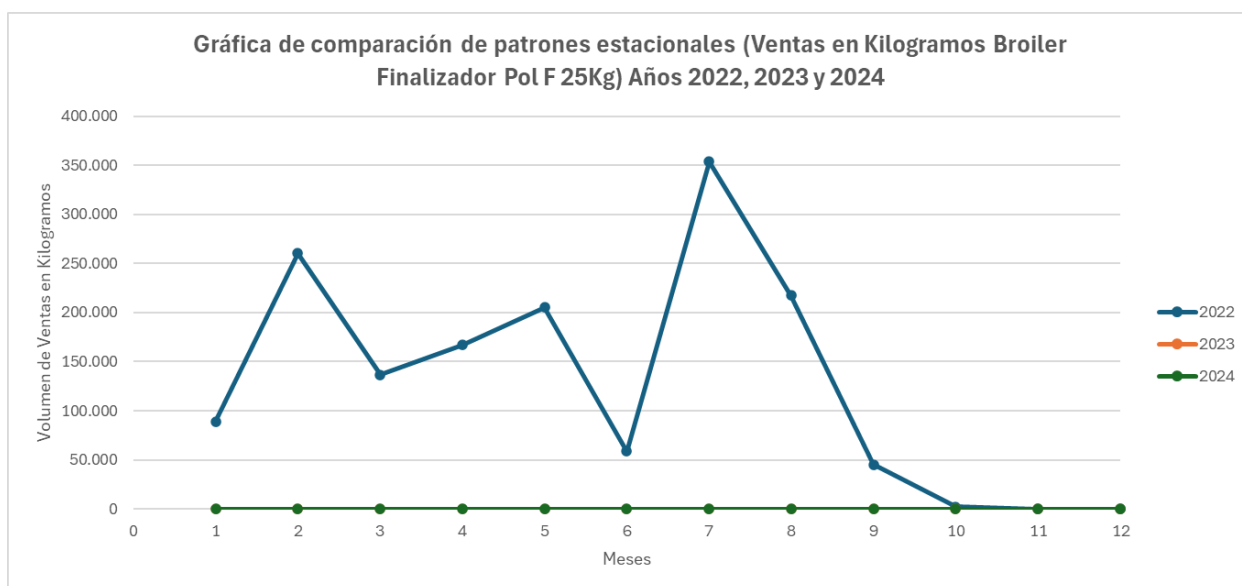


Figura A. 37 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13697995) Años 2022, 2023 y 2024

Fuente: Elaboración propia

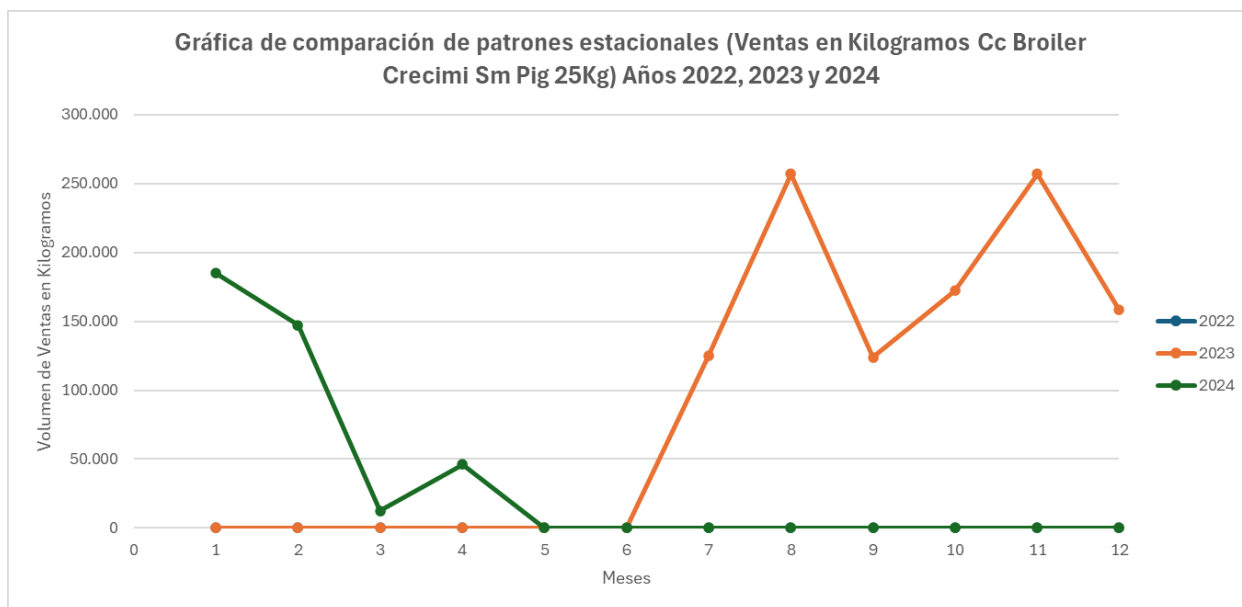


Figura A. 38 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 14351145) Años 2022, 2023 y 2024

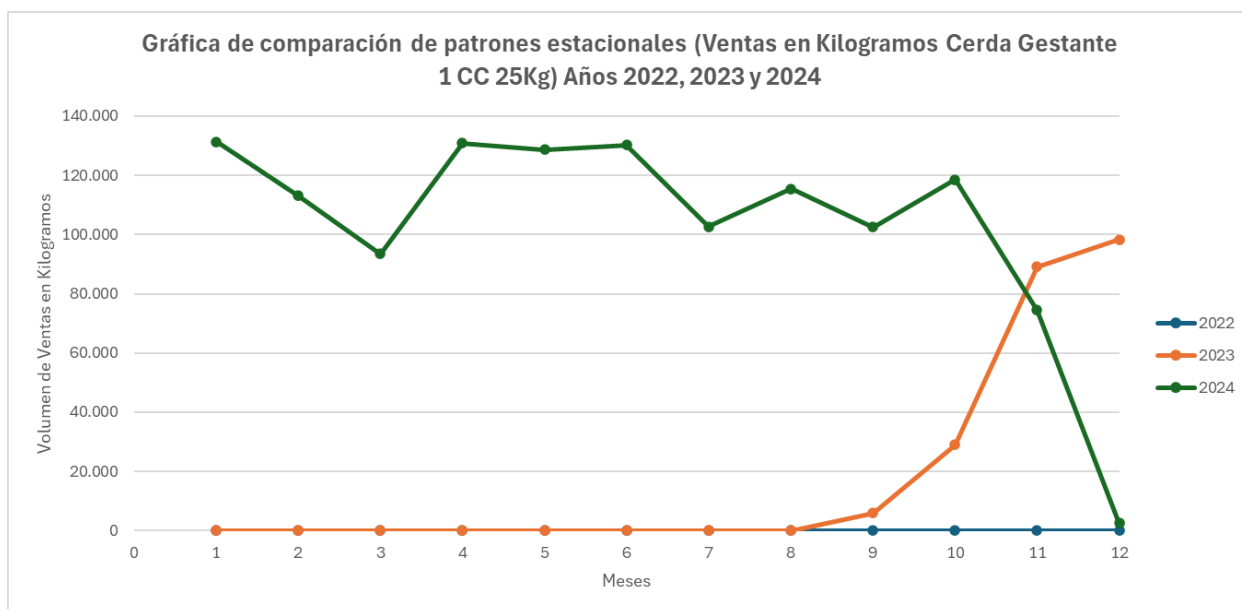


Figura A. 39 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 17124315) Años 2022, 2023 y 2024

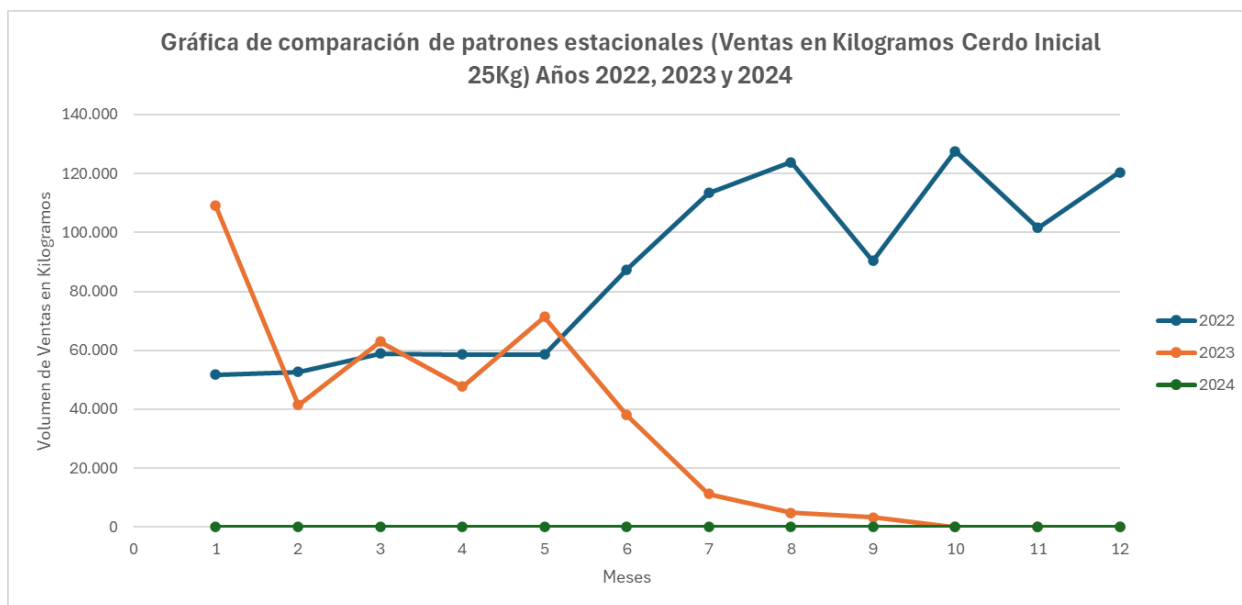


Figura A. 40 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698045) Años 2022, 2023 y 2024

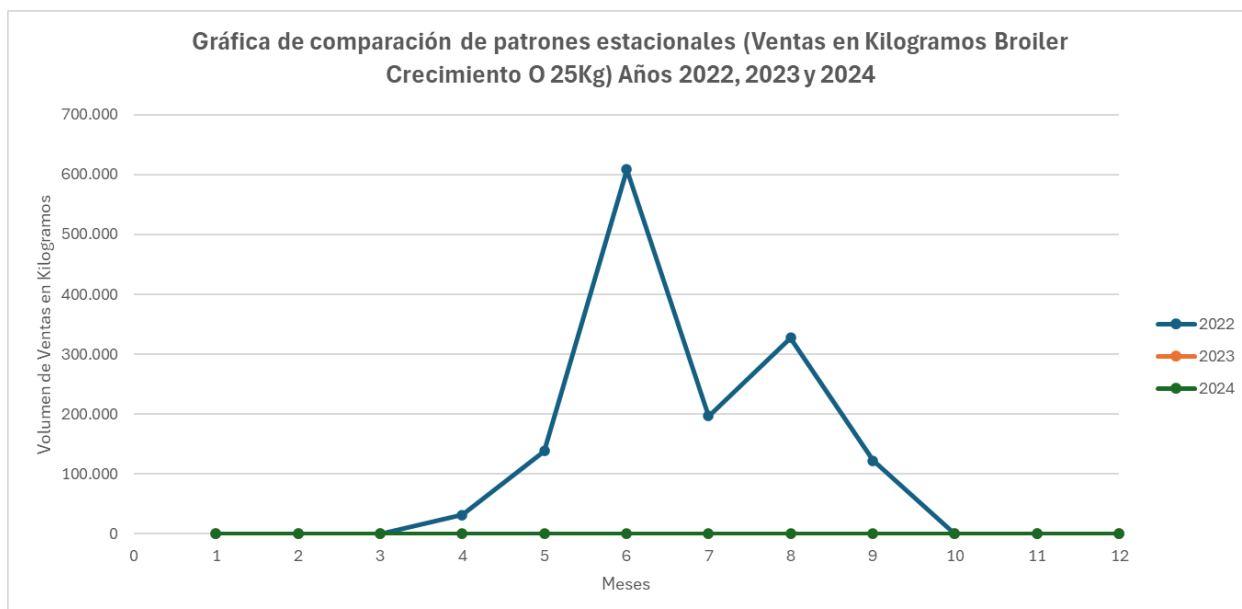


Figura A. 41 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13994715) Años 2022, 2023 y 2024

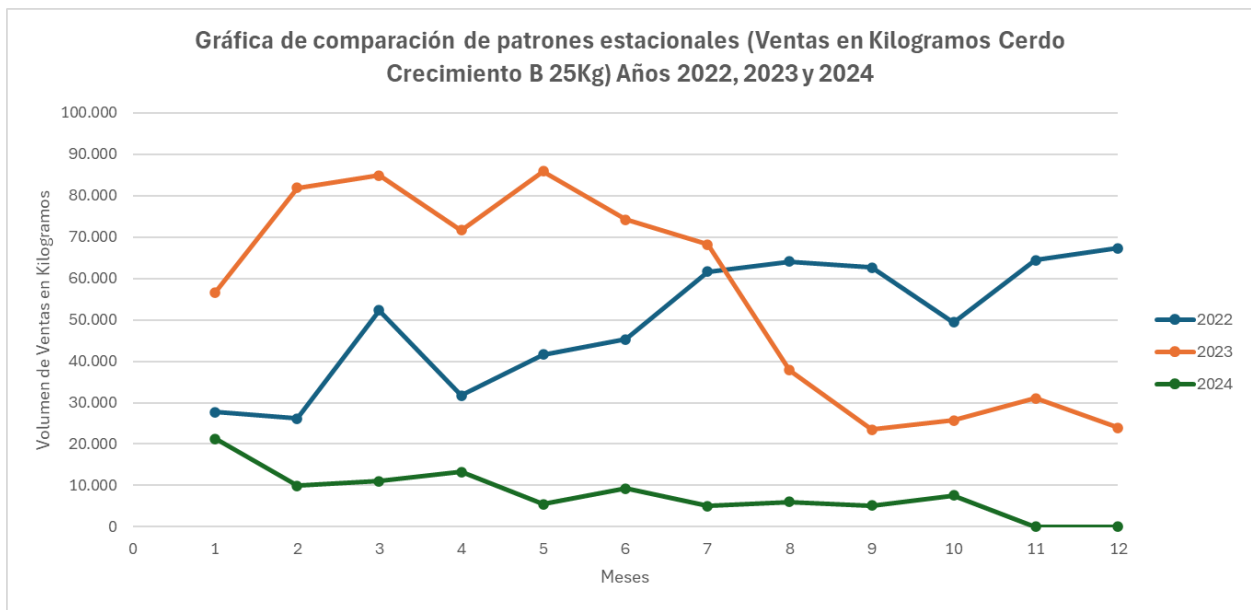


Figura A. 42 Gráfica de comparación de patrones estacionales (Ventas en Kilogramos de Producto 13698145) Años 2022, 2023 y 2024