



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Estadística Aplicada

**PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN
GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE
CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS**

Ing. José Jorge Zamora González

Asesorado por el M.A. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN
GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE
CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JOSÉ JORGE ZAMORA GONZÁLEZ
ASESORADO POR EL M.A. ING. NORMA ILEANA SARMIENTOS ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN ESTADÍSTICA APLICADA

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA DE TESIS

| | |
|-------------|--|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí |
| EXAMINADOR | Mtro. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco |
| EXAMINADORA | Mtra. Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN
GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE
CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 16 de mayo de 2022.

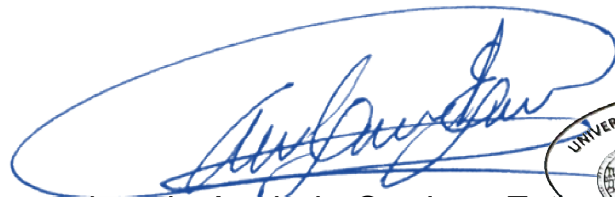


Ing. José Jorge Zamora González

LNG.DECANATO.OI.442.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS**, presentado por: **Ing. José Jorge Zamora González**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Estadística aplicada después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2023

LNG.EEP.OI.442.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS”

presentado por **Ing. José Jorge Zamora González** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Estadística aplicada** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**



Guatemala 30 de mayo 2022.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

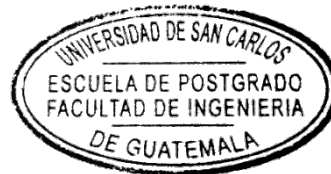
M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:


Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTICULO CIENTÍFICO** titulado: **PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS** del estudiante **José Jorge Zamora González** quien se identifica con número de carné **201314016** del programa de Maestría en Estadística Aplicada.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,




MSc. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador
Maestría Estadística Aplicada
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 31 mayo de 2022.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director


Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **“PRONÓSTICO DEL MONTO EN DÓLARES DE LA EXPORTACIÓN DE BANANO EN GUATEMALA PARA EL AÑO 2024 A TRAVÉS DEL MODELO CON MAYOR GRADO DE CONFIABILIDAD ENTRE LA METODOLOGÍA DE ARIMA Y HOLT-WINTERS”** del estudiante **José Jorge Zamora González** del programa de Maestría en **Estadística Aplicada** identificada con número de carné: **2604518860101**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Norma Ileana Sarmiento Zeceña
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4319

MSc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Colegiado No. 4319

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas sus bendiciones que me han llevado a realizarme como persona.
- Mis padres** Flory Julissa González de Zamora y Jorge Luis Zamora Samayoa. Por su incondicional apoyo en todas las etapas de la vida, sin duda ellos son los artífices de mi carrera como profesional.
- Mi hermana** Mónica Beatriz Zamora González, porque una vez más logramos alcanzar un objetivo juntos, sin duda su apoyo moral y académico me han motivado a alcanzar este objetivo.
- Mi novia** Rosa María Peralta García, por creer en mí desde los inicios de la carrera a nivel de licenciatura, hoy gracias a su ejemplo académico y apoyo, alcanzamos un nuevo grado académico.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por acogerme nuevamente en esta casa de estudios para la obtención de mi título de postgrado.

**Escuela de postgrado de
postgrado**

Por innovar la educación guatemalteca haciendo de la maestría un pensum competitivo.

**Catedráticos de la
maestría**

Por compartir sus conocimientos y experiencias que me ayudaron a crecer profesionalmente.

**César Fernando Castillo
Posadas**

Agradezco su apoyo a lo largo de este trayecto, ya que con el aporte de sus conocimientos y experiencias logramos culminar otro grado académico.

**Dra. Aura Marina
Rodríguez**

Por contagiarnos de su buena actitud y ser una guía para concluir la etapa final de la maestría.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | III |
| LISTA DE SÍMBOLOS | V |
| GLOSARIO | VII |
| RESUMEN | IX |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | XI |
| OBJETIVOS..... | XV |
| RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XXI |
| | |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. Concepto de estadística | 1 |
| 1.2. Series de tiempo..... | 1 |
| 1.2.1. Componentes de la serie de tiempo | 2 |
| 1.2.2. Métodos de predicción..... | 3 |
| 1.2.2.1. Metodología ARIMA (Box-Jenkins)..... | 5 |
| 1.2.2.2. Metodología Holt-Winters | 9 |
| 1.2.3. Error porcentual absoluto medio (MAPE) | 12 |
| 1.2.4. Pruebas de normalidad..... | 12 |
| 1.3. Indicadores económicos de Guatemala | 15 |
| 1.3.1. Sectores económicos de Guatemala..... | 15 |
| 1.3.1.1. Sector primario | 15 |
| 1.3.1.2. Sector secundario..... | 16 |
| 1.3.1.3. Sector terciario..... | 16 |
| 1.3.1.4. Exportaciones en Guatemala..... | 17 |

| | | |
|------|---|----|
| 2. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 21 |
| 2.1. | Objetivo 1: descomponer la serie de tiempo que contiene la información de exportación del monto en dólares de banano en Guatemala en sus cuatro componentes principales (tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad)..... | 21 |
| 2.2. | Objetivo 2: determinar a través de una prueba de hipótesis si existe estacionalidad en la serie de tiempo. | 24 |
| 2.3. | Objetivo 3: obtener los dos modelos resultantes de analizar la serie de tiempo a través de la metodología ARIMA y Holt-Winters. | 26 |
| 2.4. | Objetivo 4: precisar cuál de los dos modelos propuestos presenta el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual por medio de error porcentual absoluto medio (MAPE). | 28 |
| 3. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 31 |
| | CONCLUSIONES..... | 35 |
| | RECOMENDACIONES | 37 |
| | REFERENCIAS..... | 39 |
| | APÉNDICE | 43 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Componentes de la serie de tiempo..... | 3 |
| 2. | Clasificación de los métodos de predicción..... | 5 |
| 3. | Fases metodología ARIMA | 10 |
| 4. | Distribución normal..... | 13 |
| 5. | Proporción de los principales productos de exportación | 17 |
| 6. | Serie de tiempo | 21 |
| 7. | Descomposición serie de tiempo | 22 |
| 8. | Boxplot exportación trimestral | 23 |
| 9. | Función de autocorrelación (ACF) | 24 |
| 10. | Función de autocorrelación parcial (PACF)..... | 25 |
| 11. | Pronóstico ARIMA | 26 |
| 12. | Pronóstico Holt-Winters..... | 27 |

TABLAS

| | | |
|------|---|-------|
| I. | Variables del estudio | XVIII |
| II. | Principales productos de exportación..... | 18 |
| III. | Principales países de destino para las exportaciones..... | 19 |
| IV. | Datos pronósticos ARIMA | 27 |
| V. | Datos pronósticos Holt-Winters..... | 28 |
| VI. | Resultados MAPE | 28 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|-------------------------------|
| \$ | Dólares americanos |
| T | Tiempo agrupado en trimestres |

GLOSARIO

| | |
|--------------------------------------|--|
| ARIMA | Modelo autorregresivo integrado de media móvil. |
| <i>Boxplot</i> | Es una gráfica que muestra de manera resumida las medidas de dispersión de un conjunto de datos. |
| Exportaciones | Conjunto de bienes y servicios que un país vende en territorio extranjero. |
| Holt-Winters | Tecla que se presiona para separar concepto de significado. |
| MAPE | Error porcentual absoluto medio. |
| PIB | Producto interno bruto. |
| Series de tiempo | Conjunto de observaciones sobre ciertos valores que toman una variable a través del tiempo. |
| <i>Software estadístico R</i> | <i>Software</i> libre de análisis estadístico. |
| USD | Dólares americanos. |

RESUMEN

El propósito del estudio de esta investigación fue realizar un pronóstico del monto en dólares de la exportación de banano en Guatemala al año 2024, para que los agentes comerciales nacionales prevean y planifiquen el abastecimiento de este producto en función de las demandas estimadas a futuro.

El objetivo general del estudio fue pronosticar el monto en dólares de la exportación de banano de Guatemala hasta el año 2024 a través del modelo que presenta mayor grado de confiabilidad entre la metodología ARIMA y Holt-Winters.

La metodología utilizada para este trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, tomando como base de datos la información publicada por el Banco de Guatemala. El alcance de la investigación es correlacional entre sus datos históricos y de diseño no experimental de tipo descriptivo.

Se determinó a través de la descomposición de la serie de tiempo y el análisis gráfico de la autocorrelación y autocorrelación parcial que la serie de tiempo no es estacionaria, sin embargo, ambas metodologías (ARIMA y Holt-Winters) son recomendables para este tipo de comportamientos en la serie de tiempo.

En conclusión, se determinó que ambas metodologías pronostican un alza en la exportación de banano, siendo la metodología ARIMA la de mayor grado de confiabilidad según el análisis MAPE.

Se recomienda el estudio paralelo del comportamiento del tipo de cambio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

El Banco de Guatemala posee información histórica interanual relacionada a los montos monetarios generados por las exportaciones de Guatemala hacia otros países. Los productos alimenticios figuran entre los principales, siendo el banano el segundo más importante en la categoría de alimentos según los datos publicados por el Banco de Guatemala. En el ámbito comercial, es razonable querer estimar los futuros ingresos que se tendrán a través de las exportaciones de este producto, para ello, se pueden utilizar métodos estadísticos que permiten realizar proyecciones basados únicamente en información histórica, es decir, sin incluir variables adicionales. Entre los métodos más conocidos se encuentra el de ARIMA y Holt-Winters.

- Descripción del problema

Se requería conocer el comportamiento del monto en dólares al año 2024 de las exportaciones de banano en Guatemala, para ello se analizó la información histórica disponible a través de la aplicación de series de tiempo, la cual consistió en analizar de manera individual cada uno de sus cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad. Posteriormente se hizo uso de los métodos estadísticos predictivos como lo es ARIMA y Holt-Winters, los cuales a través de un análisis del error se determinó el grado de confiabilidad de cada uno y con ello realizaron las inferencias sobre cuál es el más método con mayor grado de confiabilidad.

- Formulación del problema

El estudio planteado se centra en responder las siguientes preguntas:

- Pregunta central
 - ¿Cuál es el modelo de series de tiempo que permite pronosticar con mayor grado de confiabilidad el monto en dólares de la exportación de banano de Guatemala hasta el año 2024 entre la metodología ARIMA y Holt-Winters?
- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es el resultado de la descomposición de la serie de tiempo en sus cuatro componentes principales?
 - ¿La serie de tiempo con la información del monto en dólares de exportación de banano desde el año 1994 al 2021 es estacionaria?
 - ¿Cuáles son los modelos resultantes de analizar la serie de tiempo de exportaciones de banano de Guatemala a través de la metodología Holt-Winters y ARIMA?
 - ¿Cuál de los dos modelos propuestos posee el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual absoluto medio (MAPE)?

- Delimitación del problema

El 13.4 % del PIB generado por el país de Guatemala es generado por la agricultura, siendo el banano el segundo producto alimenticio con mayor exportación en todo el territorio nacional. La base de datos a utilizar para realizar el pronóstico será la publicada por el Banco de Guatemala, con información histórica trimestral desde el año 1994 al 2021 sobre el monto en dólares que el país de Guatemala ha exportado.

OBJETIVOS

General

Pronosticar el monto en dólares de la exportación de banano de Guatemala hasta el año 2024 a través del modelo que presente mayor grado de confiabilidad entre la metodología ARIMA y Holt-Winters.

Específicos

1. Descomponer la serie de tiempo que contiene la información de exportación del monto en dólares de banano en Guatemala en sus cuatro componentes principales (tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad).
2. Determinar si existe estacionalidad en la serie de tiempo.
3. Obtener los dos modelos resultantes de analizar la serie de tiempo a través de la metodología ARIMA y Holt-Winters.
4. Precisar cuál de los dos modelos propuestos presenta el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual por medio de error porcentual absoluto medio (MAPE).

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Características del estudio

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que se desea pronosticar la cantidad de dólares en la exportación de banano en Guatemala. Para ello se utilizó la base de datos históricos sobre el monto en USD de la exportación de banano publicada por el Banco de Guatemala y a través de la metodología ARIMA y Holt-Winters se obtienen resultados cuantitativos.

El tipo de estudio definido fue descriptivo, debido a que se realizó un análisis de datos a través de los valores obtenidos por los pronósticos de ambos métodos.

El alcance es correlacional entre las variables descritas, dado a que se analizó el comportamiento entre ambas

- Unidades de análisis

La información utilizada para esta investigación representa la totalidad de la información presentada por el Banco de Guatemala, por lo que no se realizaron muestreos.

- Variables de interés

Las variables que se utilizaron durante la investigación son de tipo cuantitativo, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla I. **VARIABLES DEL ESTUDIO**

| Num. | Variable | Indicador |
|------|---------------------------------|-----------|
| 1 | Monto de exportación en dólares | \$ |
| 2 | Tiempo en años | T |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

- Fases de la investigación

La investigación se desarrolló en cuatro fases:

- Fase I: revisión de literatura

Esta fase se basó en la recopilación bibliográfica necesaria para comprender los conceptos principales de lo que significa una serie de tiempo, así como la consulta a la fuente de información que pone a disposición el Banco de Guatemala.

- Fase II: entendimiento de la serie de tiempo

Al disponer de la base de datos, se inició con el desarrollo de los objetivos, con ayuda de las diferentes fuentes bibliográficas, así como antecedentes, se procedió al desarrollo de comprensión sobre las características de la serie de tiempo con la cual se contaba.

- Fase III: aplicación de las metodologías de ARIMA y Holt-Winters

Existen diferentes métodos de aplicaciones para pronósticos, entre los más comunes se encuentran ARIMA y Holt-Winters, con el apoyo del *software* estadístico R, se desarrolló el pronóstico con ambos métodos.

- Fase IV: análisis de error

Por último, se comparó los resultados de los pronósticos obtenidos por los métodos anteriores, a través del análisis de error porcentual absoluto medio (MAPE) se identificó cuál es el que da mayor certeza.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio busca sistematizar el uso de las metodologías ARIMA y Holt-Winters para el pronóstico en dólares de la exportación de banano en Guatemala determinando cuál de las dos es la que mayor grado de confiabilidad.

La falta del análisis de proyecciones de exportaciones en Guatemala hace que los agentes comerciales que se dedican al cultivo de banano (que es el segundo con mayor exportación) carezcan de buenas planificaciones para abastecer a las demandas a futuro

La importancia del estudio es brindar una perspectiva a los agentes comerciales sobre las proyecciones a futuro, para que puedan prever y a la vez efficientizar sus sistemas de producción para potencializar el mercado y hacer que el país tenga mejores ingresos económicos debido al intercambio de este producto con los diferentes socios comerciales internacionales.

La metodología utilizada para este trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, tomando como base de datos la información publicada por el Banco de Guatemala. El alcance de la investigación es correlacional entre sus datos históricos y de diseño no experimental de tipo descriptiva.

Los resultados de esta investigación indican que, a través de ambas metodologías de pronósticos, se estima un incremento a futuro de la exportación de este producto, siendo la metodología de ARIMA la de mayor confiabilidad. Esto es algo positivo, pues los agentes comerciales deberán prepararse estratégicamente para poder capitalizar el mercado.

El estudio fue factible gracias a que el Banco de Guatemala registra y publica los datos de exportaciones a través de su página de internet, la cual es de acceso público.

El informe se integra por cuatro capítulos. El primero presenta el marco referencial, en donde se describen brevemente trabajos de investigación que tienen por objetivo realizar pronósticos a través de ciertas metodologías, así como los procedimientos generales que deben de seguirse al momento de realizar análisis de series de tiempo.

El segundo, describe el marco teórico donde se abordan los conceptos estadísticos principales relacionados a la metodología ARIMA y Holt-Winters, así mismo, se abordan temas la importancia que tiene en el PIB la exportación de banano en Guatemala.

El tercer capítulo, incluye los resultados obtenidos apoyándose con el *software* estadístico R para el desarrollo, análisis y comprobación de cada uno de los modelos ARIMA y Holt-Winters.

El cuarto capítulo, incluye una discusión de resultados interna y externa, en donde se analiza a profundidad los resultados obtenidos, los éxitos y fracasos de la investigación, así como la relación que tiene con otras investigaciones mencionadas en el capítulo uno.

Se concluye que el modelo ARIMA es el de mayor grado de confiabilidad y que muestra resultados ascendentes a futuro, lo cual es positivo, sin embargo, se recomienda en paralelo, realizar un análisis del tipo de cambio entre el quetzal y dólar, para complementar los aspectos económicos que tendrá este incremento en la exportación de banano.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Concepto de estadística

La estadística es la ciencia encargada del estudio y la aplicación del conjunto de métodos necesarios para recoger, clasificar, representar y resumir los datos de un experimento aleatorio, así como para la realización de inferencias a partir del análisis de estos datos. Ofrece los procedimientos para evaluar la veracidad de la información empírica con los modelos teóricos propuestos que intentan explicar la realidad.

1.2. Series de tiempo

Se define como serie de tiempo, a una secuencia de observaciones medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente en días, semanas, meses, años, entre otros.

Ríos y Hurtado (2008) definen a la serie de tiempo como un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable (cuantitativa) en diferentes momentos.

Ríos y Hurtado (2008) señalan también la importancia en la actualidad que diversas entidades requieren conocer el comportamiento a futuro que tendrán sus actividades comerciales, con el fin de prepararse a través de una planificación adecuada. Esto se logra a través de predecir lo que ocurrirá con cierta variable en el futuro a partir de esa variable en el pasado. Es decir, a partir de su comportamiento histórico, se predice un período de tiempo futuro.

Algunas de las áreas de aplicación para las series de tiempo son:

- Economía: precios de artículos, tasa de inflación, PIB, entre otros.
- Meteorología: cantidad de lluvia, temperatura, velocidad de viento, entre otros.
- *Marketing*: ventas, gastos, utilidad, entre otros.

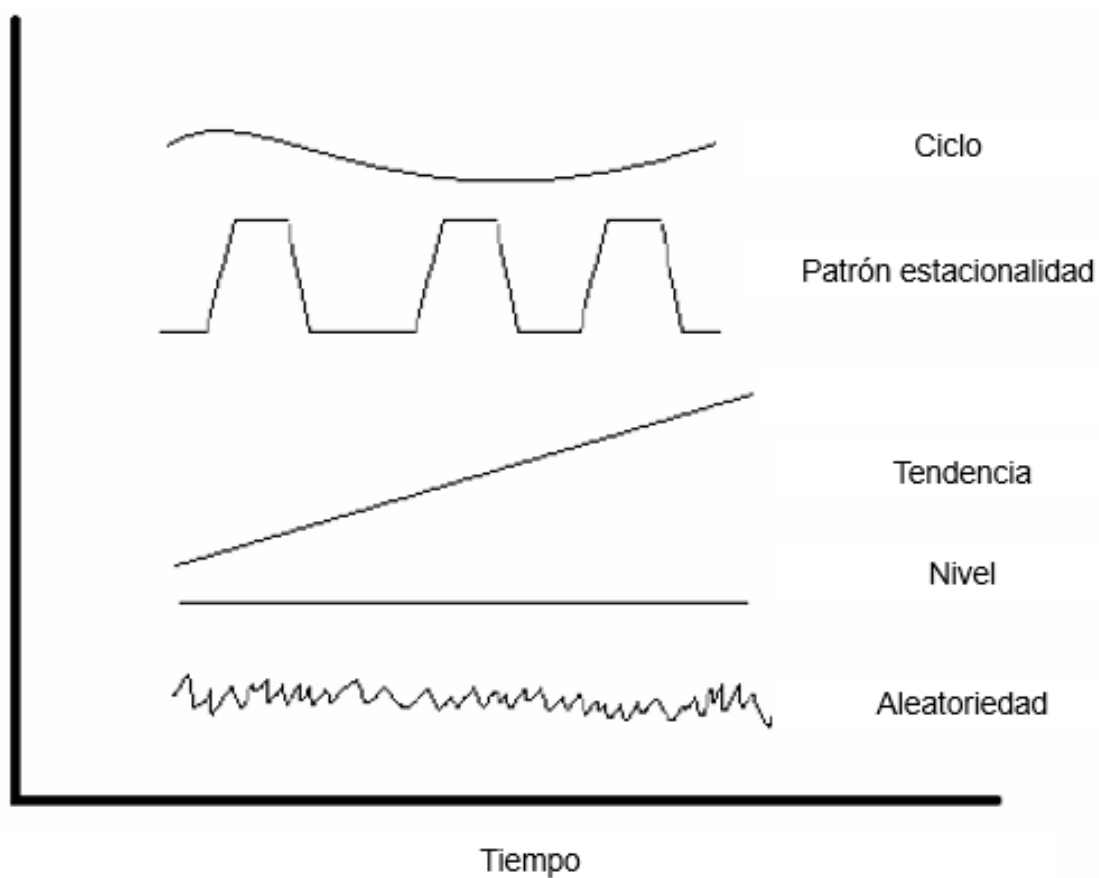
1.2.1. Componentes de la serie de tiempo

Las series de tiempo se caracterizan por estar conformados por cuatro componentes que son:

- **Tendencia:** representa el comportamiento predominante de la serie, si va en crecimiento, decrecimiento o se mantiene constante. También puede definirse como el cambio de la media a lo largo de un extenso período de tiempo.
- **Ciclo:** son secuencias alternas de puntos por debajo o encima de la línea de tendencia que duran más de un año.
- **Estacionalidad:** corresponde a los movimientos de la serie que recurren año tras año en los mismos meses (o trimestres) con poco más o menos intensidad.
- **Aleatoriedad:** son movimientos erráticos que no siguen un patrón específico y que obedecen a causas diversas. Este comportamiento representa todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas.

En la figura 1, se puede observar gráficamente un ejemplo sobre los componentes de la serie de datos.

Figura 1. **Componentes de la serie de tiempo**



Fuente: Ríos y Hurtado (2008). *Series de tiempo*.

1.2.2. **Métodos de predicción**

Los métodos de predicción están conformados por una serie de pasos que trae como resultado la estimación de un valor a cierto período. Uriel y Muñoz

(1993) mencionan que los métodos de predicción pueden ser agrupados en dos grandes categorías: métodos cualitativos y métodos cuantitativos.

Los métodos cualitativos se basan en factores como la intuición, emociones, experiencias, entre otros. Por mencionar algunas técnicas aplicables a esta metodología se encuentra: Método Delphi, jurado de opinión y encuesta de mercados.

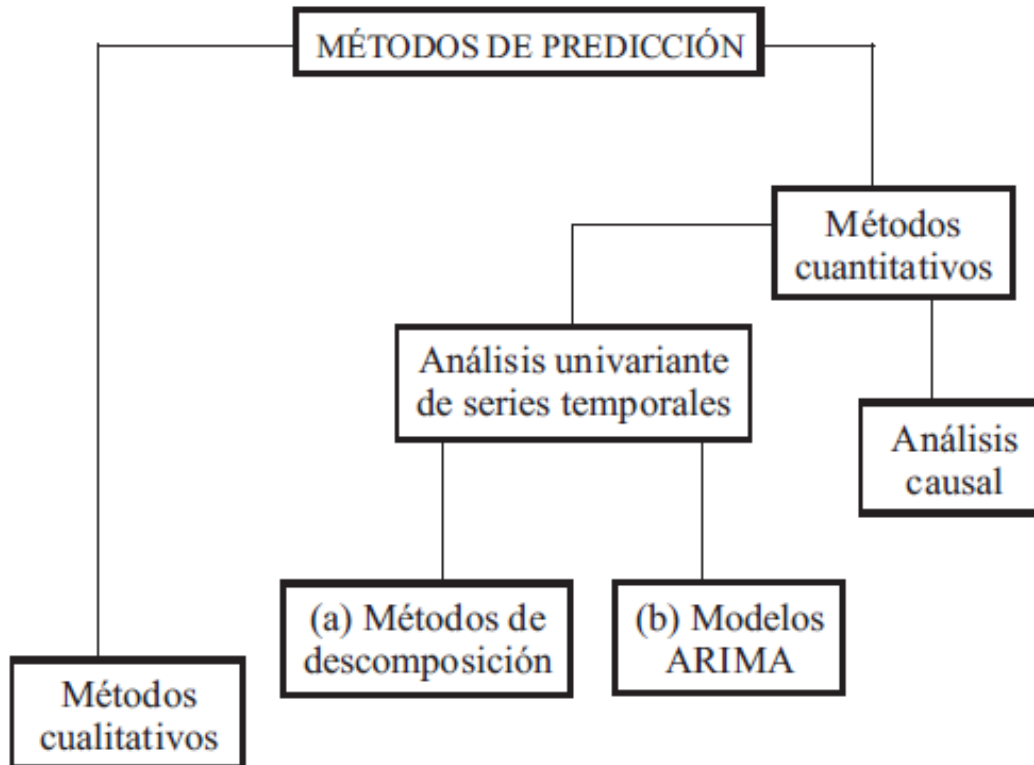
Los métodos cuantitativos utilizan variedad de modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos y/o variables causales para pronosticar la demanda.

Los modelos matemáticos cuantitativos pueden ser univariantes o multivariados. Los modelos univariantes se basan solo en la información histórica del fenómeno y con base a ello se recrea el modelo matemático, mientras que los modelos multivariados asocian más de una variable al modelo matemático para describir el fenómeno. Jiménez, Gázquez y Sanchez (2006) refieren que los modelos univariantes, no dependen de variables externas que puedan afectar a la serie de tiempo, únicamente se centra en su comportamiento histórico, mientras que los modelos causales (también conocidos como modelos econométricos o multivariados) se tienen en cuenta factores externos que pueden influir en la variable objeto de estudio.

En la figura 2, se desglosa la clasificación de los métodos de predicción.

Jiménez, Gázquez y Sanchez (2006) hacen referencia a que los métodos univariantes más completos, se encuentra la metodología de Box-Jenkis (modelos ARIMA) y la metodología de Holt-Winters (métodos de descomposición).

Figura 2. **Clasificación de los métodos de predicción**



Fuente: Uriel y Muñoz (1993) *Estadística económica y empresarial*.

1.2.2.1. Metodología ARIMA (Box-Jenkins)

La metodología de los modelos ARIMA fue formalizada por Box y Jenkins en 1976, por lo que también se les denomina modelos Box-Jenkins. Chatfield (1989) comenta que esta metodología parte del hecho de que la serie temporal que se trata de predecir es generada por un proceso estocástico cuya naturaleza puede ser caracterizada mediante un modelo y que, para ello, se requiere un elevado número de observaciones.

Estos modelos estadísticos de series temporales toman en cuenta la dependencia que existe entre los datos, esto quiere decir que cada observación de un momento dado se modela en función de valores anteriores. Para comprender esta metodología es necesario tener claridad en los siguientes conceptos:

- Estacionariedad: una serie de tiempo es estacionaria cuando es estable a lo largo del tiempo, por lo que se cumple que la media, la varianza y covarianza (en diferentes rezagos) permanecen constantes sin importar el momento en que se midan. La prueba de Dickey Fuller sirve como apoyo para aceptar o rechazar existencia de estacionariedad en la serie.

- Autocorrelación: en ocasiones, los valores que toma una variable en el tiempo dependen de los valores anteriores. Para medir esta dependencia se tiene dos indicadores:
 - Función de autocorrelación (ACF): mide el grado de correlación entre 2 variables separadas por k períodos, matemáticamente se expresa así:

$$\rho_j = \text{corr}(X_j, X_{j-k}) = \frac{\text{cov}(X_j, X_{j-k})}{\sqrt{V(X_j)}\sqrt{V(X_{j-k})}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

X_j = Valor de la serie de tiempo en j

X_{j-k} = Valor de la serie de tiempo en $j - k$ rezagos

cov = Covarianza

$V = \text{Varianza}$

- Función de autocorrelación parcial (ACFP): la única diferencia con ACF, es que ACFP excluye la dependencia creada por los retardos intermedios existentes:

$$\pi_j = \text{corr}(X_j, X_{j-k} / X_{j-1} X_{j-2} \dots X_{j-k+1})$$
$$\pi_j = \frac{\text{cov}(X_j - \hat{X}_j, X_{j-k} - \hat{X}_{j-k})}{\sqrt{V(X_j - \hat{X}_j)} \sqrt{V(X_{j-k} - \hat{X}_{j-k})}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

X_j = Valor de la serie de tiempo en j

X_{j-k} = Valor de la serie de tiempo en $j - k$ rezagos

cov = Covarianza

V = Varianza

- Procesos autorregresivos (AR): es un modelo lineal en el que se basa que el valor actual de la serie (x_t) puede explicarse en función de (p) valores pasados ($x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$) donde (p) determina el número de rezagos necesarios para poder pronosticar el valor actual.

$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (\text{Ec 3})$$

Donde:

X_t = Valor de la serie de tiempo en el período t

$\phi = \text{Parámetros del modelo}$

$\varepsilon_t = \text{Proceso de ruido blanco}$

- Modelo de medias móviles (MA): describe una serie temporal estacionaria, el valor actual puede predecirse a partir de la componente aleatoria de ese momento y en menor medida de (q) efectos aleatorios anteriores.

$$X_t = \theta_0 - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q\varepsilon_{t-q} - \varepsilon_t \dots (2) \quad (\text{Ec } 4)$$

Donde:

$X_t = \text{Valor de la serie de tiempo en el período } t$

$\theta = \text{Parámetros del modelo}$

$\varepsilon_t = \text{Proceso de ruido blanco}$

- Diferenciación (I): cuando una serie no es estacionaria, una solución común es la desestacionalización o diferenciación, que ayuda a estabilizar la serie de tiempo en media, varianza y covarianza constante. Las diferenciaciones se pueden realizar cuantas veces sea necesario para hacer estacionaria la serie.

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1} \quad (\text{Ec } 5)$$

Donde:

$X_t = \text{Valor de la serie de tiempo en el período } t$

$X_{t-1} = \text{Valor de la serie de tiempo en el período } t - 1$

La metodología ARIMA se puede analizar por cuatro fases que son:

- Identificación del posible modelo ARIMA que la serie lo requiere, para ello es indispensable que la serie sea estacionaria. Si no lo es, se tiene que hacer la diferenciación de la serie hasta que sea estacionaria. Determinar los (p,q) rezagos necesarios para modelar los procesos autorregresivos (AR) y de medias móviles (MA).
- Seleccionar provisionalmente un modelo ARIMA que satisfaga las condiciones anteriores.
- Realizar el diagnóstico a través de la comprobación de la existencia de independencia y normalidad en los residuos, de no existir, se selecciona otro modelo para su evaluación hasta que se compruebe la independencia de los residuos.
- Una vez se tiene el modelo adecuado, se realiza la predicción.

La figura 3 resume en forma de diagrama la metodología anterior.

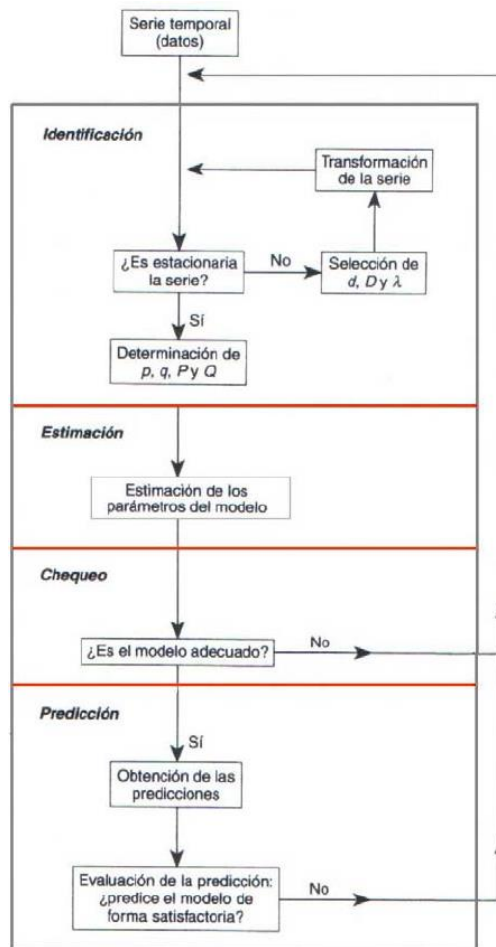
1.2.2.2. Metodología Holt-Winters

También conocido como método de alisado exponencial triple, ya que toma en consideración el nivel, tendencia y estacionalidad de la serie de tiempo. Es un método mucho más sencillo que ARIMA, ya que no es necesario que la serie de tiempo sea estacionaria, únicamente se basa en una descomposición de la serie para que, a través de fórmulas definidas, se realice el pronóstico.

Jiménez, Gázquez y Sanchez (2006) mencionan que en las series de temporales que siguen una tendencia aproximadamente lineal, y además están sometidas a la incidencia del factor estacional el método más adecuado de predicción es Hol-Winters.

Los modelos de Holt-Winters es la adición o multiplicación de los modelos matemáticos de 3 componentes:

Figura 3. Fases metodología ARIMA



Fuente: Fernández (2010). *Series temporales, Modelo Arima Metodología de Box-Jenkis*.

$$Y = l_t + b_t + s_t \quad (\text{Ec 6})$$

Donde:

$Y = \text{Valor pronosticado}$

$l_t = \text{Nivel promedio}$

$b_t = \text{Tendencia}$

$s_t = \text{Estacionalidad}$

Cada uno de los tres componentes anteriores se describen matemáticamente como:

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (\text{Ec. 7})$$

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (\text{Ec 8})$$

$$s_t = \gamma(y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m} \quad (\text{Ec 9})$$

Donde:

$\alpha = \text{Valor constante entre 0 y 1}$

$\beta = \text{Valor constante entre 0 y 1}$

$\lambda = \text{Valor constante entre 0 y 1}$

$Y_t = \text{Valor de la serie en el período } t$

$S_{t-m} = \text{factor estacional en el período } t \text{ con } m \text{ rezagos}$

$L_{t-1} = \text{Nivel de la serie del período anterior}$

$B_{t-1} = \text{Valor del factor de tendencia del período anterior}$

Los valores iniciales para realizar los cálculos recursivos son dos períodos más correspondientes a la cantidad de factores estacionales del período completo anterior.

El método aparenta ser complejo por las notaciones matemáticas, pero básicamente se trata de descomponer la serie de tiempo haciendo operaciones matemáticas con referencia a períodos anteriores. Existen hojas de cálculo y múltiples *softwares* que realizan estos cálculos de manera más eficiente.

1.2.3. Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Este cálculo se utiliza para conocer la efectividad del pronóstico, a través de realizar la diferencia entre el valor observado y el valor predicho.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \quad (\text{Ec } 10)$$

Donde:

Y_i = Valor observado

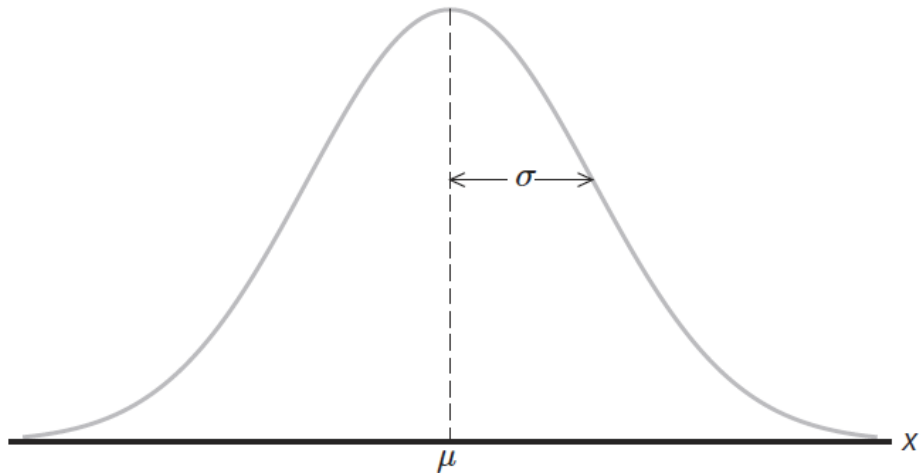
\hat{Y} = Valor pronosticado

n = número de observaciones

1.2.4. Pruebas de normalidad

Las pruebas de normalidad se efectúan para verificar que los datos se distribuyan de forma normal, eso quiere decir que los datos se distribuyen en forma de una campana, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 4. **Distribución normal**



Fuente: Walpole *et. al.* (2012). *Probabilidad y estadística para ingenieros*.

Donde:

$\mu = \text{media}$

$\sigma = \text{desviación estándar}$

Walpole *et. al.* (2012) indica que las características de una distribución normal se pueden resumir en:

- La moda es igual a la media.
- La curva es simétrica alrededor de su eje vertical que tiene como referencia la media.
- La curva se aproxima al eje horizontal de manera asintótica.
- El área total bajo la curva y sobre el eje horizontal es igual a uno.

La normalidad, sirve como una prueba de que los datos no están correlacionados y que se distribuyen de manera aleatoria para garantizar su confiabilidad de la procedencia de estos o bien como validador del modelo.

Visualmente se puede apreciar si los datos se distribuyen de manera normal, sin embargo, existen algunas pruebas como la de Shapiro-Wilks. Esta prueba responde al planteamiento de la siguiente hipótesis:

$H_0 = \text{la distribución es normal}$

$H_1 = \text{la distribución no es normal}$

Se debe de escoger un nivel de confianza adecuado y se procede a realizar la hipótesis.

La ecuación formal es:

$$W = \frac{1}{(n-1)S^2} \left[\sum_{i=1}^k a_i (X_{(n-i+1)} - X_{(i)}) \right]^2 \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

$n = \text{total de observaciones}$

$S^2 = \text{varianza de la muestra}$

$X = \text{observación}$

$a = \text{valor de tabla de la distribución normal}$

1.3. Indicadores económicos de Guatemala

Los indicadores económicos son datos cuantitativos que pretenden dar una idea general de la situación económica de un país.

1.3.1. Sectores económicos de Guatemala

Moya (2012) definió que los sectores económicos, son agrupaciones comerciales que comparten características en común. Así también, es la forma de medir en conjunto el desempeño económico que tiene un país.

1.3.1.1. Sector primario

Moya (2012) lo define como “el sector primario son todas las actividades económicas de un país relacionadas con la obtención de productos procedentes del mar, tierra o aire, es decir, obtenidos directamente de la naturaleza sin ningún proceso de transformación (minería, pesca, agricultura, ganadería, entre otros)” (p. 20).

En este sector, se encuentra el sector agrícola tradicional, conformado por los productos de mayor exportación en Guatemala, que según las cifras oficiales del Banco de Guatemala son:

- Café
- Azúcar
- Banano
- Cardamomo

Según cifras oficiales del Banco de Guatemala, este sector representó el 22 % del total de exportaciones para el 2015.

1.3.1.2. Sector secundario

Moya (2012) lo define como el “sector secundario a todas las actividades económicas a través de las cuales, la materia prima es transformada en bienes manufacturados para el consumo” (p. 20).

En el informe elaborado por la Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2019) señala que, según las cifras oficiales del Banco de Guatemala, esta actividad representó el 20.3 % del PIB para el 2018. Las actividades para destacar son:

- Industria manufacturera, principalmente la industria textil.
- Sector de construcción.

1.3.1.3. Sector terciario

Moya (2012) lo define como “sector terciario, a todas las actividades económicas dedicadas a brindar servicios que satisfagan las necesidades del consumidor” (p. 20).

En el informe elaborado por la Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2019) señala que, según cifras oficiales del Banco de Guatemala, esta actividad representó el 65.3 % del PIB para el 2018. Las actividades para destacar son:

- Comercio

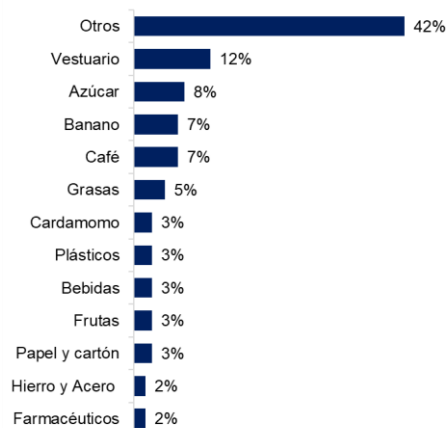
- Turismo
- Servicios de agua y electricidad
- Transporte, almacenamiento y comunicación
- Alquiler de vivienda
- Call Centers

1.3.1.4. Exportaciones en Guatemala

En el informe elaborado por la Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2019) señala que según el Banco de Guatemala los sectores de la economía que más aportaron al PIB en 2018 fueron la industria manufacturera (17.6 %), los servicios privados (15.9 %), la agricultura (13.4 %), el comercio (12.0 %), el transporte (10.5 %).

La industria manufacturera y la agricultura suman alrededor del 34 % del total de las exportaciones de Guatemala. Tal y como lo muestra la figura 4.

Figura 5. **Proporción de los principales productos de exportación**



Fuente: Banco de Guatemala (2018). *Guatemala en cifra*.

En la revista Guatemala en Cifras, emitida por el Banco de Guatemala (2018), se indica que los principales productos de exportación son los ilustrados en la figura 5, mientras que los principales países de destino para las exportaciones son los ilustrados en la figura 6. Siendo Estados Unidos el país más importante en las relaciones comerciales, ya que representa el 33 % del total de exportaciones.

Tabla II. Principales productos de exportación

VALOR (FOB) DE LAS EXPORTACIONES DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN
PERÍODO 2012-2017
MILLONES DE US DÓLARES

| Concepto | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Artículos de vestuario | 1,189.5 | 1,270.8 | 1,277.0 | 1,325.0 | 1,268.9 | 1,339.7 |
| Azúcar | 803.0 | 941.9 | 951.7 | 850.8 | 816.7 | 825.0 |
| Banano | 499.8 | 594.7 | 651.8 | 715.1 | 702.6 | 781.9 |
| Café | 958.1 | 714.5 | 668.2 | 663.0 | 649.1 | 748.0 |
| Grasas y aceites comestibles | 361.0 | 361.8 | 379.1 | 361.0 | 469.4 | 570.1 |
| Cardamomo | 250.3 | 215.6 | 239.8 | 243.0 | 229.0 | 366.6 |
| Materiales plásticos y sus manufacturas | 299.2 | 290.4 | 308.2 | 321.7 | 322.6 | 329.3 |
| Bebidas, líquidos alcohólicos y vinagres | 321.5 | 338.3 | 340.4 | 298.8 | 328.0 | 326.4 |
| Frutas frescas, secas o congeladas | 204.9 | 232.2 | 263.0 | 287.2 | 309.7 | 309.9 |
| Manufacturas de papel y cartón | 208.6 | 207.9 | 220.3 | 234.8 | 245.5 | 272.0 |
| Hierro y acero | 97.3 | 85.6 | 142.9 | 222.9 | 191.1 | 237.2 |
| Productos farmacéuticos | 238.2 | 243.6 | 273.2 | 321.2 | 317.8 | 231.9 |
| Otros productos | 4,547.3 | 4,527.5 | 5,087.9 | 4,830.7 | 4,598.7 | 4,644.8 |
| Total | 9,978.7 | 10,024.8 | 10,803.5 | 10,675.2 | 10,449.1 | 10,982.8 |

Fuente: Banco de Guatemala (2018). *Guatemala en cifras*.

Tabla III. Principales países de destino para las exportaciones

VALOR (FOB) DE LAS EXPORTACIONES A LOS PRINCIPALES PAISES DE DESTINO
PERÍODO 2012-2017
MILLONES DE US DÓLARES

| Pais | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Estados Unidos de América | 3,955.0 | 3,778.9 | 3,812.7 | 3,677.2 | 3,453.4 | 3,707.6 |
| El Salvador | 1,110.8 | 1,108.5 | 1,264.0 | 1,239.8 | 1,204.4 | 1,216.5 |
| Honduras | 795.5 | 791.0 | 885.5 | 903.4 | 913.9 | 967.3 |
| Nicaragua | 473.4 | 486.9 | 513.7 | 554.8 | 569.1 | 562.2 |
| México | 550.2 | 469.6 | 433.7 | 429.8 | 458.5 | 510.4 |
| Costa Rica | 424.5 | 396.2 | 418.3 | 417.6 | 425.7 | 423.3 |
| Países Bajos | 170.1 | 255.9 | 270.1 | 285.3 | 307.6 | 354.8 |
| Panamá | 246.4 | 237.3 | 282.1 | 261.5 | 248.7 | 288.5 |
| Canadá | 149.5 | 159.5 | 235.1 | 232.2 | 359.7 | 228.6 |
| Italia | 84.0 | 61.4 | 75.3 | 109.6 | 119.9 | 154.2 |
| Japón | 176.7 | 188.7 | 162.5 | 185.5 | 168.6 | 153.0 |
| Otros Países | 1,842.0 | 2,090.9 | 2,450.5 | 2,378.1 | 2,219.8 | 2,416.4 |
| Total | 9,978.1 | 10,024.8 | 10,803.5 | 10,674.8 | 10,449.3 | 10,982.8 |

Fuente: Banco de Guatemala (2018). *Guatemala en cifras*.

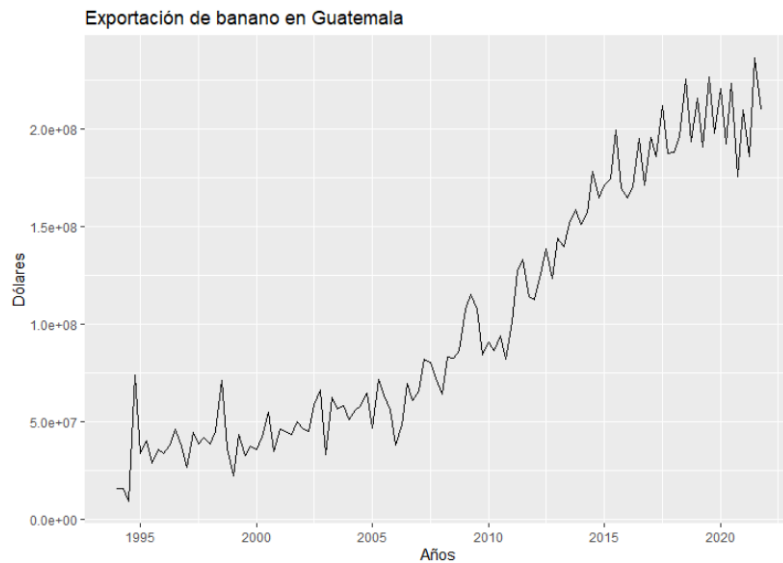
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados, se presentan los siguientes resultados:

2.1. **Objetivo 1: descomponer la serie de tiempo que contiene la información de exportación del monto en dólares de banano en Guatemala en sus cuatro componentes principales (tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad)**

Para el cumplimiento de este objetivo, como primer paso se debe de graficar la serie de tiempo con todos sus valores.

Figura 6. **Serie de tiempo**

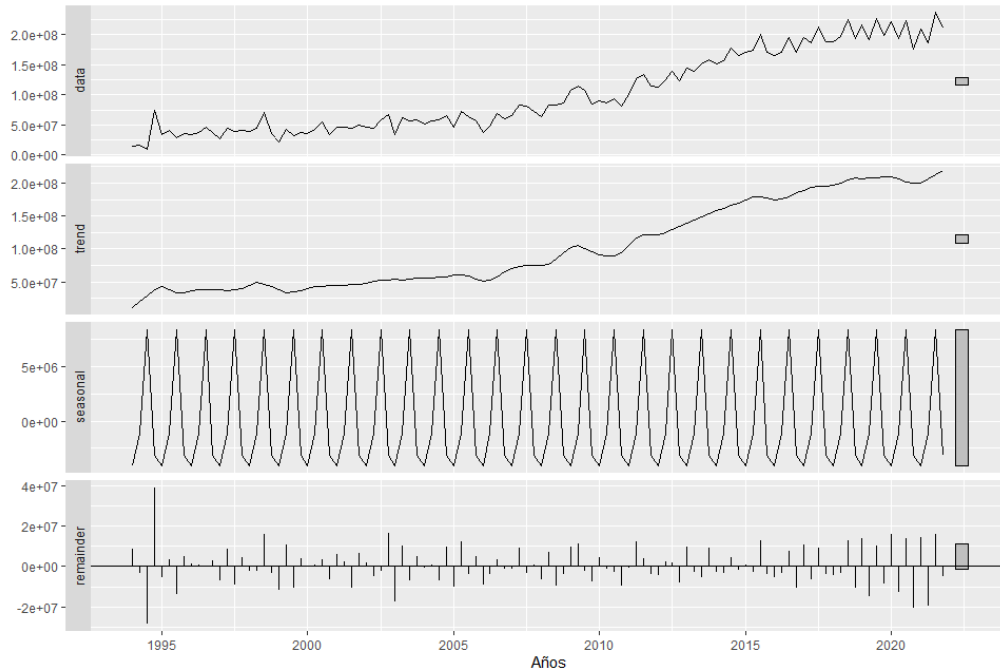


Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

La figura anterior, muestra los datos trimestrales desde el año 1994 con el monto total en dólares de las exportaciones de banano en Guatemala hasta el año 2021.

Utilizando el mismo *software* estadístico, se puede descomponer la serie de tiempo, ésta se muestra en la siguiente figura:

Figura 7. Descomposición serie de tiempo

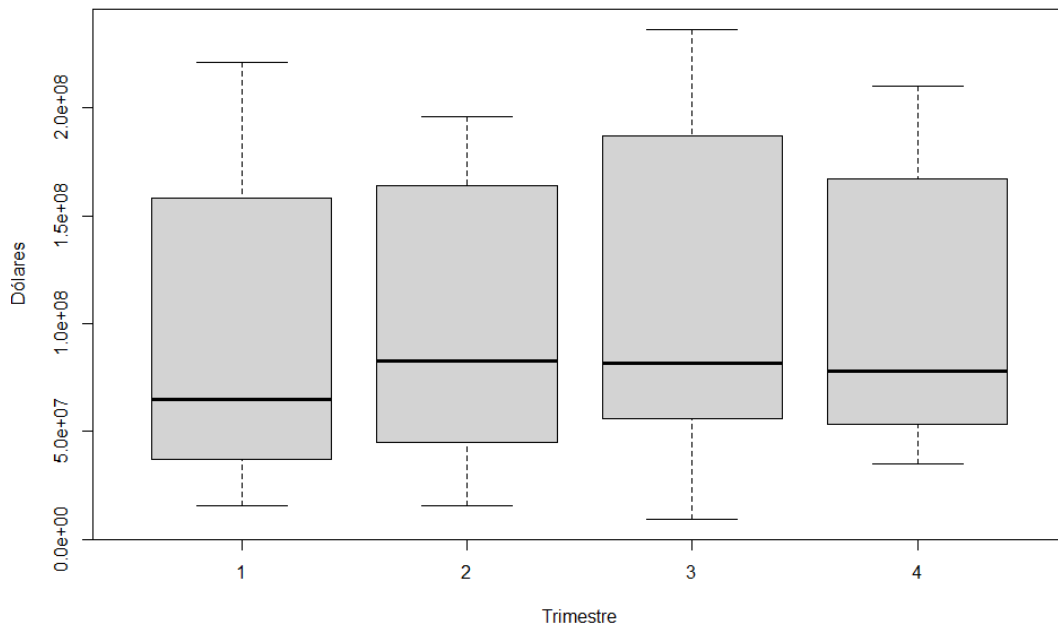


Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

Al observar la gráfica en sus diferentes componentes, se puede observar que existe una tendencia ascendente, eso indica que el monto de exportación aumenta con el tiempo y tiene un comportamiento estacional, pues al observar la gráfica de estacionalidad, se aprecia la existencia de picos cada cierto período de tiempo. Para poder observar de mejor forma la estacionalidad, se puede

utilizar el gráfico *boxplot*, esta gráfica representa cómo se distribuyen los valores por cada trimestre en los diferentes años. A continuación, se presenta el diagrama de *boxplot*:

Figura 8. **Boxplot exportación trimestral**



Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

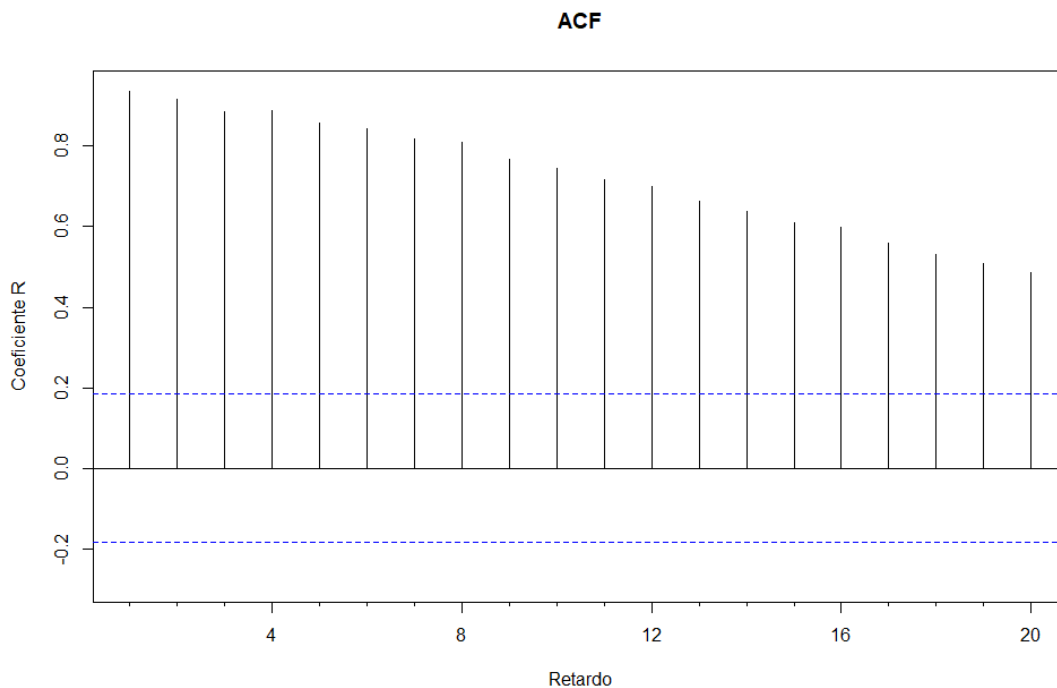
Se puede observar que los trimestres dos y tres se encuentran por arriba de los trimestres uno y cuatro. Visualmente se puede inferir que año con año el comportamiento de la exportación al inicio del año es baja y conforme transcurre el trimestre dos y tres son las estaciones con mayores montos de exportación.

2.2. Objetivo 2: determinar a través de una prueba de hipótesis si existe estacionalidad en la serie de tiempo

Como se mencionó en el capítulo dos, marco teórico, para que una serie de tiempo sea estacionaria, debe cumplir ciertas condiciones, entre ellas se encuentran: que exista media y varianza constante en toda la serie. De no ser así, indica que la serie de tiempo tenga una tendencia, y si existe una tendencia, se evidenciará en los gráficos de autocorrelación y autocorrelación parcial.

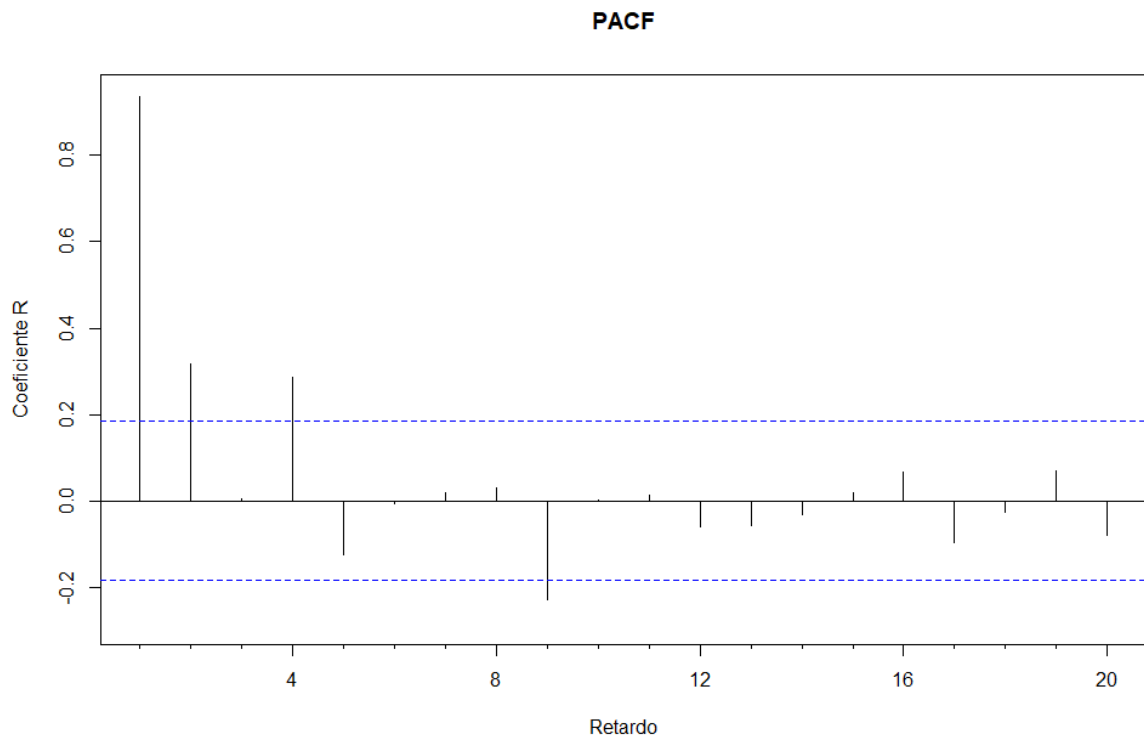
A continuación, se presentan los gráficos de autocorrelación y autocorrelación parcial:

Figura 9. Función de autocorrelación (ACF)



Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

Figura 10. **Función de autocorrelación parcial (PACF)**



Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

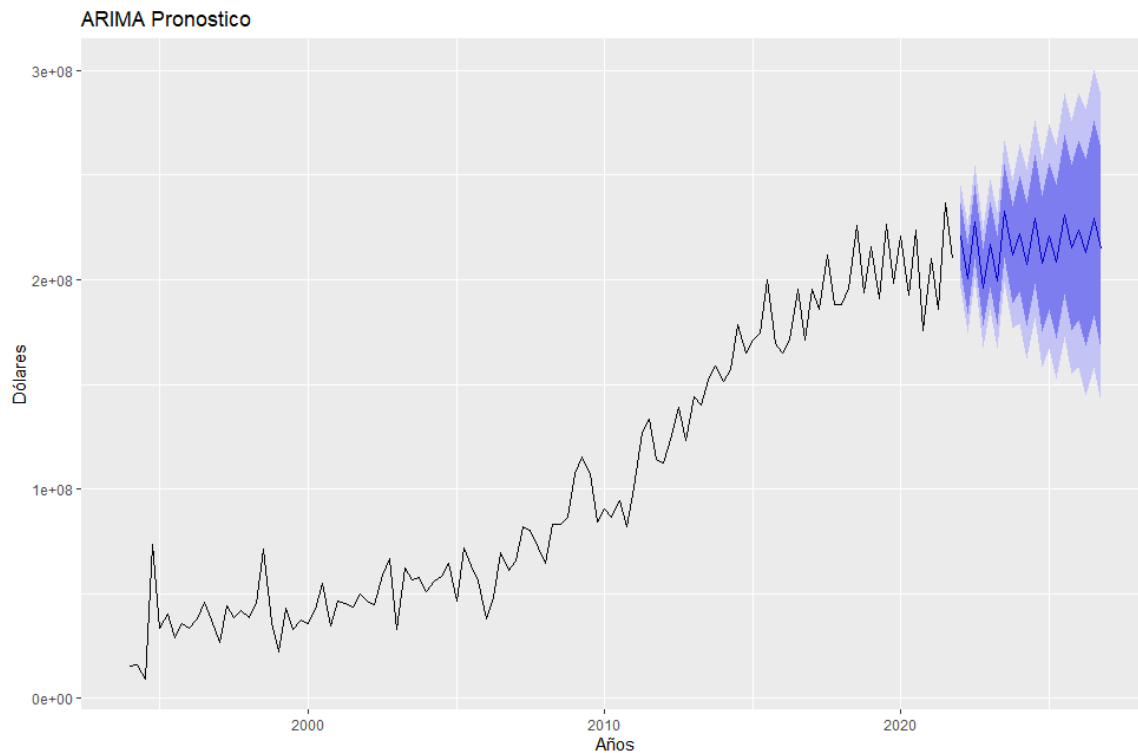
Con la ayuda de las gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial, se observa que, si existe una correlación con ciertos datos históricos, esto quiere decir, que cada uno de los datos depende de su historia. Específicamente, la gráfica de autocorrelación parcial indica que existe mayor relación con rezago dos y cuatro.

Adicional, se observó en el objetivo número uno la existencia de tendencia por lo tanto, se puede concluir que la serie de tiempo no es estacionaria.

2.3. Objetivo 3: obtener los dos modelos resultantes de analizar la serie de tiempo a través de la metodología ARIMA y Holt-Winters

En la siguiente figura, se presenta gráficamente el pronóstico obtenido por la metodología ARIMA.

Figura 11. Pronóstico ARIMA



Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

Los resultados del pronóstico hasta el año 2026 se muestran en la siguiente tabla:

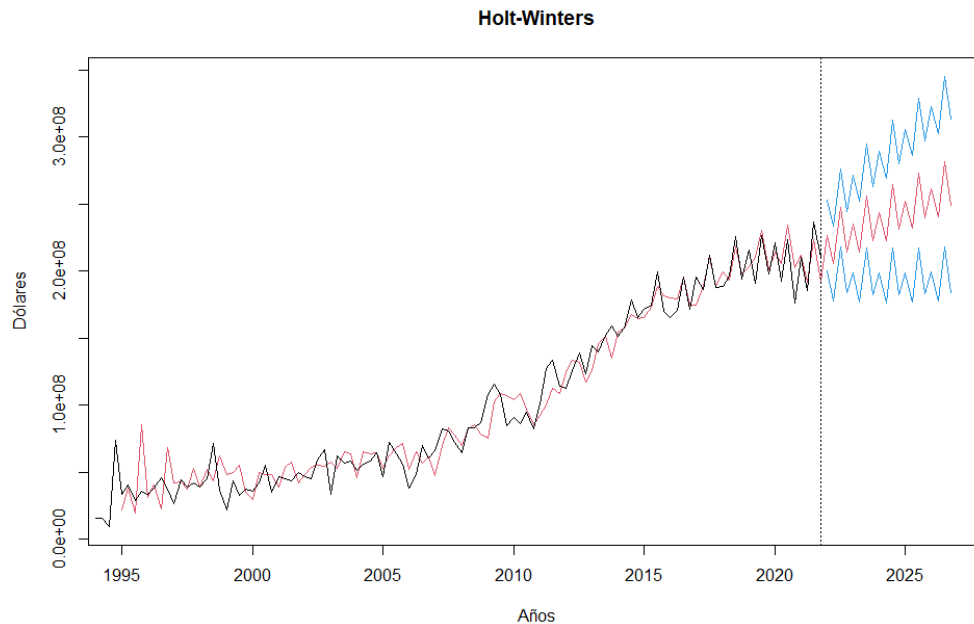
Tabla IV. **Datos pronósticos ARIMA**

| Año | Trimestre 1 | Trimestre 2 | Trimestre 3 | Trimestre 4 |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2022 | \$220,691,106 | \$200,375,364 | \$227,653,453 | \$196,163,859 |
| 2023 | \$216,919,971 | \$199,618,775 | \$232,849,021 | \$211,912,207 |
| 2024 | \$221,989,400 | \$207,394,818 | \$229,048,785 | \$207,637,050 |
| 2025 | \$220,984,290 | \$208,584,003 | \$231,088,740 | \$215,310,975 |
| 2026 | \$223,530,902 | \$213,052,234 | \$229,444,431 | \$214,568,050 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la siguiente figura se presenta gráficamente el resultado obtenido por la metodología Holt-Winters.

Figura 12. **Pronóstico Holt-Winters**



Fuente: elaboración propia, empleando software estadístico R.

Los resultados del pronóstico por medio del modelo Holt-Winters hasta el año 2026 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla V. **Datos pronósticos Holt-Winters**

| Año | Trimestre 1 | Trimestre 2 | Trimestre 3 | Trimestre 4 |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2022 | \$226,431,850 | \$205,671,606 | \$247,255,498 | \$214,087,701 |
| 2023 | \$235,093,675 | \$214,333,431 | \$255,917,323 | \$222,749,525 |
| 2024 | \$243,755,500 | \$222,995,256 | \$264,579,148 | \$231,411,350 |
| 2025 | \$252,417,325 | \$231,657,081 | \$273,240,973 | \$240,073,175 |
| 2026 | \$261,079,149 | \$240,318,906 | \$281,902,797 | \$248,735,000 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.4. Objetivo 4: precisar cuál de los dos modelos propuestos presenta el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual por medio de error porcentual absoluto medio (MAPE)

Se aplicó el cálculo del error porcentual absoluto medio (ecuación 10) para cada uno de los modelos. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla VI. **Resultados MAPE**

| Modelo | MAPE |
|--------------|------|
| ARIMA | 13 % |
| HOLT-WINTERS | 19 % |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La columna MAPE contiene la información principal, la cual nos indica que el modelo con mayor confiabilidad es el modelo ARIMA, debido a que presenta menor porcentaje de error comparado con el modelo Holt-Winters.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Análisis interno del estudio

Se realizó la descomposición de la serie de tiempo (ver figura 9) la gráfica superior muestra la serie de tiempo con todos sus datos. La segunda gráfica muestra la tendencia de la serie de tiempo, que evidencia ser ascendente, esto debido a que año con año las exportaciones de este producto crecen. La tercera gráfica muestra la estacionalidad, donde se evidenció un patrón estacional trimestral, esto se refuerza con la figura 10 que es el diagrama de *boxplot* en donde se analizó la distribución de los datos por trimestre, donde los trimestres dos y tres poseen una media mayor al resto. La estacionalidad responde a la oferta y demanda que tiene el mercado. Finalmente, la última gráfica representa la aleatoriedad, donde se observó que mantiene niveles cercanos a cero, lo cual es un indicio que el comportamiento se mantiene estable a lo largo del tiempo, sin embargo, en los últimos años la serie de tiempo se observó un incremento en los valores de aleatoriedad que coinciden con el inicio de la pandemia COVID-19, lo cual afectó el comercio internacional.

La metodología ARIMA requiere que la serie de tiempo sea estacionaria para poder realizar el pronóstico. La serie de tiempo evidenció tener tendencia ascendente lo cual es un indicio claro de no ser estacionaria. En las figuras 11 y figura 12 se realizó los diagramas autocorrelación evidenciando una alta correlación, por lo tanto la serie de tiempo no es estacionaria. La existencia de correlación es bastante común en las series de tiempo que representan ventas y más aún, que tienen un comportamiento similar en ciertas épocas del año, es decir la estacionalidad.

La figura 13 y figura 14 muestran gráficamente los resultados del pronóstico en cada uno de los métodos (Holt-Winters y ARIMA), y en las tablas II y 3 muestran los datos del pronóstico de cada método respectivamente. Los resultados del modelo Holt-Winters son mayores a los del modelo ARIMA, por ejemplo, para el cuarto trimestre del año 2026 Holt-Winters proyecta \$ 34,166,950 más, aproximadamente un 15 % más. La razón, es que el modelo ARIMA son metodologías más completas, pues integran la parte de media móvil con autor regresiones.

Como resultado final, se analizó el grado de exactitud de cada metodología a través del cálculo MAPE, el cual tuvo como resultado que el modelo ARIMA tiene mayor grado de exactitud, como se mencionó en el párrafo anterior, los resultados obtenidos por ambas metodologías difieren en un 15 %, haciendo evidente que existe diferencia significativa entre ambos métodos.

- Análisis externo del estudio

La investigación de Pajuelo (2012) recalca la recomendación dada por Hanke y Wichern (2006) sobre los pasos lógicos que se deben de seguir al momento de realizar un estudio de serie de tiempo para pronosticar, estos pasos verdaderamente son una guía para poder realizar la investigación en orden y por ende garantizar un buen resultado, los pasos propuestos fueron guía importante para la realización de esta investigación.

Gil (2015) realizó una investigación en la cual compara dos métodos de pronósticos, ARIMA y redes neuronales, ambos métodos proporcionaron resultados valiosos, sin embargo, menciona que es difícil indicar cuál de ellos es el mejor, indica que esto dependerá del investigador. Al igual que Gil, esta investigación tuvo resultados valiosos con los dos métodos, a pesar que se

comprobó que uno tiene mejor exactitud que el otro, no es motivo para generalizar, más bien, es importante poder tener la opción de utilizar métodos alternos para poder tener información con la cuál comparar.

Ruiz (2018) realizó un estudio de pronóstico de exportaciones de cacao ecuatoriano, utilizó la metodología de medias móviles, medias móviles ponderadas, suavización exponencial (Holt-Winters) y menciona que el modelo con mayor exactitud es Holt-Winters, es razonable que llegue a esta conclusión, pues éste método es el más completo de la rama de los promedios móviles, para esta investigación, su resultado de exactitud fue de un 19 %, lo cual es un resultado aceptable, aunque esto siempre quedará a criterio del investigador.

Ruiz (2018) en su mismo estudio, comenta que los pronósticos siempre contendrán errores, esto quiere decir que no se puede esperar una exactitud del 100 % y dichos errores se pueden deber a errores de sesgo o errores aleatorios. Ésta investigación en ambos modelos, claramente se observa en la parte de resultados que su exactitud no es del 100 % por lo que se intuye la presencia de errores.

Torres (2010) argumenta la importancia de evaluar la efectividad del modelo, y para ello propone algunos métodos que tienen como fin comparar resultados reales contra los pronosticados. MAPE se utilizó en esta investigación, es considerado un buen indicador debido a que compara proporcionalmente las diferencias, dando un resultado más comprensible al investigador.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la descomposición de la serie en sus cuatro componentes principales, la cual, a través del gráfico obtenido se evidencia que la tendencia de la serie es ascendente, con un patrón estacional. La descomposición de una serie de tiempo es un proceso que da una idea preliminar de los resultados que se obtendrán de realizar el pronóstico.
2. Se determinó a través del análisis de función autocorrelación y función de autocorrelación parcial que la serie de tiempo no era estacionaria, además en la descomposición de la serie se observó la existencia de tendencia ascendente lo cual es un indicador claro de la no estacionariedad.
3. Se estimó los resultados de pronóstico con ambos modelos a través del *software* estadístico R. Los resultados obtenidos por el modelo Holt-Winters son más altos que los obtenidos por el modelo ARIMA. El modelo ARIMA es más sensible a la correlación que se tiene con sus datos históricos, mientras que el modelo Holt-Winters se ve afectado por resultados más recientes, lo cual, al ser una serie con tendencia ascendente, tiende a ser más sensible en proyectar resultados crecientes a medida que aumenta el tiempo.
4. Se determinó el grado de confiabilidad de cada uno de los pronósticos a través del cálculo MAPE, siendo para esta ocasión, el modelo ARIMA el de mayor grado de confiabilidad, pues presentó el menor porcentaje de promedio de error respecto al modelo Holt-Winters.

5. Se estimó el monto en dólares para el año 2024 de la exportación de banano en Guatemala para ambas metodologías ARIMA y Holt-Winters, ambos resultados indican proyecciones ascendentes, sin embargo, se tomó como válido el resultado obtenido por el modelo ARIMA debido a que representó el de mayor grado de confiabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar *software* estadístico para la descomposición de la serie de tiempo y en general para todo el análisis, ya que son una gran herramienta para analizar visualmente el comportamiento de la serie de tiempo y obtener datos fiables y rápidos.
2. Aplicar pruebas de hipótesis para verificar la estacionariedad de una serie de tiempo, en ocasiones, el análisis gráfico puede ser bastante complejo si la serie de tiempo no presenta una tendencia clara. Por mencionar alguna, la prueba de Dickey-Fuller se utiliza para determinar la estacionariedad.
3. Contemplar otros métodos estadísticos para realizar pronósticos en las series de tiempo, como, por ejemplo, la regresión múltiple, pues tiene la virtud de poder integrar variables que influyan en el fenómeno y complementen a la exactitud del pronóstico.
4. Determinar la exactitud del modelo para conocer el grado de confiabilidad de este, para ello se debe de comparar los resultados reales versus los resultados pronosticados, MAPE es una técnica recomendada, sin embargo, existen más técnicas que pueden complementar el análisis de serie de tiempo.
5. Sugerir que al momento de realizar pronósticos en series de tiempo económicas con la dimensional de dinero (dólares para esta investigación) y ésta no sea la moneda oficial del país, se analice en

paralelo el comportamiento del tipo de cambio de una moneda con otra para complementar el estudio financiero y con ello tomar decisiones favorables a los objetivos económicos que el investigador persiga.

REFERENCIAS

1. Banco de Guatemala (2018). *Estudio de la economía nacional 2018*. Guatemala: Autor.
2. Banco de Guatemala (2018). *Guatemala en cifras 2018*. Guatemala: Autor.
3. Chatfield, C. (1989). *The Analysis of Time Series: An Introduction*. New York, Estados Unidos: Chapman and Hall.
4. Fernández, S. (2010). *Series temporales, Modelo Arima Metodología de Box-Jenkins*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de <https://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/SERIES-TEMPORALES/modelo-arima.pdf>.
5. Gil, J. (2015). *Estimación de un pronóstico de exportaciones de café suave colombiano: Redes neuronales artificiales y ARDL (ene-dic 2012)* (Tesis de maestría). Universidad EAFIT, Ecuador. Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11485>.
6. Hanke, J. E. y Wichern, D. W. (2006). *Pronósticos en los negocios; Capítulos 1 Introducción a los pronósticos y 3 Exploración de patrones de datos*. México: Editorial Pearson Prentice Hall.

7. Jimenéz, J., Gázquez, J. y Fernandez R. (marzo, 2006). La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico. *Revista europea de dirección y economía de la empresa*, 15(3), 185-198. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2150087>.
8. Ministerio de Economía de Guatemala (2005). *Proyecciones preliminares del comercio exterior de Guatemala para el año 2005*. Guatemala: Autor. Recuperado de <http://www.sice.oas.org/ctyindex/GTM/Data/proyecciones.pdf>.
9. Moya, M. (2012). *Fundamentos de economía*. Mexico: Probooks. Recuperado de <http://ru.iiec.unam.mx/2462/1/FundamentosDeEconomiaSecuenciaCorrecta.pdf>.
10. Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala (2019). *Informe Económico y Comercia Guatemala 2019*. Guatemala: Autor. Recuperado de <http://www.comercio.gob.es/tmpDocsCanalPais/6C3A1661456F80C8723C6246AE11C7FE.pdf>.
11. Pajuelo, L. (2012). *Modelo de pronósticos para las exportaciones del Perú con la comunidad Andina de Naciones Enero 1999-2007* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
12. Ríos, G., y Hurtado, C. (2008). *Series de Tiempo*. Chile: Universidad de Chile.

13. Rojas, A. (2007). *Sistemas de costos un proceso para su implementación*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://docplayer.es/21405705-Rojas-diaz-alberto-pronostico-de-costos.html>.
14. Ruiz, H. (junio, 2018). Pronóstico de las exportaciones del cacao ecuatoriano para el 2018 con el uso de modelos de series de tiempo. *INNOVA Research Journal*, 3(6), 9-20. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3778/2/Pron%C3%B3stico%20de%20las%20exportaciones%20del%20cacao%20ecuatoriano%20para%20el%202018%20con%20el%20uso%20de%20modelos%20de%20series%20de%20tiempo.pdf>.
15. Torres, M. (2010). *Pronósticos, una herramienta clave para la planeación de las empresas*. México: Autor. Recuperado de https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no71/47a.-_pronosticos%2C_una_herramienta_clave_para_la_planeacion_de_las_empresas.pdf.
16. Uriel, E. y Muñiz, M. (1993). *Estadística económica y empresarial. Teoría y ejercicios*. Madrid, España: AC.
17. Walpole, R., Myers, R., Myers, S. y Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

| Preguntas de investigación | Objetivos | Resultados | Conclusiones | Recomendaciones |
|---|---|---|---|--|
| General | | | | |
| ¿Cuál es el modelo de series de tiempo que permite pronosticar con mayor grado de confiabilidad el monto en dólares de la exportación de banano de Guatemala hasta el año 2026 entre la metodología ARIMA y Holt-Winters? | Pronosticar el monto en dólares de la exportación de banano de Guatemala hasta el año 2026 a través del modelo que presente mayor grado de confiabilidad entre la metodología ARIMA y Holt-Winters. | El pronóstico para ambas metodologías es ascendente, siendo el modelo ARIMA el de mayor grado de confiabilidad | Las metodologías ARIMA y Holt-Winters, ambos resultados indican proyecciones ascendentes, tomando como válido el modelo ARIMA por tener mayor grado de confiabilidad | Se recomienda analizar en paralelo el comportamiento del tipo de cambio del quetzal con el dólar para complementar el estudio financiero |
| Específicos | | | | |
| ¿Cuál es el resultado de la descomposición de la serie de tiempo en sus cuatro componentes principales? | Descomponer la serie de tiempo que contiene la información de exportación del monto en dólares de banano en Guatemala en sus cuatro componentes principales (tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad.) | Existe tendencia positiva y ciclicidad, aumento en los trimestres 2 y 3 de cada año. La aleatoriedad es relativamente baja, lo cual indica que es una serie poco influenciada por factores externos | Se realizó la descomposición, se evidencia que la tendencia es ascendente, con un patrón estacional. La descomposición de una serie de tiempo es un proceso que da una idea preliminar de los resultados que se obtendrán de realizar el pronóstico | Se sugiere el uso de <i>software</i> estadístico para la descomposición de la serie de tiempo y en general para todo el análisis, |

Continuación apéndice 1.

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| <p>¿La serie de tiempo con la información del monto en dólares de exportación de banano desde el año 1994 al 2021 es estacionaria?</p> | <p>Determinar si existe estacionariedad en la serie de tiempo.</p> | <p>La serie no es estacionaria</p> | <p>Se determinó a través del análisis de función autocorrelación y función de autocorrelación parcial que la serie de tiempo no era estacionaria, .</p> | <p>Se sugiere la utilización de pruebas de hipótesis para verificar la estacionariedad de una serie de tiempo. Por mencionar alguna, la prueba de Dickey-Fuller</p> |
| <p>¿Cuáles son los modelos resultantes de analizar la serie de tiempo de exportaciones de banano de Guatemala a través de la metodología Holt-Winters y ARIMA?</p> | <p>Obtener los dos modelos resultantes de analizar la serie de tiempo a través de la metodología ARIMA y Holt-Winters.</p> | <p>Con apoyo del <i>software</i> R se obtuvo el modelo para ambas metodologías</p> | <p>Se estimó los resultados de pronóstico con ambos modelos a través del <i>software</i> estadístico R. Los resultados obtenidos por el modelo Holt-Winters son más altos que los obtenidos por el modelo ARIMA. El modelo ARIMA es más sensible a la correlación que se tiene con sus datos históricos, mientras que el modelo Holt-Winters se ve afectado por resultados más recientes,</p> | <p>Se recomienda utilizar otros métodos estadísticos para realizar pronósticos en las series de tiempo, como, por ejemplo, la regresión múltiple, pues tiene la virtud de poder integrar variables que influyan en el fenómeno y complementen a la exactitud del pronóstico</p> |

Continuación apéndice 1.

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
| <p>¿Cuál de los dos modelos propuestos posee el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual absoluto medio (MAPE)?</p> | <p>Precisar cuál de los dos modelos propuestos presenta el grado de confiabilidad más aceptable según el análisis de error porcentual por medio de error porcentual absoluto medio (MAPE).</p> | <p>ARIMA es el que posee mayor grado de confiabilidad por tener un valor MAPE menor que Holt-Winters</p> | <p>Se determinó el grado de confiabilidad de cada uno de los pronósticos a través del cálculo MAPE, siendo para esta ocasión, el modelo ARIMA el de mayor grado de confiabilidad,</p> | <p>Se hace necesario determinar la exactitud del modelo para conocer el grado de confiabilidad del mismo, MAPE es una técnica recomendada, sin embargo, existen más técnicas que pueden complementar el análisis de serie de tiempo.</p> |
|---|--|--|---|--|

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.