

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS



**APLICACIÓN DE MODELOS ARIMA PARA PROYECCIONES DE PRECIOS DEL
TOMATE, AGUACATE Y LIMÓN EN EL MERCADO MEXICANO Y
ESTADOUNIDENSE**

POR:

FLAVIO CÉSAR ROMERO MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS

APLICACIÓN DE MODELOS ARIMA PARA PROYECCIONES DE PRECIOS DEL
TOMATE, AGUACATE Y LIMÓN EN EL MERCADO MEXICANO Y
ESTADOUNIDENSE

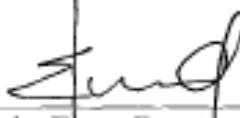
POR:

FLAVIO CÉSAR ROMERO MORALES

TESIS

Que se someterá a la consideración de comité asesor como requisito para obtener el título de:
Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios

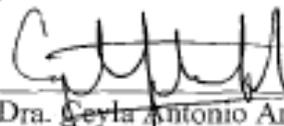
Aprobado por:



Dra. Martha Elena Fuentes Castillo
Asesor Principal

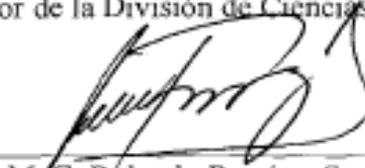


Dr. Gregorio Castro Rosales
Coasesor



Dra. Ceyla Antonio Anderson
Coasesor

Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas



M.C. Rólando Ramírez Segoviano

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. DICIEMBRE DEL 2020

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a la Licenciatura de Economía Agrícola y Agronegocios, a los docentes que formaron parte de mi formación académica y a mis lectores.

A mi mentora, la Dra. Martha Elena Fuentes Castillo, por haber hecho posible este proyecto, por compartirme sus valiosos conocimientos, su tiempo y su dedicación.

A mis lectores la Dra. Ceyla Antonio Anderson, de la Universidad Autónoma de Coahuila y al Dr. Gregorio Castro Rosales.

DEDICATORIAS

A mis padres, Bernardino Romero Flores y Sara Morales Sánchez, ustedes me enseñaron que para alcanzar los sueños hay que trabajar duro, se los agradezco infinitamente.

A mis hermanos, Jaqueline y Alejandra quienes probablemente no desearán leerlo.

A mi sobrina Daniela, quien probablemente lo leerá.

A mis amigos, quienes me ofrecieron una afectuosa amistad.

¡Muchas Gracias!

In this work, when it shall be found that much is omitted, let it not be forgotten that much likewise is performed.

Dr. Samuel Johnson.

ÍNDICE

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I	12
LOS MERCADOS AGRÍCOLAS	12
1.1 Los mercados agrícolas.....	12
1.1.1 Los mercados agrícolas en México	12
1.1.2 Los mercados agrícolas en EE.UU.....	13
1.2 La relación comercial de productos cotizados en los mercados de México y EE.UU. ..	14
1.2.1 Mercado del aguacate hass	14
1.2.2 Mercado del tomate saladette	15
1.2.3 Mercado del limón persa	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO	18
2.1 Marco teórico	18
2.1.1 Teoría de precios	18
2.1.1.1 Precios agrícolas.....	18
2.2 Revisión de literatura de la aplicación de modelos ARIMA para pronósticos	19
2.2.1 Evidencia internacional.....	19
2.2.2 Evidencia para México.....	25
CAPÍTULO III.....	27
METODOLOGÍA DE SERIES DE TIEMPO	27
3.1 Series temporales y procesos estocásticos	27
3.1.1 Estacionariedad y raíz unitaria	29
3.2 Modelo ARIMA.....	30
3.2.1 Proceso autorregresivo AR	30
3.2.2 Proceso de medias móviles MA	31
3.2.3 Proceso autorregresivo y de medias móviles (ARMA).....	31
3.2.4 Modelo autorregresivo integrado y de promedios móviles ARIMA	32
3.3 Proceso estacional autorregresivo integrado y de promedios móviles SARIMA.....	32
3.4 Datos	33

3.4.2 Datos del SNIIM	35
3.4.3 Datos del USDA.....	36
CAPÍTULO IV	39
PRONÓSTICOS DE PRECIOS DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS.....	39
4.1 Resultados estadísticos para el mercado mexicano	40
4.1.1 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el aguacate hass	40
4.1.2 Pronóstico de precios para el aguacate hass.....	40
4.1.3 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el tomate saladette	45
4.1.4 Pronóstico de precios para el tomate saladette.....	45
4.1.5 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el limón persa	52
4.1.6 Pronóstico de precios para el limón persa.....	52
4.2 Resultados estadísticos del mercado estadounidense	59
4.2.1 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el aguacate hass en los EE.UU.	59
4.2.2 Pronóstico de precios para el aguacate hass en los EE.UU.....	59
4.2.3 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el tomate saladette en los EE.UU	65
4.2.4 Pronóstico de precios para el tomate saladette en los EE.UU.....	66
4.2.5 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el limón persa en los EE.UU	70
4.2.6 Pronóstico de precios para el limón persa en los EE.UU.....	70
4.3 Resultado de las predicciones de los productos agrícolas en los mercados de México y Estados Unidos de América.....	75
CAPÍTULO V	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1 Conclusiones	78
5.2 Recomendaciones	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Datos descriptivos de los mercados de abasto en México	36
Cuadro 2.- Datos descriptivos de los mercados de abasto en los Estados Unidos de América	37
Cuadro 3 .- Datos estadísticos de precios del aguacate hass en México	40
Cuadro 4.- Pronóstico de precios nominales del aguacate hass en el mercado de Iztapalapa Ciudad de México	42
Cuadro 5.- Pronóstico de precios del aguacate hass en mercado “Estrella”, Nuevo León...	44
Cuadro 7.- Datos estadísticos de precios del tomate saladette en México	46
Cuadro 6.- Pronóstico de precios del aguacate has en la central de abastos en Mérida, Yucatán	47
Cuadro 8.- Pronóstico de precios del tomate saladette en la central de Iztapalapa, Ciudad de México	49
Cuadro 9.- Pronóstico de precios del tomate saladette el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León	50
Cuadro 10.- Pronóstico de precios del tomate saladette en la central de abastos de Mérida Yucatán	51
Cuadro 11.- Datos estadísticos de precios del limón persa y s/n semilla en México	53
Cuadro 12.- Pronóstico de precios del limón persa en la central de abastos en Iztapalapa, Ciudad de México	54
Cuadro 13.- Pronóstico de precios del limón persa en el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León	56
Cuadro 14.- Pronóstico de precios del limón persa en la central de abastos en Mérida, Yucatán	58
Cuadro 15.- Datos estadísticos de precios del aguacate hass en los Estados Unidos de América	60
Cuadro 16.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Atlanta en Estados Unidos de América.....	61
Cuadro 17.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Dallas en Estados Unidos de América.....	63
Cuadro 18.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Chicago en Estados Unidos de América.....	64
Cuadro 19.- Datos estadísticos de precios del tomate saladette en los Estados Unidos de América.....	65
Cuadro 20.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Atlanta en Estados Unidos de América	67
Cuadro 21.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Dallas en Estados Unidos de América	68
Cuadro 22.- Datos estadísticos de precios del limón persa en los Estados Unidos de América	70

Cuadro 23.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Chicago en Estados Unidos.....	71
Cuadro 24.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Atlanta en Estados Unidos de América.....	72
Cuadro 25.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Dallas en Estados Unidos de América.....	74
Cuadro 26.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Chicago en Estados Unidos de América.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Metodología de Box-Jenkins	32
Figura 2.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en la central de abasto de Iztapalapa Ciudad de México.....	41
Figura 3.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León	43
Figura 4.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en la central de abastos de Mérida, Yucatán	45
Figura 5.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en la central de abastos de Iztapalapa, Ciudad de México	46
Figura 6.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en el Mercado de Abastos “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León.....	48
Figura 7.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en la central de abastos de Mérida, Yucatán	51
Figura 8.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos de Iztapalapa, Ciudad de México	53
Figura 9.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León	55
Figura 10.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos de Mérida, Yucatán	57
Figura 11.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Atlanta en Estados Unidos de América	59
Figura 12.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Dallas Estados Unidos de América.....	61
Figura 13.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Chicago Estados Unidos de América.....	62
Figura 14.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Atlanta en Estados Unidos de América	66
Figura 15.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Dallas Estados Unidos de América.....	68

Figura 16.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Chicago Estados Unidos de América.....	69
Figura 17.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Atlanta en Estados Unidos de América	72
Figura 18.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Dallas Estados Unidos de América.	73
Figura 19.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Chicago Estados Unidos de América.....	75

RESUMEN

Con el objetivo de proporcionar información a los productores agrícolas se realizan proyecciones de precios del tomate saladette, aguacate hass y limón persa en tres mercados de México y Estados Unidos de América. Los datos fueron obtenidos de dependencias gubernamentales como el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) de la Secretaría de Economía en México y el Servicio de Comercio Agrícola (AMS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). La temporalidad de los datos comprende el periodo de enero-2000 hasta octubre-2019 y corresponden a precios al mayoreo de origen mexicano. Se utilizó la metodología de Box-Jenkins para identificar los mejores modelos de promedio móvil autorregresivo integrado (ARIMA) que se ajustan a las series históricas mediante pruebas de estacionariedad. Se obtuvieron dieciocho pronósticos de los cuales trece fueron ARIMA y cinco fueron SARIMA. En cuanto a los pronósticos, para el mercado mexicano los mejores pronósticos se obtuvieron en los productos del tomate y el limón en los mercados de la Ciudad de México y Mérida Yucatán. En el mercado extranjero los mejores pronósticos están en el tomate para Chicago y Dallas, y también el limón para los tres mercados.

Palabras clave: Arima, mercado agrícola, México, Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es el sector más importante a nivel mundial porque de aquí se derivan los alimentos necesarios para el consumo de miles de familias, además es la principal fuente generadora de empleo de la población rural; a medida que la población va creciendo la demanda de alimentos es mucho mayor, por lo que se ha ido especializando y organizando más este sector.

En México, la producción agrícola ha sido de gran importancia para la mayoría de los estados de la República, entre los que se destacan por mayor productividad: Michoacán, Sinaloa, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas (SADER, 2018).

Así como la producción, las importaciones de alimentos en Estados Unidos de América provenientes de México cada vez son mayores, y es porque México se presenta una especialización en sectores agrícolas. En el 2019, EE.UU importó 15,729 millones de dólares en frutas y verduras lo que representa 11,240.36 millones de toneladas métricas, la tasa de crecimiento anual en las importaciones es de 5.61 por ciento; las importaciones van desde frutas y verduras frescas, congelados, secos, preparados, entre otros preparativos (USDA, ERS, 2020).

La producción agrícola presenta complicaciones al momento de la comercialización de los productos, este es un tema que tiene que ver con la intervención de varios factores para su realización y ejecución, el factor principal son los precios de mercado, que de acuerdo a la teoría económica los precios son determinados por la oferta y la demanda. Los agentes del mercado pueden pactar un precio que es un acuerdo al que se llega cada día por miles de productores y compradores en las centrales de abastos y mercados terminales.

Los productores tienen que conocer quiénes controlan la comercialización de frescos, y tiene que cumplir con los estándares que le permitan competir, que no es importante el volumen, pero si la rapidez y la calidad, ya que los que se encargan de enviar un producto son grandes intermediarios que buscan esos dos factores. Se sabe que si un productor tiene grandes volúmenes de producción puede comercializarlo en otro mercado más lejano, la ventaja de llevar a cabo este paso es que ya no dependerá de un intermediario y podrá apropiarse de la cadena y elevar un poco más sus márgenes de ganancia.

Otro aspecto importante en la producción agrícola es la incertidumbre. De acuerdo con Caldentey y Gómez (1993), la diferencia entre riesgo e incertidumbre se debe a una apreciación en la distribución de probabilidades; si el error es pequeño, se conoce como una situación de riesgo, mientras que si el error es grande se califica como incertidumbre; es por esa razón que este trabajo tiene la intención de reducir la incertidumbre que tienen los diferentes agentes que participan en el mercado.

Así, este proyecto trata sobre proyecciones de precios de mercado, que le permitan al productor, y a los agentes que participan en el mercado, tener una herramienta real y oportuna al momento de comercializar sus productos agrícolas, sobre todo cuando el productor solo es dueño de su producto y desea comercializarlo. La herramienta ayudaría a que el productor tenga parte de la certidumbre para hacer un plan de trabajo que consiste en prepararse para obtener su cosecha cuando los precios incrementen, y pueda llevarse una ganancia que le permita reinvertir para su próxima cosecha. Particularmente, los objetivos de esta investigación consisten en aplicar una metodología de series de tiempo que ayuden a pronosticar los precios de los productos; realizar un análisis económico de los productos en cada mercado y un análisis de los resultados de los pronósticos.

Para realizar la investigación se tomaron como tres productos agrícolas que son: tomate, aguacate y limón. El interés se debe a conocer el comportamiento de los precios futuros de tales productos debido a la volatilidad implícita en dichos precios. Se optó en seleccionar tres mercados nacionales en puntos estratégicos que permita conocer cómo se comportan los mercados de un mismo producto. Los mercados de referencia son: las centrales de abastos de Iztapalapa de la Ciudad de México, San Nicolás de los Garza de Nuevo León y Mérida Yucatán. Estos mercados fueron seleccionados para diferenciar el precio del producto en la zona centro, norte y sur de México.

Al ser productos con altos niveles de exportación, también se analizará el comportamiento de los precios en el mercado estadounidense. Se consideraron tres de los mercados más grandes, el mercado de Dallas por ser uno de los cercanos en la frontera con México, el mercado de Atlanta que participa en la zona oeste y el de Chicago ubicado cerca en la frontera con Canadá.

Los datos cubren la temporalidad de enero-2000 hasta octubre-2019, fueron obtenidos del SNIIM de la Secretaría de Economía para el caso México y del USDA para el caso estadounidense, en todo momento se hace referencia a precios al mayoreo de productos de origen mexicano.

Para el alcance de los objetivos planteados se utilizan herramientas econométricas como las series de tiempo, básicamente la metodología consiste en estudiar el pasado de series históricas para hacer un pronóstico de precios a corto plazo, este procedimiento se le conoce como modelo econométrico ARIMA (Hanke, 2006). Con base en esto se plantea como hipótesis que mediante los modelos ARIMA pueden realizarse pronósticos adecuados que permitan analizar el comportamiento de los precios de los productos mexicanos en ambos mercados. Los mejores ajuste de predicción podrá darle al productor un precio de referencia que le permita negociar sus productos en los mercados agrícolas.

Al realizar el ejercicio e identificar los modelos que más se ajustaron, se encontró que de los dieciocho pronósticos que se realizaron entre el mercado de México y Estados Unidos; trece modelos fueron ARIMA y cinco fueron SARIMA. En cuanto a los pronósticos, para el mercado mexicano los mejores pronósticos se obtuvieron en los productos del tomate y el limón en los mercados de la Ciudad de México y Mérida Yucatán. En el mercado extranjero los mejores pronósticos están en el tomate para Chicago y Dallas, y también el limón para los tres mercados.

El presente trabajo se estructura en cuatro capítulos, iniciándose por una breve explicación acerca de los productos tomate, aguacate y limón, su aportación en la comercialización de productos agrícolas y su posicionamiento en el mercado; en el segundo capítulo se explica brevemente la teoría de precios, posteriormente el capítulo que presenta la literatura citada de los estudios que se han elaborado a nivel internacional y nacional; después se explica la metodología de series de tiempo, y la teoría de Box-Jenkins; en el cuarto capítulo se muestran los resultados de cada producto y cada mercado y finalmente el quinto capítulo se ofrecen conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

LOS MERCADOS AGRÍCOLAS

1.1 Los mercados agrícolas

Los mercados agrícolas presentan características particulares que se derivan de las peculiaridades de la producción agrícola, una de estas es la producción estacional que afecta fundamentalmente a la variabilidad de los precios y la otra está condicionada por factores naturales provocando variabilidad interanual en los precios (Caldentey y Gomez, 1993); reafirmando que, no son los únicos factores que hacen que los precios cambien, sino que existen otros que no solo afectan el precio sino cambian las modalidades del mercado.

A lo largo del tiempo, estos mercados se han ido modificando, ahora son los mercados organizados los que se han estado utilizando ampliamente para la comercialización de productos agrícolas más que cualquier otro mercado en la industria. Hammond (1997), menciona que la forma en que se comercializan ciertos productos, la cantidad de traslados y las numerosas negociaciones individuales no tienen reglas formalizadas, estas operaciones son realmente demasiado engorrosas, lentas y costosas. Por tanto, a medida que las economías avanzan, se van desarrollando centrales y terminales que son más organizados, intercambiándose productos básicos y subastas en algunos de ellos.

1.1.1 Los mercados agrícolas en México

La forma más común y practicada por miles de productores agrícolas para comercializar sus productos es mediante las centrales de abasto, estos disponen de una infraestructura adecuada para realizar numerosas transacciones en gran o menor escala, popularmente se encuentran ubicados en zonas urbanas. El centro mayorista más grande del país se encuentra ubicado en la Ciudad de México, es la central de abastos de Iztapalapa, también considerado como el más grande de América Latina. En este sitio se comercializan diariamente todos los productos frutas, vegetales, hierbas y ornamentales de gran parte del país, donde se determina el precio al consumidor para los productos agrícolas por parte de los oferentes y demandantes.

Las condiciones en que se requieren las ventas al mayoreo (wholesale) o al por menor (retail) no son tan exigentes como en otros mercados internacionales, las ventas pueden realizarse en

mercados terminales, por medio de acopiadores regionales y otros que lo realizan de forma local, una de las condiciones que va a definir el valor del producto es mediante las características que ésta presenta.

La calidad del producto puede ser una característica, aunque para este mercado se clasifica como producto de primera, segunda y tercera calidad. Por otra parte, está el tamaño o más bien el calibre que de igual manera se clasifica como primera segunda y tercera calidad. La diferencia entre estas dos características parece ser muy sencilla, en la actualidad no es así, todavía existe una gran dificultad para que los productores logren diferenciar estas dos características que son muy importantes en el mercado, al no contar con estos conocimientos los productores venden su producto sin tomar en cuenta estas características que son las que le dan valor a su producto, tomando una decisión de venta sin un respaldo, lo que es aprovechado por el comprador, que remata un precio acorde a su conveniencia.

1.1.2 Los mercados agrícolas en EE.UU

Los canales de comercialización para los productos agrícolas son variados, a veces complejos e incluyen miles de empresas (Hammond, 1997). Estas empresas operan a través de distintos agentes económicos, que actúan en diferentes etapas productivas, industriales, comerciales, de servicio, transporte y de distribución (Ledesma, 2004). En un país como los EE.UU se requiere de mucho esfuerzo para atender la demanda de alimentos para una población de 328.23 millones de habitantes de acuerdo con el U.S Census Bureau (2020).

Una de las estrategias para atender la demanda interna, es importar lo que no se produce en los EE.UU. Las condiciones en que se comercializan los productos agropecuarios que llegan de todo el mundo son reguladas mediante reglas de operación y certificación fitosanitaria que son ejecutadas por agencias del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, ARS, 2020). Los primeros agentes en llegar a este mercado son determinados por un mercado de origen o punto de envío, estos pueden ser los manipuladores en los productos de buena calidad y condiciones en general, de igual forma son los que establecen un precio en el mercado, incluyendo descuentos u otros incentivos.

Este mercado está conformado por productores, transportistas, mayoristas que día con día comercializan más de 400 cultivos de frutas, verduras, vegetales, ornamentales entre otros

cultivos especiales (USDA, AMS, 2020). En parte, un vendedor asume los riesgos o daños en tránsito que no fueron causados por el comprador, mientras el comprador tiene el derecho de la inspección antes de finalizar el pago verificando que el producto cumple con las características que se establecieron en la compra o contrato.

Las características que debe cumplir un producto en EE.UU facilita la forma de comercialización en el mercado, en un cargamento deben estar especificadas diversas normas, por ejemplo la calidad del producto, que para este mercado solo es primera calidad, de ahí se determina el calibre que va estar sujeto conforme al producto, después debe especificar la apariencia del producto, la variedad y forma de presentación, así como el mercado de origen, embarcación o frontera de donde llegó este producto, entre otras especificaciones.

1.2 La relación comercial de productos cotizados en los mercados de México y EE.UU.

Por la intensidad y complementariedad que tienen dichos países, los productos agrícolas como el tomate, aguacate y limón concentran una gran información estadística que es importante analizar para tener un panorama de cuál es su posicionamiento, participación y tendencia en ambos mercados.

1.2.1 Mercado del aguacate hass

El *aguacate* (*persea americana*), [ahuacalt cuahuitl]; que significa “árbol de testículos” se originó en Mesoamérica que es la región alta del sur de México y Guatemala, fue nombrado así porque los aztecas lo consideraban un árbol afrodisíaco y lo llamaron “huacalt”. En los Estados Unidos de América se cuenta con una gran historia del aguacate moderno, fue sembrado por primera vez en Florida en 1933. En California se tienen registros del aguacate desde 1848 y 1871, la primera introducción de árboles provenientes de México se plantó en Santa Bárbara (Téliz, 2007). Su importancia se origina por la creciente demanda de consumo en los últimos años, de igual manera por la fuerte derrama económica que es distribuida entre productores, empacadores y comercializadores, beneficiándose asimismo a jornaleros que llevan las maniobras de cosecha, post-cosecha y de comercialización, generando empleos directos e indirectos, por ser un producto muy demandado que tiene una buena aceptación en el mercado.

De acuerdo con la FAO (2017), México se posiciona como líder mundial en el mercado del aguacate, en el año de 2017 se produjeron 2.0 millones de toneladas, siguiéndole República Dominicana con 637 mil toneladas y Perú con una producción de 437 mil toneladas. Para ese mismo periodo, México producía una tercera parte del total del aguacate que se consume en el mundo.

Por otra parte, el USDA hizo un pronóstico de la producción mexicana para el ciclo 2018-2019 donde se esperaba una producción de 1.9 millones de toneladas métricas (MMT) para la comercialización y para el mismo periodo se pronosticaron exportaciones en 1.0 MMT.

Para la exportación del aguacate hass de origen mexicano a los EE.UU., existe un plan de trabajo elaborado conjuntamente por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Protección Fitosanitaria y Cuarentena y por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Alimentaria. Este plan de trabajo es operado por el acuerdo de servicio cooperativo entre Servicio del Departamento de los Estados Unidos y la asociación de exportadores de aguacate del estado de Michoacán APEAM, acuerdo firmado por USDA-APHIS.

1.2.2 Mercado del tomate saladette

El *tomate* (*Lycopersicon esculentum*); pertenece al género Solanum de la familia Solanaceae, que se originó en la franja costera del oeste de Sudamérica. La especie es originaria de América del Sur, especialmente Perú y las islas de galápagos, siendo domesticada por primera vez en México, fue en México donde el tomate probablemente se cultivó por primera vez y las plantas se seleccionaron en función del tamaño de la fruta (Jones, 2007).

La producción de esta hortaliza se considera un producto necesario en el consumo de las personas, está presente en casi todos los alimentos en los hogares de las familias, por lo que su consumo es de forma instantánea y su demanda es creciente a medida que la población se expande. Actualmente en México, la producción es autosuficiente, se atiende la demanda interna, por lo que la producción de esta hortaliza está centrada en el mercado de exportación. De acuerdo con la SADER (2018) y USDA (2018), el mercado de Estados Unidos es el principal cliente de México. Existen reglas de operación para realizar esta acción, para

exportar tomate a EE.UU se aplica un arancel de diez por ciento en todo el tomate que provenga de México. Los países; Canadá, Chile, Costa Rica, Nicaragua, Uruguay, Bolivia, La Unión Europea y Japón quedan exentos de este arancel para el mercado del tomate en México (USDA, FAS, 2020).

En cuestiones políticas de comercialización, los productores mexicanos y el Departamento de Comercio de los Estados Unidos (DOC, por sus siglas en inglés); firmaron un acuerdo de suspensión del tomate en febrero de 2013, dicho acuerdo se negociaría cada cinco años por lo que para marzo de 2018 fue su más reciente actualización. La producción se ve afectada por este tipo de negociaciones, al provocar que los productores tengan incertidumbre sobre las decisiones de política que terminarán por impactar la comercialización de su producción. Aunque los tomates que se producen en California EE.UU., son enfrentados a la competencia de los tomates de Baja California, México, los productores mexicanos han incrementado la producción de tomate en ambos sitios del norte y centro del país (USDA, FAS, 2018).

En México, de acuerdo con datos de la FAO (2017) se produjeron 4.2 millones de toneladas (MT) al año, ocupando el lugar número 9 en la producción mundial del tomate. Por otra parte, el USDA realizó una estimación de producción de tomate para 2018-2019 de 3.4 MMT suponiendo que el clima fuera favorable, para ese periodo se proyectó un consumo de 1.6 MMT. Es importante señalar que se han mejorado los mecanismos de la agricultura desplazando la producción de cielo abierto con rendimientos de 50 ton/ha, a una agricultura protegida de 150/200 ton/ha, obteniéndose producción de calidad que afecta al mercado extranjero.

México es el principal exportador mundial del tomate rojo, en el periodo del 2017 se tuvieron exportaciones de 1.7 MT que corresponden el 24 por ciento del volumen mundial exportado (USDA, FAS, 2018). Las exportaciones mexicanas se ven afectadas por los precios, que a su vez son influenciados por factores económicos y no solo por la demanda. Una medida proteccionista de un gobierno puede afectar la producción, las exportaciones y el consumo, de igual forma que los precios; tal es el caso del arancel de 17.5 por ciento aplicado en marzo del 2019 que fue implementado a través del DOC donde los pequeños y medianos exportadores vieron la imposibilidad de la carga financiera lo que significó una disminución en las exportaciones.

1.2.3 Mercado del limón persa

El limón es un producto originario del continente asiático, fue introducido por primera vez en México por la conquista de los españoles, ocupando un papel importante en la agricultura y en la contribución en la economía. Las variedades que más se cultivan son dos: el limón persa “sin semilla” en un 30 por ciento de participación y el limón mexicano con 70 por ciento (SADER, 2018).

La diferencia entre estas dos variedades es que el limón persa es para exportación, mientras que el limón mexicano abastece el mercado nacional. La producción de limón mexicano se concentra en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, mientras que el limón persa se cultiva en el norte de Veracruz, y con producción en baja escala en los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Puebla, Jalisco y Yucatán (SADER, 2018). El estado de Veracruz es el principal productor de limón persa en México, para el año del 2018 se obtuvo un registro de 96,228 hectáreas sembradas, dos por ciento más que el año anterior (USDA, FAS, 2020).

La cosecha para el limón persa comienza en el mes de abril, y es enviado a mercados europeos antes de ser enviado a los Estados Unidos, el suministro de este producto para mercados de Estados Unidos y Canadá es del 40 por ciento (USDA, FAS, 2020). El destino del limón está relacionado con los precios del mercado, de esta manera se decide a qué mercado conviene exportar.

De acuerdo con la FAO (2017), México es el principal productor de limón a nivel internacional, para este periodo se obtuvo una producción de 2.5 millones de toneladas, mientras que en la India que ocupa el segundo lugar en producción, se obtuvo 1.6 millones de toneladas. El comportamiento de la producción para el mercado mexicano muestra una tendencia creciente durante los últimos años.

De acuerdo con la proyección del USDA, FAS (2020), la producción para el 2018 fue de 2.6 millones de toneladas métricas, con precios de 2,330 a 4,820 pesos la tonelada. Los precios internacionales del limón para el mes de octubre / noviembre en 2018 fueron de 16 a 18 USD la caja de 40 libras, mientras que para el periodo de abril / mayo se tuvieron registros de 53 a 40 libras la caja del limón.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

2.1 Marco teórico

Los precios de los productos agrícolas tienden a fluctuar en gran medida en todos los mercados internacionales, son inestables, poco regulables o sencillamente determinados por las leyes de la oferta y la demanda. Al no contar con una herramienta que les permita tomar decisiones en las operaciones de mercado se genera incertidumbre en el mercado limitando a los agentes al realizar sus negociaciones. La literatura que se describe en este documento, brinda una alternativa para cotejar esos problemas de mercado, aportando una herramienta que pueda ser útil, sobre todo cuando se requiere saber cómo se comportarán los precios de los mercados en un determinado tiempo. Aunque no es un estudio que resuelva los problemas de mercado, busca contribuir a reducir hasta cierto grado la incertidumbre existente, hay factores que influyen consecuentemente en los precios que no se pueden estimar, y otros que no tienen que ver con factores climatológicos o biológicos, simplemente por su naturaleza suceden y no se pueden cuantificar.

2.1.1 Teoría de precios

2.1.1.1 Precios agrícolas

En la teoría económica, un grupo de productores y compradores establecen el precio de un bien o servicio (Hang, 1969). Esta interacción entre oferentes y demandantes va a depender del tipo de mercado (competitivo o competencia perfecta) en el que se opere. De acuerdo con Mankiw (2002), los mercados competitivos adoptan muchas formas, estos están muy organizados, donde compradores y vendedores se reúnen en algún momento y lugar específico, y un subastador ayuda a fijar los precios y organizar las ventas de los productos. En los mercados perfectamente competitivos el bien que se ofrece es igual a todos y los compradores y los vendedores son demasiados que ningún comprador o vendedor puede influir en el precio.

En los mercados agrícolas el precio también se establece por la oferta y demanda, sin embargo, los precios de los productos agrícolas se caracterizan por sus grandes oscilaciones de un día a otro, debido principalmente a causas climatológicas que impactan en la producción (Caldentey, 1972).

El proceso de producción agrícola es importante dentro de la formación de los precios, parte de aplicación de un paquete tecnológico, que es una inversión de capital para la adquisición de los insumos necesarios para la obtención de su producto. El precio juega un papel importante porque el precio que va a negociar el productor con los agentes económicos ya sean centros de acopio, intermediarios o mayoristas tiene que cubrir sus costos generales de producción, y de comercialización según sea el caso, más una ganancia, que le permita al productor recuperar lo invertido.

Los precios de los productos agrícolas en general se negocian en mercados o centros de abasto al por mayor (wholesale) o al por menor (retail), el precio al mayoreo consiste en una venta efectiva en cantidades inferiores a la carga de un camión, para productos de buena calidad y condición comerciable, generalmente se comercializan a nivel local.

Mientras que los precios al menudeo son determinados por las ventas en pequeña proporción, generalmente esta acción la realizan los pequeños productores ofertando producto de segunda y tercera calidad que pueden pasar como primera, dependiendo de cómo se esté comportando la oferta de los productos agrícolas.

2.2 Revisión de literatura de la aplicación de modelos ARIMA para pronósticos

2.2.1 Evidencia internacional

A continuación, se muestran algunos estudios en el área del sector agrícola donde implementaron este tipo de modelos, dando una aportación de cuáles fueron los resultados obtenidos después de esta implementación de los modelos ARIMA, así como para que sectores podrían ser aplicables, además algunas recomendaciones por parte de los investigadores y sus conclusiones.

En el trabajo de Castro y Pereira (2006) se realizó un análisis de la previsión del precio mensual del Cacao. Este producto atraviesa una recuperación económica después de una prolongada crisis en la década de los ochenta y mediados de los noventa, la situación que se presentó tuvo un impacto en la reducción de los precios internacionales por el aumento en la producción mundial y por una devastadora enfermedad conocida como “escoba de bruja”. Este estudio fue realizado en Brasil, para ello se obtuvieron 428 observaciones del precio del cacao durante el periodo de enero-1970 hasta agosto-2005 que posteriormente fueron deflactados por

el índice general de precios, de manera que se obtuvieran precios actualizados. La metodología que se utilizó fue de Box-Jenkins enfatizando cada una de sus propiedades, de esta manera se pronosticaron los precios del cacao para doce meses. El modelo que mejor se ajustó fue por el enfoque ARIMA (2,1,2).

Por su parte, Santos, Sáfadi y Gonzaga (2005) examinaron un estudio acerca de la volatilidad del retorno de materias primas agrícolas brasileñas, el caso del café y la soja a través de un modelo de tipo ARCH. En dicho estudio se utilizaron datos de series de tiempo mensuales tomando como medida el dólar para los precios del café coco, pagados al productor. Esta serie comprendió el período enero/1997 hasta abril/2002, con un total de 423 observaciones; mientras que la serie de la soja en salvado tuvo una medición de dólares (precio/tonelada), comprendido en el periodo enero/1957 hasta marzo/2002 obteniendo una total de 543 observaciones, datos que fueron obtenidos mediante el Instituto de Investigación Económica Aplicada (IPEA). Los resultados indicaron que ambas series mostraron fuertes señales de asimetría en la volatilidad, por tanto, un movimiento en las series tiene un impacto diferenciado sobre la volatilidad de los retornos, resultados que se comprobaron mediante los modelos GARCH, EGARCH Y TARARCH. Santos, Sáfadi y Gonzaga resaltan que un efecto de choque en las series repercute a largo plazo la volatilidad de los precios de la soja y el café, por lo que se requieren de mayor tiempo para que puedan disiparse.

La situación delicada de los precios del café ha modificado las condiciones de negocio nacionales e internacionales en la industria del café, durante varios años se ha presentado una crisis cafetalera por diversos factores como es la formación del precio, la sobreproducción, el consumo y otros factores que no solo entran en las actividades comerciales sino que tienen una importante influencia en la volatilidad del precio. Pérez (2006), realizó un estudio de la volatilidad precio del café para poder identificar y establecer objetivos que permitieran a la cafecultura adaptarse a los nuevos desafíos internacionales. Este estudio fue realizado en Medellín Colombia, se consideró un intervalo del 02 de enero del 2002 al 17 de abril del 2006, con 1,074 datos diarios. Se utilizó la metodología de Box-Jenkins (ARIMA) y en segundo lugar un modelo GARCH utilizando los pasos de Bollerslev. El modelo que más se ajustó fue el TARARCH (1,1), lo que quiere decir que hubo presencia de ARCH lo que indica que la serie no permaneció constante a lo largo del tiempo, es decir que existieron rendimientos negativos

que superaron los rendimientos positivos. Por otro lado, Pérez señaló que entender el comportamiento de la volatilidad de precios es importante, ya que permite que los agentes comprendan que las variaciones pueden tener un fuerte impacto en sus inversiones.

Jiménez y Martínez (2014) presentaron un estudio sobre el precio del café asociado a los contratos de futuros diseñando un modelo para cubrir los riesgos que sufre el productor por las fluctuaciones de los mercados internacionales; mediante la metodología de Black and Sholes y Modelo Binomial. Dicho estudio fue elaborado en Colombia, donde utilizaron datos diarios de la bolsa de Nueva York para el periodo de agosto/1997 a noviembre/2014. Mediante un modelo de simulación se identificó la viabilidad de los riesgos de la fluctuación de los precios del café. En específico, realizaron un pronóstico para un periodo de seis meses mediante la metodología de Modelos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles AUTO-ARIMA identificando posibles escenarios donde fuera necesario adquirir una opción (Put/Call). Asimismo, analizaron el modelo mediante la variable exógena, es decir su propio pasado para poder explicar su comportamiento en el futuro, un producto como el café que está relacionado con la estacionalidad de las floraciones del cultivo, es por ello que Jiménez y Martínez mencionan que es necesario tener una herramienta esencial para una opción y que atienda a las necesidades del mercado, ofreciendo garantías a los productores.

Abhishek-Singh (2013), desarrolló un estudio de precios del aceite de cacahuete en Delhi, haciendo una comparación entre la metodología de Redes Neuronales y la metodología de ARIMA. Para ello, se obtuvieron precios mensuales del aceite de cacahuete en el periodo de abril 1994 a julio 2010. Encontraron un buen ajuste con un modelo ARIMA (0,1,11) en términos de promedios móviles (MA) con retrasos del 1% de significancia, mientras que la Red Neuronal presentó sesgos de 0.021, 0.086, -0.429 en los retardos 1,2 y 3. Se concluyó que este modelo no sigue un definido patrón y por lo tanto no hay correlación. En el error cuadrático medio, la raíz media y error porcentual fueron más bajos para el pronóstico ARIMA que para la Redes Neuronales.

Por otro lado, Alonso y Arcilla (2013) presentaron un estudio similar donde pronosticaron los precios del azúcar para caracterizar el comportamiento estadístico de los precios que se trazan en Nueva York y Londres. Para realizar este estudio fue necesario emplear datos mensuales de los futuros del azúcar para ambos mercados, durante el periodo de 1989 a 2010, con un total

de 264 observaciones. Se empleó la metodología de Box-Jenkins para construir un modelo autorregresivo de media móvil. Los resultados que arrojaron dicho estudio mostraron la existencia de raíz unitaria estacional para los dos mercados que hacen que generen cambios en el comportamiento de las variables, señalando que es importante mencionar la existencia de estacionalidad que explique dicho comportamiento.

En el trabajo de Scalcon, Ataidés y Vidal (2008) en dicha investigación se realizó un estudio para medir la volatilidad de los precios futuros de azúcar negociados en la Bolsa de Mercaderías y Futuros, verificando a través de diferentes modelos expuestos, cuál es el que tiene mejor predicción. Para el análisis utilizaron los modelos de análisis de volatilidad tipo ARCH y modelos univariados que son los modelos ARIMA y SARIMA son modelos de prevención y son aplicados a las series temporales. Sus resultados de las series fueron que existe la volatilidad de los precios del azúcar, lo que indica que los precios tienden a incrementarse de manera suave con el paso del tiempo, lo que representaría pérdidas económicas. En cuanto a los modelos de prevención ARIMA los indicadores se mostraron un poco bajos tales como Akaike y Schwarz, por su parte el modelo SARIMA mostró mejores resultados en las series de precios de azúcar.

Betancourt (2010) realizó un estudio de la relación que tiene el Biodiesel Norteamericano y el precio de la Palma Africana en Colombia, de manera que se puedan tomar decisiones con el manejo de los inventarios. La metodología empleada para predecir los precios futuros fueron los modelos ARIMA y GARCH. Los resultados fueron que el precio del aceite de palma depende de los precios de biodiesel. Para el biodiesel el modelo ARIMA intrínsecamente no es el adecuado para realizar la proyección de precios en Estados Unidos; por lo que realizó una tendencia de media móvil, donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.662 y una R^2 de 0.44. Por otro lado, el Aceite de Palma haciendo uso de las medias móviles, el coeficiente de correlación fue de 0.959, resaltando que los precios son similares. Betancourt menciona que el modelo ARIMA es un excelente modelo para predecir, no obstante, para proyectar los datos de un año las proyecciones son incoherentes, de forma que recomienda predecir solo dos periodos, por medio de media móvil o un ARIMA.

Por su parte De La Fuente-Mella y Lorca-Correa (2008), presentaron un análisis de precios del trigo en Chile, donde emplearon la metodología de Box-Jenkins al igual que un estudio de

cointegración entre los precios del trigo y sus derivados como el pan, la harina y los tallarines. Esta serie comprende datos mensuales desde enero/1990 hasta enero/2007. El modelo que mayormente se ajustó fue un ARIMA de tipo (2, 1, 1).

Murillo (2011), elaboró un modelo econométrico buscando proyectar los precios futuros del tomate de manera que los productores tengan una base de cómo estarán los precios futuros de dicho producto durante las próximas cosechas, este estudio fue aplicado en Costa. El modelo que se aplicó fue un modelo autoregresivo ARIMA, estableciendo como base el periodo 2000-2010. Los resultados fueron que el cultivo del tomate tiende a presentar fluctuaciones en el precio durante todo el año, siendo una actividad riesgosa que en ciertas ocasiones puede causar grandes pérdidas, el ARIMA que mayormente se ajustó fue (4, 1, 3) con mayor ajuste en la serie, las recomendaciones fueron que no se recomienda una proyección a largo plazo, por la razón de que tiende a estabilizarse en el cuarto periodo.

Además, Ceballos y Pire (2015) presentaron un estudio de precio internacional del arroz; este estudio fue realizado por estudiantes de la Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado, en Venezuela. Ceballos y Pire, explican que el precio del arroz internacional ha sido afectado en los últimos años por la oferta, demanda y crecimiento de la población, entre otros factores biológicos y climáticos; por lo que se utilizó la metodología de Box Jenkins para predecir los precios internacionales del arroz. La serie de datos comprende un intervalo del mes de junio/2002 a noviembre/2012 para una estimación de 16 meses; se empleó el software R para poder desarrollar los análisis y predicciones estadísticos. Los resultados fueron que se obtuvo un modelo SARIMA de tipo (1, 0,1) x (1, 0,1), las predicciones arrojaron precios de US \$665 por tonelada a los 16 meses en diciembre del 2014, teniendo intervalos superiores e inferiores de US \$191.7 y 2,309.7 por tonelada, por último, señalan que es un modelo útil y refleja el proceso estocástico generado por la serie.

Recientemente, González, Puentes, y Ruiz (2017) realizaron un estudio de la producción de durazno para conocer el comportamiento de los precios de la fruta en los últimos años, este estudio se llevó a cabo en los mercados más representativos de Colombia: Central de Abastos de Bogotá, Mayorista de Antioquia Medellín y Retén sur de Tunja, el objetivo de este estudio radicó en que para los productores cada vez les resulta ser un negocio no rentable y pretenden invertir en otros cultivos. Por lo anterior se inició un estudio de las generalidades de

producción de caducifolios y del durazno, para el análisis fue necesario la recolección de datos de los precios por Kg/mes de las tres centrales para seis años entre un periodo de 2006 al 2011, se obtuvieron un total de 216 observaciones. La metodología que se empleó para realizar este estudio fue un análisis exploratorio de los precios por medio del Análisis Espectral Singular, utilizando el Método de Loess, asimismo se empleó la metodología de Box Jenkins. Los resultados fueron que al graficar los datos mediante AES y el Método de Loes, no existía un comportamiento estacional y de tendencia en las centrales; en los modelos ARIMA se valida el supuesto de ruido blanco y se comprueba que no se conserva su estructura que pueda ser explicada por otro modelo más complejo.

Mahlangu, et al. (2018), realizaron un estudio de la importancia económica que tienen los cítricos después de la hoja caducada, las frutas y las verduras en Sudáfrica. Los investigadores tuvieron que realizar pruebas de estacionalidad en los precios para los productos cítricos en Sudáfrica de Johannesburgo, con la finalidad de crear políticas con entorno a la accesibilidad de alimentos frescos y los movimientos en los precios. Para ello fue importante la construcción de índices de precios y emplear ARIMA. El periodo de estudio comprende ocho años de enero del 2010 a 2018, con datos mensuales para cinco especies que comprenden el limón, naranjas, limas y cítricos suaves. Los resultados fueron un modelo ARIMA, mostrando que los términos estacionales son estadísticamente significativos al 1, 5 y 10 por ciento; por otra parte, el problema no es solo la aparición de estacionalidad de los precios de cítricos, si no que el índice es muy alto y por un tiempo prolongado.

Laurente (2018), examinó un estudio de la producción de papa, siendo el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo (después del arroz, maíz y el trigo). Este estudio fue elaborado en el Departamento Puno en Perú; país donde se generan más de 4,000 de las 5,000 variedades existentes en el mundo. La metodología empleada para desarrollar dicho estudio fue de Box-Jenkins, se utilizaron datos mensuales entre los años 2007 a 2017 extraídos del Banco Central de Reserva de Perú. Se utilizaron los criterios estadísticos de Akaike (AIC) y Criterio de Schwarz (SC) para la selección del mejor modelo. Los resultados de los autores mostraron que el modelo SARIMA (1, 1, 2) (1, 0, 1) fue el más apropiado para la proyección de la producción de papa, por otra parte, mencionan que es importante realizar proyecciones con otros métodos y hacer comparaciones de los resultados.

2.2.2 Evidencia para México

En el trabajo de Contreras y Chong (2007) se realizó un estudio del aguacate hass. Utilizaron precios del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), para la presentación de diez kilogramos con un total de 10,947 observaciones, para poder trabajar con serie de datos fue necesario promediar los precios frecuentes diarios y/a semanales. El modelo que más se ajustó fue un modelo SARIMA de tipo $(1, 1, 7) \times (0, 1, 1)$, se utilizaron librerías del paquete de usos estadísticos R para el ajuste del modelo y estimación de los parámetros. El mercado de estudio fue precios nacionales del aguacate durante el periodo de enero del 2004 a septiembre del 2007.

Marroquín y Chalita (2010) realizaron un estudio de pronósticos de precios del Jitomate Bola, para la Central de Abastos de Iztapalapa en la Ciudad de México, donde se usaron datos mensuales de precios al mayoreo durante el periodo de enero de 1998 a noviembre de 2008. La metodología empleada fue de Box-Jenkins para identificar el modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA. Los resultados fueron un modelo ARIMA de tipo $(23, 0, 2)$ del cual posee dos factores autorregresivos (12 y 23) el proceso que la serie de tiempo género como máximo es un AR (23), asimismo solo se procedió a sumarle un factor de media móvil. Encontraron que los precios actuales y futuros del Jitomate Bola en la Ciudad de México pueden ser explicados por los precios del pasado.

Una de las investigaciones que aborda el tema de rendimientos de granos básicos en México, es el trabajo de Delgadillo, Ramírez y Rodríguez (2016), en dicha investigación se compararon los diferentes métodos de pronósticos para el análisis de los rendimientos de granos básicos (maíz, frijol y arroz) en México. Usaron la metodología de Box-Jenkins durante el periodo de 1997-2009. El mejor modelo para estimar los rendimientos de maíz en México fue ARIMA $(1, 0, 1)$, para rendimientos de frijol, el modelo de Brow con $\alpha = 0.202$; para rendimientos del trigo, suavización exponencial simple con $\alpha = 0.7576$; y para rendimientos de arroz el modelo Hotl $\alpha = 0.5024$. Los autores señalaron que los rendimientos de los granos básicos al corto plazo incrementarían, y se esperaba que los rendimientos de trigo se mantuvieran constantes.

Sánchez-López et al., (2013) realizaron un pronóstico de precios para la producción de leche bovina en Baja California, no obstante, para este Estado la leche local ha mostrado una

tendencia negativa, para los consumidores resulta ser más barato la compra en Estados Unidos, es por ello que se esperaba tener herramientas para el conocimiento del comportamiento del mercado de la leche. Emplearon la metodología de Box-Jenkins para el pronóstico de precios, los datos corresponden al periodo entre enero del 2000 a octubre del 2009. Los resultados fueron un ajuste de modelo ARMA (1,1) presentando mejores resultados y menor error estándar.

Estos estudios son una muestra de la importancia que se ha dado al método ARIMA en el sector agrícola a nivel nacional e internacional. Los autores mencionados anteriormente, detallan el procedimiento que usaron para la obtención de los resultados, así como, una aportación a la aplicación de dichos modelos.

Así esta investigación busca también contribuir a literatura y al sector, de que es posible contar con una herramienta para el sector agrícola que nos permita tomar decisiones oportunas en los mercados nacionales e internacionales. Una de las contribuciones de este proyecto es uso adecuado y la depuración de la información, así como la aplicación adecuada de método ARIMA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE SERIES DE TIEMPO

3.1 Series temporales y procesos estocásticos

La metodología que se emplea de series de tiempo tiene ciertos fundamentos económicos que se relacionan con los procesos que ocurren en el pasado y, que causalmente tienen un efecto a medida que estos procesos van evolucionado con el tiempo. Al tener una herramienta de análisis de series de tiempo, es de gran utilidad para analizar el comportamiento de dichas variables, que estarán relacionadas con X términos en el tiempo; al descubrir su entorno se reduce cierta incertidumbre, un ejemplo claro, son los contratos futuros negociados en la bolsa de Chicago, que son acuerdos para comprar o vender un activo en una fecha específica y que necesariamente se requiere saber el comportamiento de estas variables a través de las series históricas para reducir la incertidumbre y negociar sus activos.

Villavicencio (2008), define una “serie de tiempo” como una colección de observaciones de unas variables recogidas en el tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme, de manera que los datos sean independientes entre sí. German-Soto (2019), describió que esta técnica es relativamente atractiva para estudiar procesos a largo plazo, ya que se basa el análisis de las propiedades estadísticas de una variable y los cambios exhibidos durante un periodo de tiempo. Así, mediante el análisis de estos procesos estocásticos, pueden explicarse los sucesos que se han estado repitiendo en el pasado y que de alguna u otra forma pudieran ocurrir en el futuro.

Blaconá (2013), explica que en efecto una serie de tiempo de T datos $(Y_1, \dots, Y_t, \dots, Y_T)$, es una muestra de la magnitud de un vector de T variables aleatorias ordenadas en el tiempo, que van a corresponder a $t = 1, \dots, T$, y la serie se considera una trayectoria del proceso estocástico. Para comprender este concepto, definimos un proceso estocástico como una familia de variables aleatorias asociadas a un conjunto de índice de números reales, de manera que cada elemento del conjunto E corresponda a una sola variable aleatoria que evoluciona en el tiempo. Por lo tanto, una de las funciones que deben cumplirse en las series de tiempo es que sean estocásticas, es decir que sean explicadas por su propio pasado.

Novales (2016), describe que un proceso estocástico Y_t , $t = 1, 2, 3 \dots$ es una sucesión de variables aleatorias integradas por la variable tiempo, estas variables pueden ser independientes entre sí o no, y tienen la misma distribución de probabilidad o una probabilidad distinta, cuando las variables de Y_t tienen la misma distribución de probabilidad, y son independientes entre sí, se constituye el proceso de ruido blanco.

Gujarati y Porter (2010), definen un proceso estocástico o aleatorio como una colección de variables aleatorias ordenadas en el tiempo, esta colección de variables aleatorias $\{Y_t\}$ tiene un índice t que va a tomar valores en una cierta colección E que corresponde a la serie temporal. Para cada uno de los valores t de la colección E , está definida una variable aleatoria Y_t , los valores observados de la colección aleatoria forman una serie de tiempo. Las definiciones expuestas por los autores mencionados anteriormente, nos transmiten que hay que tomar en cuenta que cada una de las Y es una variable aleatoria.

Todos aquellos fenómenos que puedan representarse mediante observaciones en series de tiempo, se consideran procesos estocásticos y van a tomar valores en el tiempo constantemente, sin necesidad de mostrar alguna tendencia creciente o decreciente a largo plazo (Blaconá, 2013).

De acuerdo con Robinson (2004) un método muy común para identificar las series de tiempo es a través de la descomposición, y es que surge de la necesidad de comprender los factores que influyen en los valores de la serie y estas puedan proyectarse a futuro.

Es importante que el analista encargado de realizar estos estudios considere todas las relaciones convenientes para efectuar dicho modelo, para ello, se describen algunos componentes que se presentan en las series de tiempo.

Los componentes para el análisis de las series temporales:

- a. Tendencia: Representa una trayectoria que produce un cambio suavizado de la media a largo plazo, esta tendencia puede ser constante, lineal, cuadrática, exponencial, entre otras.
- b. Estacional: Se presenta cuando las series temporales tienen cierta periodicidad o patrones estacionales que se repiten con frecuencia, estos efectos son

sencillos de entender e incluso se pueden modificar o eliminar de la serie, este proceso es conocido comúnmente como desestacionalización.

- c. Aleatoria: Este componente no responde a ningún patrón, sino que representa los cambios que sufre la serie por fenómenos externos no controlables, estos cambios influyen de forma aislada en una serie de tiempo.

3.1.1 Estacionariedad y raíz unitaria

Un supuesto que hacen los autores Gujarati y Porter (2010), es que muchas técnicas de series de tiempo son estacionarias, donde su media, su varianza y su covarianza permanecen constantes sin importar el tiempo en que se midan.

Un método más general para saber si una serie temporal es estacionaria o no, es a través de la diferenciación de la serie, que consiste en eliminar la tendencia que evoluciona lentamente en el tiempo. Al diferenciar la serie ocurre que esta vuelve a mostrar tendencia. Por lo que, Gujarati y Porter (2010), recomiendan que es necesario efectuar la diferenciación de dicha serie hasta volverla estacionaria. Así, como muestra del proceso estocástico, la serie temporal se transforma de su forma original a una nueva serie estacionaria.

Es importante que las series sean estacionarias, porque si no solo se estudia el periodo en consideración y como consecuencia para los pronósticos, las series de tiempo tienen un valor menos práctico. Un proceso estocástico Y_t es estacionario cuando las propiedades estadísticas de una secuencia finita $Y_{t_1+n}, Y_{t_2+n}, \dots, Y_{t_h+n}$ son diferentes para cualquier número entero $n = \pm 1, \pm 2, \dots$, la desviación de esta secuencia es mínima debido a la varianza. Un proceso estocástico Y_t no estacionario es cuando al menos una secuencia $Y_{t_1+n}, Y_{t_2+n}, \dots, Y_{t_h+n}$ son diferentes al menos para un número entero $n = h > 0$; si la serie es no estacionaria la varianza va a variar todo el tiempo.

De todos los tipos de procesos estocásticos, solo nos interesan dos que estadísticamente se identifican como:

- a) Ruido Blanco: que es una sucesión de variables aleatorias (proceso estocástico) con esperanza (media) cero, varianza constante e independientes para distintos valores de covarianza (nula).
- b) Proceso estocástico estacionario.

El test más habitual a la hora de determinar la estacionariedad de una serie, consiste en la aplicación del test de Dickey-Fuller (DF) o Dickey-Fuller Ampliado (ADF). Éste es un contraste de “No estacionariedad” ya que la hipótesis nula es precisamente la presencia de la raíz unitaria en el proceso generador de datos de la serie analizada.

La caminata aleatoria o raíz unitaria son un proceso muy utilizado para hacer referencia a las series de tiempo no estacionarias. Los términos de no estacionariedad, caminata aleatoria, raíz unitaria y tendencia estocástica se consideran sinónimos.

3.2 Modelo ARIMA

La publicación de Box y Jenkins *Time Series Analysis Forecasting and Control*, marcó una nueva etapa de herramientas de pronósticos que comúnmente se conocía como la metodología de Box-Jenkins, o técnicamente conocida como metodología ARIMA. Este trabajo emplea esta metodología para el pronóstico de los precios de los productos agrícolas y su análisis de las propiedades probabilísticas y estocásticas de las series de tiempo que de acuerdo con la teoría se explica por sí misma, es decir Y_t se explica por valores pasados o rezagos de sí misma y por los términos de error estocásticos ε_t .

3.2.1 Proceso autorregresivo AR

Se trata de un modelo Y_t en que una determinada observación es predecible a partir de la observación anterior AR (1) o a partir de dos observaciones que la predicen AR (2). En este caso, la observación se define como la suma de una cantidad finita p de observaciones más un impulso aleatorio independiente (Hanke, 2006).

La expresión genérica de un modelo autorregresivo de un AR(p) sería la siguiente:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \phi_3 Y_{t-3} \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Donde:

Y_t = variable dependiente

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-3} \dots, Y_{t-p}$ = variables independientes que son variables dependientes desfasadas un número específico de periodos.

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = coeficientes de regresión

ε_t = término de residuo que representa sucesos aleatorios no explicados en el modelo (término error).

3.2.2 Proceso de medias móviles MA

Este modelo explica el valor de una determinada variable t en función de un término independiente y una sucesión de errores correspondientes a periodos precedentes, estos modelos denominados medias móviles por sus siglas MA (Hanke, 2006).

El modelo de medidas móviles tiene la siguiente forma:

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \theta_3\varepsilon_{t-3} \dots - \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

Donde:

Y_t = variable dependiente

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-3}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ = son los valores anteriores del error

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_q$ = peso específico

ε_t = es el residuo o error en el periodo t

3.2.3 Proceso autorregresivo y de medias móviles (ARMA)

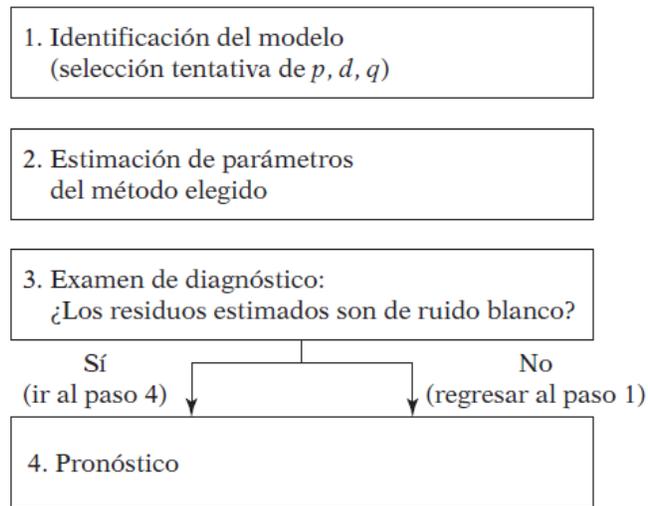
En este modelo se unen los modelos anteriores, modelo autorregresivo (AR) y modelo de medias móviles (MA). Así, una observación está determinada tanto por observaciones anteriores, así como por “impulsos aleatorios” de observaciones pasadas (Hanke, 2006).

Los modelos AR Y MA, ambos se pueden combinar en un tercer tipo de modelo general denominado ARMA.

$$Y_t = \phi_1Y_{t-1} + \phi_2Y_{t-2} + \phi_3Y_{t-3} \dots + \phi_pY_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \theta_3\varepsilon_{t-3} \dots - \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

Los modelos ARMA (p, q) utilizan combinaciones de errores anteriores y valores anteriores y ofrecen un potencial para ajustar modelos que no pudieron ajustarse en forma adecuada mediante modelos AR y MA por sí solo.

Figura 1.- Metodología de Box-Jenkins



Fuente: Gujarati y Porter (2010).

3.2.4 Modelo autorregresivo integrado y de promedios móviles ARIMA

Al igual que el ARMA, es una combinación de los modelos autorregresivos y el de medias móviles, siendo que aquí se incluye un proceso de restablecimiento (Hanke, 2006).

$$Y'_t = \phi_1 Y'_{t-1} + \phi_2 Y'_{t-2} + \phi_3 Y'_{t-3} \dots + \phi_p Y'_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \theta_3 \varepsilon_{t-3} \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Donde:

Y'_t = es la variable inducida a la estabilidad

3.3 Proceso estacional autorregresivo integrado y de promedios móviles SARIMA

Las series estacionales que presenten datos inferiores a un año como datos diarios, semanales o mensuales, etc., pueden presentar patrones o variaciones cada determinado tiempo y estas pueden captarse por los factores estacionales dentro del modelo (Hanke, 2006).

- Un modelo ARIMA(p,d,q) modela la dependencia regular y está asociado con observaciones que son consecutivas.
- Un modelo ARIMA(P,D,Q) modela la dependencia estacional y esta se asocia con las observaciones por t periodos.

En su forma más general del modelo ARIMA (p,d,q) ARIMA (P,D,Q) podría expresarse de la siguiente forma:

$$\phi_p(L)\phi_p\Delta^d\Delta_1^D Y_1 - w_q(L)w_Q(L^1)a_1$$

Es una combinación de modelos MA(q) y AR(p) que han hecho referencia a una serie de diferenciaciones “d” en la parte regular o “D” en la parte estacional para que fueran estacionarios.

Donde:

$\phi_p(L)$ y $w_q(L)$ = polinomio autorregresivo y medias móviles parte regular

$\phi_P(L)$ y $w_Q(L)$ = polinomio autorregresivo y medias móviles parte estacional

d = dependencia regular

D = dependencia estacional

S = estacionalidad

a_1 = es el residuo o error en el periodo t

3.4 Datos

Para realizar la investigación de un modelo de predicción, se tomaron tres productos agrícolas que son: tomate, aguacate y limón. En tres mercados nacionales: las centrales de abastos de Iztapalapa de la Ciudad de México, San Nicolás de los Garza de Nuevo León y Mérida Yucatán. Para el mercado de Estados Unidos, se consideró el mercado de Dallas por ser uno de los cercanos en la frontera con México, el mercado de Atlanta que participa en la zona oeste y el de Chicago ubicado cerca en la frontera con Canadá. Los precios para esta segmentación de mercado son al mayoreo y de origen mexicano.

3.4.1 Formación de datos

Los datos fueron obtenidos del SNIIM, que es una plataforma emitida por la Secretaría de Economía del Estado mexicano, que informa el comportamiento de los precios al por mayor (wholesale) de los productos agrícolas que se comercializan en los mercados nacionales; es importante señalar que estos precios son levantados cuando se desarrollan el mayor número de

transacciones comerciales al mayoreo, en un horario flexible entre las 6:00 y 8:00 horas en tiempo local (SADER, SNIIM, 2020).

Para datos de precios en el mercado estadounidense se obtuvieron de la plataforma oficial del USDA, donde la información de wholesale se emite diariamente en las 13 ciudades más importantes de EE.UU. Estos datos muestran los precios de los productos que se comercializan a nivel mercado mayorista local, los precios de los mercados terminales están disponibles a las 9:00 a.m. a menos que se indique lo contrario (USDA, AMS, 2020).

La información es depurada por errores presentes al momento de su captura, utilizando filtros para la selección de la información, en el caso de los precios del SNIIM se opta por realizar una conversión de datos (presentación/kilogramo) de manera que se determine una base uniforme y completa, descartándose el promedio de los datos y manteniéndose únicamente en las presentaciones que mayor presencia tienen en el mercado durante el año, es importante emplear una estrategia para realizar este procedimiento debido a que en algunas bases la información no es levantada correctamente y por lo tanto está incompleta.

En el caso de los precios del USDA deben contemplarse varios factores, la información de origen viene de forma ordenada y mayormente clasificada, por las variables que contiene se complica su análisis, por lo que, entre mayor se exprese la información más precisos serán los datos que se esperan obtener.

La complejidad de la información fue arreglada mediante una pre-interpretación de la información disponible, así mismo fue agrupada en una base de datos, donde se harían las pruebas necesarias para su estudio e interpretación de los resultados obtenidos de acuerdo a las metodologías implementadas.

Los datos de ambos mercados corresponden a la temporalidad de enero de 2000 hasta octubre del 2019, después de este periodo los datos publicados no estuvieron disponibles para su estudio. Para entonces, se realizó un corte en la información para un posible análisis. La información fue analizada mediante el software estadísticos R para las pruebas de raíz unitaria y los modelos de pronósticos.

3.4.2 Datos del SNIIM

En el Cuadro 1 se observan los diferentes precios en los mercados donde se comercializan diariamente los productos agrícolas, existe una gran diferencia en el precio del aguacate hass para los tres mercados, se tuvo un precio máximo de referencia de 77.78 pesos el kilogramo para el mercado de Iztapalapa Ciudad de México y un mínimo de 4.17 pesos, siendo un mercado que se encuentra en una zona centro del país y que gran parte de los comerciantes cercanos toman como referencia este precio. Por otra parte, se tuvo un precio máximo de 80.00 pesos el kilogramo en la zona sur del país y un mínimo de 4.72 pesos el kilogramo, señalando que este precio tiende a elevarse por costos de logística, que hace que tenga incrementos en el precio final del producto. Asimismo, se puede observar que existe un precio similar en el mercado de Nuevo León con un máximo de 83.33 pesos y un mínimo de 4.50 pesos el kilogramo, estos precios son mayores en comparación a los mercados anteriores ya que se considera que al ser una zona fronteriza los precios suelen ser altos.

Entre los resultados obtenidos del tomate saladette, se tiene nuevamente un precio máximo de referencia de 24.62 pesos que se presentó en el mercado de Iztapalapa Ciudad de México y un mínimo de 2.06 pesos el kilogramo. Por otro lado, en el norte del país en el mercado de San Nicolás de los Garza el precio fue más elevado en comparación de Ciudad de México y Yucatán, con máximo de 38.46 pesos y un mínimo de 2.0 pesos el kilogramo, en la zona sur se presentó un precio medio con un máximo de 32.14 pesos y un mínimo de 1.20 pesos el kilogramo. En este sentido, para el tomate saladette el mercado mayormente atractivo ha sido en la zona norte del país.

Los datos para el limón fueron más estables ya que los precios no suelen diferenciarse en un mayor porcentaje; un precio de referencia en el mercado de Iztapalapa donde los precios del limón persa fueron en un máximo de 40.00 pesos y un mínimo de 2.63 pesos el kilogramo; los precios en la zona norte fueron un poco elevados, con un máximo 42.50 y un mínimo de 2.11 pesos el kilogramo; se señala que para el mercado sur no se tienen datos de la misma variedad, pero se consideró seleccionar otra variedad similar, los máximos fueron de 40.00 pesos y un mínimo de 0.50 pesos del kilogramo.

Cuadro 1.- Datos descriptivos de los mercados de abasto en México

Producto Agrícola	Mercado de Abasto	Máximo	Mínimo	Mediana	Observaciones
	Iztapalapa Ciudad de México	77.78	4.17	21.16	4,798
Aguacate Hass	San Nicolás de los Garza, Nuevo León	83.33	4.50	23.53	4,076
	Mérida Yucatán	80.00	4.72	24.64	4,652
	Iztapalapa Ciudad de México	24.62	2.06	7.89	4,981
Tomate Saladette	San Nicolás de los Garza, Nuevo León	38.46	2.00	9.49	4,911
	Mérida Yucatán	32.14	1.20	10.00	4,886
	Iztapalapa Ciudad de México	40.00	2.63	8.23	4,900
Limón Persa	San Nicolás de los Garza, Nuevo León	42.50	2.11	8.55	4,909
	Mérida Yucatán	40.00	0.50	4.76	4,827

Fuente: elaboración propia.

3.4.3 Datos del USDA

Las exportaciones mexicanas de aguacate se han incrementado considerablemente en los últimos años, actualmente más del 70 por ciento de aguacate que se exporta es enviado a EE.UU mientras que el resto es enviado a Canadá y Japón. El aguacate que se exporta lleva ciertas características y criterios que lo clasifican de manera uniforme, su presentación, tamaño o calibre y empaque determina su valor en el mercado, haciendo que una presentación tenga mayor valor que otra.

En el Cuadro 2 se muestran las diferentes presentaciones comerciadas de los productos agrícolas en EE.UU de origen mexicano, la unidad de medición es el (USD/LB). Para el aguacate hass se tienen presentaciones de cartones de doble tapa de 25 lb (11.45 kg) como mercado más cercano encontramos al mercado de Dallas, en este punto el precio máximo es de 105.0 dólares y un mínimo de 22.50 dólares. Por otro lado, Atlanta es el segundo mercado más cercano con un precio máximo de 96.25 dólares y un mínimo de 23.0 dólares la caja de 25 libras, el mercado de Chicago es el más alejado a la frontera con México, aquí se tiene como precio máximo de 110 dólares y mínimo de 12.0 dólares la caja. El mercado más atractivo para el aguacate es el mercado de Dallas, tiene precios más altos y es el mercado más cercano.

Para el limón persa se tienen presentaciones de cajas de cartón de 40 lb (18.14 kg), en el mercado de Dallas el precio máximo es de 105.0 dólares y un mínimo de 6.0 dólares, mientras que para el mercado de Atlanta el precio máximo es de 145.0 dólares y mínimo de 6.0 dólares. En cambio, en Chicago los precios máximos son de 120.0 dólares y mínimo de 5.0 dólares. Los mercados de Atlanta y Dallas son los más atractivos por poseer precios altos y más favorables.

Por último, en el tomate saladette se tienen presentaciones de cajas de cartón de 25 lb (11.33 kg), en el mercado de Dallas el precio máximo es de 50.0 dólares y un mínimo de 4.50 dólares; para el mercado de Atlanta, el precio máximo es de 59.50 dólares y mínimo de 8.0 dólares. Por último, en el mercado de Chicago se tuvo precio máximo de 58.0 y mínimo de 7.0 dólares. Los precios más atractivos para el mercado de tomate saladette se encuentran en el mercado de Atlanta y Chicago.

Cuadro 2.- Datos descriptivos de los mercados de abasto en los Estados Unidos de América

Commodity	Mercado	Máximo	Mínimo	Mediana	Observaciones
Aguacate Hass	Atlanta	96.25	23.00	42.53	3,371.00
	Chicago	110.00	12.00	37.70	4,022.00
	Dallas	105.00	22.50	39.99	3,403.00
Limón Persa	Atlanta	145.00	6.00	25.25	4,843.00
	Chicago	120.00	5.00	22.76	6,008.00
	Dallas	125.00	6.00	21.10	6,409.00
Tomate Saladette	Atlanta	59.50	8.00	19.99	2,001.00
	Chicago	58.00	7.00	17.94	2,357.00
	Dallas	50.00	4.50	17.38	2,411.00

Fuente: elaboración propia.

Con los datos presentados en el Cuadro 1 y 2 de precios, se identificó cuáles son los posibles mercados más atractivos para cada producto, además se detalló un análisis descriptivo e interpretación de los datos. Con la información obtenida lo que sigue es realizar los modelos ARIMA; para entender un poco más este apartado pasaremos al siguiente capítulo donde se explicarán los datos estadísticos de cada modelo derivado de los ajustes aplicados a los

pronósticos, así como un análisis exploratorio de cada una de las series de los productos agrícolas.

CAPÍTULO IV

PRONÓSTICOS DE PRECIOS DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

En este apartado se dan a conocer los diferentes resultados de los modelos que se obtienen de la aplicación de la metodología de Box-Jenkins. De acuerdo con la teoría existen series de tiempo que por su naturaleza ya son estacionarias, para reafirmar esta condición se aplican pruebas de Dickey-Fuller Aumentado, en caso de no ser estacionarias en el nivel se procede a diferenciarlas convirtiéndolas en estacionarias. En los Anexo se ofrecen los resultados de las pruebas ADF así como los gráficos de la descomposición de las series.

Una vez que se obtiene series estacionarias se procede con los pronósticos de las series históricas de los productos agrícolas de dos mercados completamente distintos, pero con una estrecha relación comercial por los productos que se comercializan entre ambos países. Se optó por realizar pronósticos para ambos mercados, para un periodo de 30 días hábiles haciendo una comparación entre el precio proyectado y el precio de mercado establecido identificado en los cuadros de pronósticos como *Pronóstico*.

De esta manera, para el caso de los datos del mercado mexicano SNIIM se presentan datos completos para los pronósticos, señalando que para el producto limón en el mercado de Yucatán no se presentan datos de la misma variedad, se tomó la variedad limón S/N semilla, de manera que se pueda estudiar el comportamiento de este producto y compararlo con otros mercados e identificar si tiene una relación entre variables. Para los datos de Estados Unidos por el USDA, los datos que se presentan corresponden a tres mercados del país.

En los datos de los pronósticos se muestran dos intervalos de confianza inferior y otro superior, estos intervalos fueron analizados y pueden servir como un punto de referencia para realizar una predicción a través de la metodología de Box-Jenkins. Se llega a este argumento porque ciertas tendencias rebasan nuestros datos nominales de mercado, es el caso del aguacate los pronósticos indicaron márgenes de error muy elevados, pero no es dato que explique que la predicción este errónea, sino que la predicción se alimenta de toda la información y los últimos datos del aguacate fueron demasiado altos, no se esperaba que los precios fueran a incrementar drásticamente.

4.1 Resultados estadísticos para el mercado mexicano

4.1.1 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el aguacate hass

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de los modelos que corresponden a los precios del aguacate hass. Estos resultados muestran los mejores ajustes de los modelos predictivos, asimismo se usó el criterio estadístico de Akaike (AIC) para la selección del mejor modelo. En la serie de datos de Iztapalapa Ciudad de México se encontró un ARIMA de orden (1, 0, 2) se explica con 1 término autorregresivo, cero términos de integración y 2 términos de medias móviles, por lo que se traduce en un modelo de tipo ARMA. En la serie del mercado de San Nicolás de los Garza se encontró un ajuste como mejor modelo de ARIMA de orden (0, 0, 1) cuyos criterios se pueden observar en el cuadro 3. Los datos restantes son del mercado de Mérida Yucatán, para esta serie se encontró un modelo ARIMA (1, 0, 2) como mejor ajuste predictivo; de la información explicada se tomaron en consideración los estadísticos AIC que también se muestran el cuadro 3.

Cuadro 3.- Datos estadísticos de precios del aguacate hass en México

Variable	Mercado de Abasto	Modelo	Parámetro	Estimado	Error estándar	AIC	
rendimiento	Aguacate	Iztapalapa	ARIMA (1,0,2)	AR (1)	0.929	0.021	12,874.04
				MA (1)	-0.990	0.025	
	Hass	Ciudad de México		MA (2)	0.093	0.014	16,205.14
			ARIMA (0,0,1)	MA (1)	-0.309	0.014	
	Hass	Mérida Yucatán	ARIMA (1,0,2)	AR (1)	0.405	0.062	19,412.90
				MA (1)	-0.633	0.063	
				MA (2)	-0.050	0.026	

Fuente: elaboración propia.

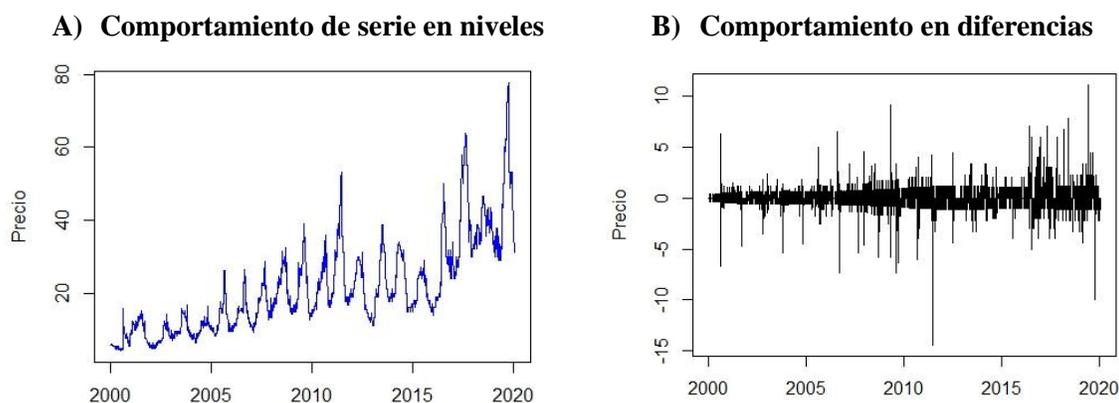
4.1.2 Pronóstico de precios para el aguacate hass

Los datos de los precios nominales del aguacate hass en la central de Abastos con ubicación en Iztapalapa Ciudad de México, tienen una tendencia creciente de precios, a simple vista los precios fluctúan y son estacionarios. En la Figura 2A, se observa que se tiene una serie con

incrementos muy notorios, para el año del 2011 aunque los datos no son visibles se tiene un incremento de precio en 53.33 pesos el kilogramo, que fue el precio más elevado hasta reponerse hasta el año 2017, para el mismo periodo en julio los precios llegaron hasta 64 pesos el kilogramo, de esta forma el precio ha ido recuperándose e incrementando de manera considerable.

El precio del aguacate tiende incrementarse en los primeros meses del año, el primer dato puntual se identifica como el precio más bajo para el mes de febrero y otro en el mes de noviembre, donde se mantendrá estable hasta el próximo ciclo. Por lo tanto, el precio comienza a elevarse en las primeras semanas de marzo, se mantiene creciente hasta llegar a un óptimo como el precio más alto, este dato puntual se encuentra para el mes de julio, a partir de ese momento el precio sufre una caída hasta llegar a estabilizarse en el mes de noviembre. En la Figura 2 puede observarse en el apartado A el comportamiento de la serie en niveles y su comportamiento en diferencias en la parte B.

Figura 2.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en la central de abasto de Iztapalapa Ciudad de México



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 4 se presentan los pronósticos de los precios para la central de abastos de Iztapalapa de la Ciudad de México, en ese sentido se presentan precios de mercado o precios nominales que se identifican como *Punto de venta*. Los datos expresan tres variables de pronósticos, el principal es *Pronóstico* que se origina a partir de la autorregresión integrada de medias móviles, los otros dos pronósticos se consideran intervalos uno inferior y otro superior. De los pronósticos mencionados anteriormente, el que más se ajusta a la base *Punto de venta*

es el intervalo inferior y se toma consideración porque es el que menor error presenta en la predicción; aun seleccionando este intervalo la diferencia entre precios promedio para los primeros 30 días predictivos es de -7 puntos, que es lo mismo a 23 por ciento de margen de error.

Cuadro 4.- Pronóstico de precios nominales del aguacate hass en el mercado de Iztapalapa Ciudad de México

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	31.11	44.35	37.95	50.34	-6.84
04/11/2019	30.00	44.21	38.08	50.57	-8.08
05/11/2019	31.11	44.26	38.06	50.03	-6.95
06/11/2019	31.11	44.53	38.55	50.41	-7.44
07/11/2019	32.22	44.57	38.58	51.29	-6.36
08/11/2019	30.00	44.48	38.62	50.72	-8.62
11/11/2019	30.00	44.60	38.20	50.42	-8.20
12/11/2019	30.00	44.65	38.74	50.97	-8.74
13/11/2019	31.11	44.51	38.44	50.78	-7.33
14/11/2019	31.11	44.54	38.46	51.01	-7.35
15/11/2019	30.00	44.80	38.88	50.80	-8.88
19/11/2019	31.11	44.82	38.89	51.08	-7.78
20/11/2019	32.22	44.71	38.32	51.03	-6.10
21/11/2019	32.22	44.80	38.86	51.16	-6.64
22/11/2019	32.22	44.83	38.75	50.85	-6.53
25/11/2019	32.22	44.66	38.95	50.80	-6.73
26/11/2019	32.22	44.67	38.46	51.30	-6.24
27/11/2019	32.22	44.91	38.72	50.68	-6.50
28/11/2019	31.11	44.91	38.52	50.25	-7.41
29/11/2019	30.56	44.77	38.30	50.87	-7.74

Fuente: elaboración propia.

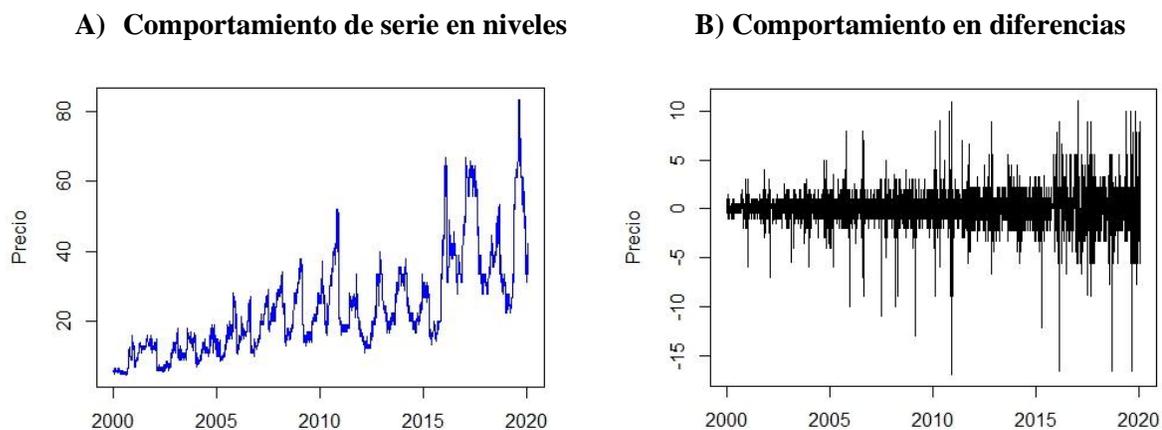
Se afirma que para esta serie del aguacate en Ciudad de México, el pronóstico muestra un error elevado que lo convierte en un dato sesgado no confiable; se hace mención de que los precios para el año 2019 tuvieron un incremento mayor al de años anteriores por la fuerte demanda, para la fecha en que se analiza es posible que el pronóstico no haya predeterminado que los precios iban a disminuir drásticamente.

Se muestra en la Figura 3 los datos nominales para el aguacate hass con ubicación en el mercado “Estrella” en San Nicolás de los Garza, Nuevo León; de forma visible se puede

identificar que la serie es creciente y estacionaria. En la Figura 3A, se observan incrementos en los precios hasta el año 2010 a partir de este año el precio bajó y se mantuvo constante durante cinco años, es a partir del año de 2016 cuando el precio del aguacate llega hasta las 60 pesos por kilogramo, teniendo una recuperación en el mercado y que a partir de este año los precios son mejores.

Los precios del aguacate para el mercado de San Nicolás de los Garza, tienen un comportamiento cercano a los precios de Ciudad de México; al inicio del año muestran una disminución hasta el mes de febrero como su precio más bajo, a partir de este mes los datos puntuales inician una tendencia creciente durante seis meses siendo el mes de julio como el dato puntual más elevado del mercado, hasta el momento los precios parecen estar comportándose de manera normal, pero no es así, no todos los años siguen esta tendencia, a partir del mes de julio empieza a decrecer este precio de manera uniforme hasta el mes de octubre, aquí es cuando el precio del aguacate sufre un desplome que será visible hasta el primer mes del próximo año. En la Figura 3B se muestra la serie en diferencias.

Figura 3.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 5 muestra el pronóstico de precios del aguacate para el mercado de San Nicolás de los Garza, para hacer una comparación entre los precios proyectados y los precios nominales identificados como *Punto de venta* se tomó en consideración el intervalo inferior para realizar la proyección, la diferencia es mínima y se tiene un promedio de 1.98 de los 29 días hábiles

proyectados, que es lo mismo que 2.26 por ciento de margen de error calculado, estos resultados nos indican que para el mercado norte los precios se han proyectado de manera correcta. De otra manera, se toma la variable *Pronóstico* para comparar los precios nominales, la diferencia promedio es de -6.14 puntos, que es lo mismo que -18.21 por ciento de margen de error.

Cuadro 5.- Pronóstico de precios del aguacate hass en mercado “Estrella”, Nuevo León

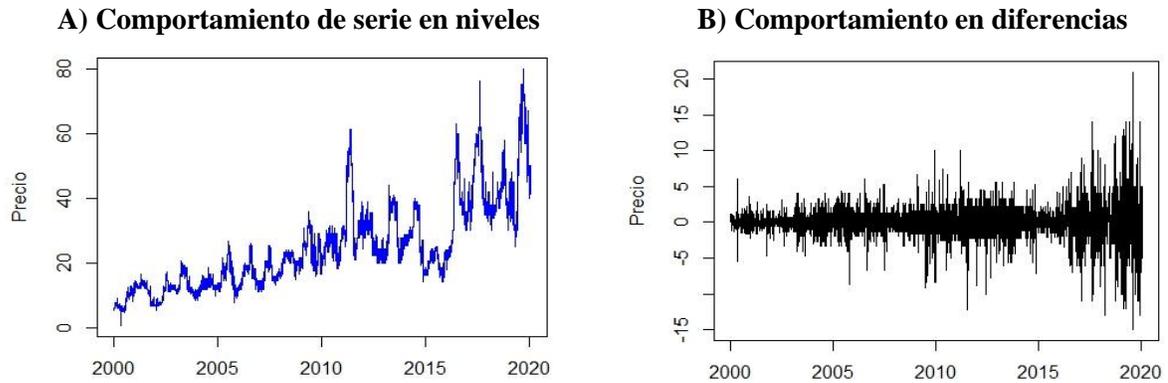
Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	33.33	41.39	33.38	49.53	-0.05
04/11/2019	33.33	40.25	32.35	48.30	0.98
05/11/2019	35.56	40.19	31.86	48.12	3.70
06/11/2019	38.89	41.10	33.45	48.77	5.44
07/11/2019	33.33	41.18	32.71	50.06	0.62
08/11/2019	38.89	40.98	32.83	49.25	6.06
11/11/2019	33.33	40.87	32.76	49.27	0.57
12/11/2019	33.33	41.05	32.76	49.32	0.57
13/11/2019	33.33	39.97	31.34	48.43	1.99
14/11/2019	31.11	39.95	31.37	48.21	-0.26
15/11/2019	33.33	40.91	33.40	48.95	-0.07
19/11/2019	33.33	41.03	33.06	48.97	0.27
20/11/2019	33.33	40.86	32.56	48.67	0.77
21/11/2019	33.33	40.78	33.03	48.57	0.30
22/11/2019	33.33	40.98	33.06	48.49	0.27
25/11/2019	33.33	39.91	31.98	48.38	1.35
26/11/2019	38.89	39.91	31.92	47.95	6.97
27/11/2019	38.89	40.86	33.27	48.77	5.62
28/11/2019	33.33	40.97	32.60	49.14	0.73
29/11/2019	35.56	40.79	32.47	49.07	3.09

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4A, muestra los precios del aguacate hass con ubicación en la central de abastos en Mérida, Yucatán, tienen un comportamiento similar a las bases anteriores; tiene una tendencia creciente hasta el año 2009, en el año 2010 el precio cae y se recupera hasta el año 2011 con 61.11 pesos el kilogramo, el precio se mantiene a la baja durante cuatro años consecutivos siguiendo el mismo patrón, es hasta el año de 2016 cuando el precio se recupera con 55.83 pesos el kilogramo como precio más elevado, tomando en cuenta que este mercado

está posicionado en una zona costera lo cual eleva su valor final. Por su parte la Figura 6B se muestra la diferenciación de la serie en dicho mercado.

Figura 4.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en la central de abastos de Mérida, Yucatán



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 6 muestra la proyección de precios del aguacate hass para la central de abastos con ubicación en Mérida Yucatán, se tomó en consideración el intervalo inferior para poder realizar una comparación del precio nominal *Punto de venta*, la diferencia promedio calculada es de 0.26 que corresponde a 1.24 por ciento de error, lo cual indica que la proyección es favorable. Por otra parte, la proyección *Pronóstico* es de -7.56 que se traduce a -19.21 por ciento de error, es decir la proyección estuvo por debajo de los precios nominales.

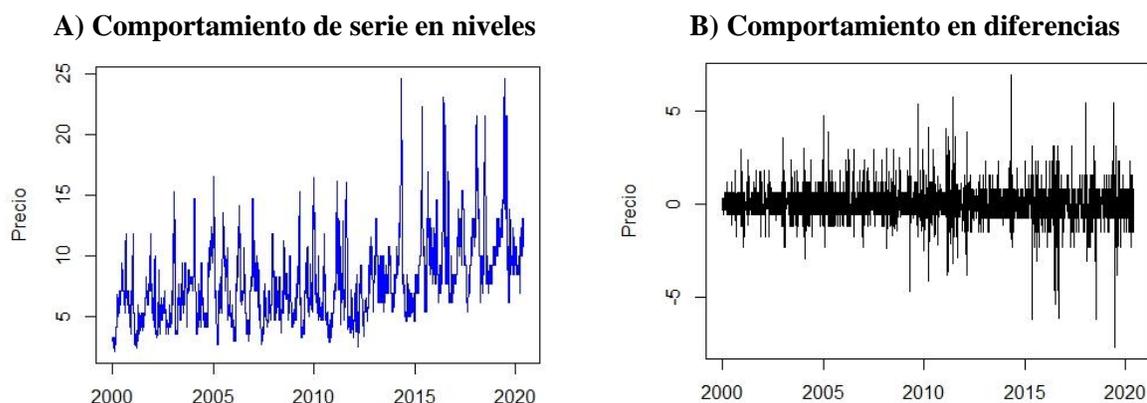
4.1.3 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el tomate saladette

En el Cuadro 7 se muestran los resultados de los modelos de mayor ajuste predictivo para el tomate saladette. En la serie de datos del mercado de Iztapalapa Ciudad de México se encontró un ARIMA de orden (4, 0, 2) se interpreta con 4 términos autorregresivos, cero términos de interacción y 2 términos de medias móviles. Entre los resultados del mercado de San Nicolás de los Garza se encontró un modelo SARIMA (1, 0, 0) x (0, 0, 1) como mejor modelo, mientras que para el mercado de Mérida Yucatán se encontró un modelo ARIMA de orden (1, 0, 2) cuyos criterios se pueden observar en el cuadro al igual que los estadísticos de Akaike (AIC).

4.1.4 Pronóstico de precios para el tomate saladette

En la Figura 5A se identifican los precios del tomate saladette para el mercado con ubicación en Iztapalapa Ciudad de México, se observa que los precios varían en gran proporción conforme pasa el tiempo a diferencia de los otros productos vistos anteriormente, el tomate se considera como un vegetal de consumo inmediato, está presente en todos los alimentos que consumen las personas, ya sea de forma directa o procesada, por lo que su demanda es constante y el precio va a variar conforme a los ciclos de producción, hay entidades donde la producción es de temporal a cielo abierto mientras que otras manejan algún tipo de agricultura protegida, garantizando el suministro de este alimento y quedándose con buenos ingresos.

Figura 5.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en la central de abastos de Iztapalapa, Ciudad de México



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6.- Datos estadísticos de precios del tomate saladette en México

Variable	Mercado de	Modelo	Parámetro	Estimado	Error	AIC
rendimiento	Abasto	pronosticado			estándar	
Tomate Saladette	Iztapalapa Ciudad de México	ARIMA (4,0,2)	AR1	0.553	0.043	11,588.89
			AR2	-0.892	0.032	
			AR3	-0.010	0.017	
			AR4	0.039	0.015	
			MA1	-0.523	0.041	
			MA2	0.890	0.027	
	San Nicolás de Los Garza	SARIMA (1,0,0)(0,0,1)	AR1	-0.233	0.013	16,422.99
			SMA1	-0.023	0.014	
	Nuevo León Mérida Yucatán	ARIMA (1,0,2)	AR1	0.598	NaN	13,683.05

MA1	-0.777	NaN
MA2	0.083	NaN
Mean	0.006	0.010

Fuente: elaboración propia.

Los precios del tomate tienden a elevarse en diferentes ocasiones del año, un método más común para identificar este comportamiento son las series con estacionalidad. Para inicios de año los precios del tomate presentan un comportamiento decreciente hasta el mes de febrero, cabe señalar que es el dato puntual más bajo, a partir de este momento la magnitud o dirección de los precios son crecientes, con excepción de junio y octubre donde la serie presenta disminuciones. Los puntos más elevados los tenemos en los meses de abril, primera semana de septiembre y por último como los datos puntuales más altos durante el año se encuentra en los meses de noviembre y diciembre. En la Figura 5 se presentan los gráficos de la serie en niveles y en diferencias.

Cuadro 7.- Pronóstico de precios del aguacate has en la central de abastos en Mérida, Yucatán

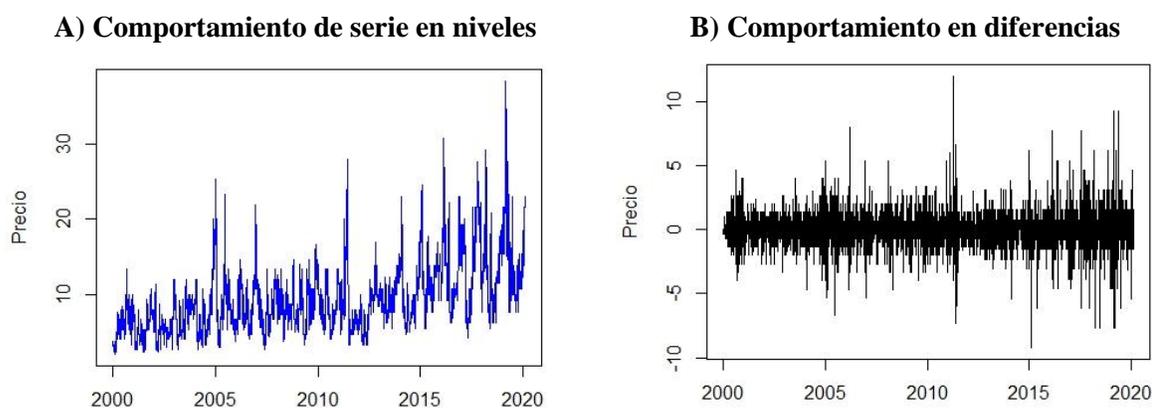
Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	43.00	49.23	41.60	57.10	1.40
04/11/2019	37.00	47.56	40.52	55.03	-3.52
05/11/2019	34.00	47.50	39.87	54.89	-5.87
06/11/2019	37.00	49.10	41.61	55.69	-4.61
07/11/2019	42.00	49.10	42.02	56.38	-0.02
08/11/2019	42.00	48.93	41.39	56.07	0.61
11/11/2019	44.00	48.86	41.51	56.45	2.49
12/11/2019	44.00	48.85	41.13	56.17	2.87
13/11/2019	50.00	47.22	40.29	55.25	9.71
14/11/2019	44.00	47.20	39.35	54.65	4.65
15/11/2019	40.00	48.85	41.66	55.89	-1.66
19/11/2019	40.00	48.89	41.78	56.43	-1.78
20/11/2019	40.00	48.76	41.67	55.82	-1.67
21/11/2019	40.00	48.72	41.21	55.96	-1.21
22/11/2019	40.00	48.74	41.76	55.96	-1.76
25/11/2019	40.00	47.14	39.86	54.51	0.14
26/11/2019	40.00	47.14	39.90	54.17	0.10
27/11/2019	40.00	48.81	41.73	55.78	-1.73
28/11/2019	40.00	48.86	41.61	56.01	-1.61
29/11/2019	40.00	48.74	41.78	56.46	-1.78

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 8 se muestra las predicciones de los precios del tomate saladette en Iztapalapa Ciudad de México, el pronóstico se identifica como *Pronóstico* por lo que se hace una comparación con los precios nominales, la diferencia promedio calculado es de 0.95 es decir hay un 7.50 por ciento de error entre la predicción y los precios que se presentaron en el mercado, hay una buena estimación de precios para el mercado lo cual garantiza confiabilidad en la información presentada.

En la Figura 6A se presentan los datos de la serie para el tomate saladette en el mercado San Nicolás de los Garza Nuevo León, la tendencia estacional tiene un comportamiento distinto al mercado de la Ciudad de México, a principios del año los precios decrecen obteniéndose un dato puntual en el mes de febrero como el más bajo en el tomate, de igual manera hay disminuciones constantes durante los meses de mayo y junio. Los precios más altos se encuentran en los meses de marzo, septiembre y como precios más elevados en el año se encuentran en los meses de noviembre y diciembre. En la Figura 6B se muestra la diferenciación de la serie estacional, lo cual tiene un comportamiento normal, se identifica que la dispersión es uniforme lo que indica que los precios están cambiando

Figura 6.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en el Mercado de Abastos “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 9 se muestran las distintas proyecciones obtenidas a través de los modelos ARIMA, para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del

mercado se hizo uso del intervalo *Proóostico superior* siendo el que más se ajusta al mercado del tomate para el mercado de San Nicolás de los Garza Nuevo León. La diferencia promedio calculada es de -0.45 que es lo mismo que -3.31 por ciento, los datos pueden explicarse de la siguiente forma, la proyección está por encima de los precios nominales de mercado y los márgenes de error son mínimos.

Cuadro 8.- Pronóstico de precios del tomate saladette en la central de Iztapalapa, Ciudad de México

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	11.54	12.04	8.60	15.47	-0.50
04/11/2019	13.08	10.85	7.26	14.17	2.23
05/11/2019	13.85	10.88	7.67	14.20	2.97
06/11/2019	13.85	12.12	8.68	15.26	1.73
07/11/2019	13.85	12.29	8.85	15.64	1.56
08/11/2019	13.08	12.35	9.24	15.51	0.73
11/11/2019	13.08	12.26	9.06	15.43	0.82
12/11/2019	13.08	12.25	8.88	15.66	0.83
13/11/2019	12.31	11.05	7.92	14.49	1.26
14/11/2019	12.31	11.08	7.85	14.47	1.23
15/11/2019	12.31	12.31	9.11	15.61	0.00
19/11/2019	13.08	12.47	9.13	15.77	0.61
20/11/2019	13.08	12.54	9.38	16.07	0.54
21/11/2019	12.31	12.46	8.95	15.72	-0.15
22/11/2019	13.08	12.46	9.12	15.91	0.62
25/11/2019	13.08	11.28	7.83	14.91	1.80
26/11/2019	13.08	11.33	8.33	14.90	1.75
27/11/2019	13.08	12.59	9.56	15.88	0.49
28/11/2019	13.08	12.79	9.02	16.03	0.29
29/11/2019	13.08	12.89	9.57	16.29	0.19

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7A se muestran la serie de datos para el tomate saladette en el mercado de Mérida Yucatán, por la inestabilidad de serie no se puede apreciar con claridad el comportamiento de la serie, para ello se utiliza el método de series estacionales, esto reflejará su comportamiento durante un año. Al igual que las series anteriores parece ser que tiene un comportamiento similar, para este mercado los precios cambian a partir del mes de febrero que es el dato puntual más bajo, se presentan disminuciones para los periodos de junio y noviembre, la serie muestra un comportamiento creciente, los precios más elevados del mercado se encuentran en

septiembre y diciembre. Al identificar dónde se presentan los precios más elevados puede significar para algunos internos del mercado áreas de oportunidad que les permita obtener y garantizar ingresos más estables. En la Figura 7B se muestra la diferenciación de la serie estacionaria, el comportamiento de la dispersión es normal, presenta menor ruido lo que puede traducirse que los precios están variando en proporciones pequeñas, para el período de 2016 en adelante el ruido es un poco más elevado.

Cuadro 9.- Pronóstico de precios del tomate saladette el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León

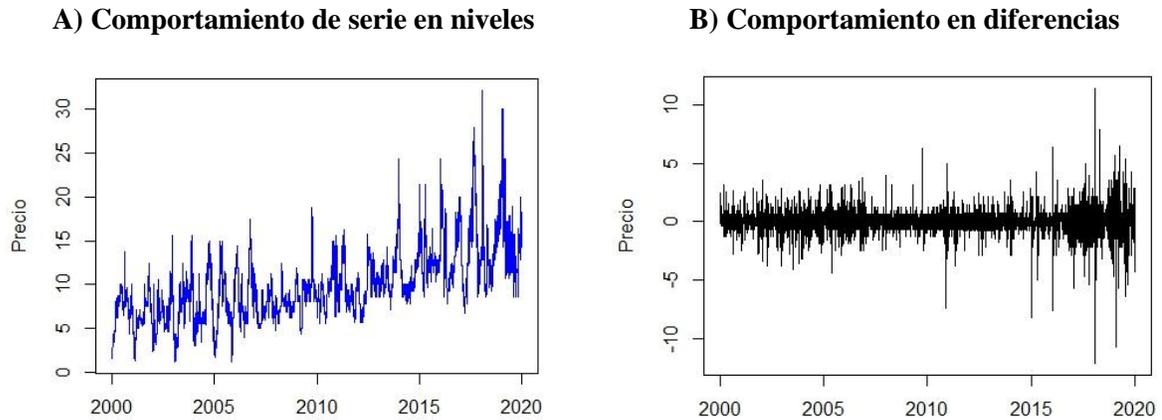
Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	23.08	16.71	12.77	21.11	1.97
04/11/2019	23.08	16.48	12.10	20.65	2.43
05/11/2019	23.08	16.50	12.10	20.98	2.10
06/11/2019	20.77	16.79	12.48	21.01	-0.24
07/11/2019	21.54	16.83	12.19	21.27	0.27
08/11/2019	23.08	16.77	12.45	20.77	2.31
11/11/2019	21.54	16.99	13.04	21.32	0.22
12/11/2019	20.00	16.96	12.77	21.20	-1.20
13/11/2019	20.77	16.78	12.60	20.95	-0.18
14/11/2019	21.54	16.84	12.39	21.27	0.27
15/11/2019	26.15	17.17	12.81	21.69	4.46
19/11/2019	21.54	17.25	13.00	21.34	0.20
20/11/2019	20.77	17.22	12.90	21.63	-0.86
21/11/2019	20.00	17.47	13.22	21.69	-1.69
22/11/2019	18.46	17.47	12.88	21.52	-3.06
25/11/2019	20.77	17.30	13.13	21.68	-0.91
26/11/2019	18.46	17.38	12.97	22.04	-3.58
27/11/2019	18.46	17.73	13.46	21.71	-3.25
28/11/2019	16.92	17.81	13.55	22.42	-5.50
29/11/2019	19.23	17.78	13.61	22.09	-2.86

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 10 se presentan los pronósticos obtenidos a través de los modelos ARIMA que corresponden al tomate saladette en Mérida Yucatán, se hace uso de la variable *Punto de venta* para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado del tomate, la diferencia promedio calculada es de 1.95 que es lo mismo que 10.98 por ciento de margen de error; la proyección se ha estimado de forma correcta con diferencias entre precios

que son mínimas, esto indica que puede hacerse uso de esta variable y tomar decisiones para el mercado agrícola.

Figura 7.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en la central de abastos de Mérida, Yucatán



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10.- Pronóstico de precios del tomate saladette en la central de abastos de Mérida Yucatán

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	17.86	16.20	12.54	19.59	1.66
04/11/2019	18.57	13.31	9.59	16.87	5.26
05/11/2019	17.86	13.28	9.83	17.14	4.58
06/11/2019	17.86	16.13	12.76	19.89	1.73
07/11/2019	17.86	16.09	12.46	19.63	1.77
08/11/2019	18.57	16.03	12.23	19.49	2.54
11/11/2019	17.86	16.05	12.37	19.51	1.81
12/11/2019	17.14	16.03	12.54	19.18	1.11
13/11/2019	17.14	13.16	9.67	16.53	3.98
14/11/2019	18.57	13.16	9.58	16.37	5.41
15/11/2019	17.5	16.04	12.73	19.67	1.46
19/11/2019	16.79	16.05	12.56	19.96	0.74
20/11/2019	16.79	16.02	12.66	19.50	0.77
21/11/2019	16.79	16.09	12.55	19.57	0.70
22/11/2019	16.79	16.12	12.42	19.54	0.67
25/11/2019	17.86	13.30	9.71	16.89	4.56
26/11/2019	15.71	13.35	10.12	16.94	2.36
27/11/2019	15.71	16.29	12.80	19.82	-0.58

28/11/2019	15.71	16.35	12.62	19.61	-0.64
29/11/2019	15.71	16.38	12.72	19.83	-0.67

Fuente: elaboración propia.

4.1.5 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el limón persa

En el Cuadro 11 se muestran los diferentes resultados de los modelos de mayor ajuste predictivo para el limón persa y s/n semilla (caso del mercado de Yucatán). Para selección de los mejores modelos predictivos se hizo uso de los estadísticos de Akaike (AIC). En la serie estacional del mercado de Iztapalapa Ciudad de México se encontró un modelo SARIMA de orden (0, 0, 1) x (0, 0, 1) como mejor modelo, mientras que la serie de San Nicolás de los Garza se encontró un modelo ARIMA de orden (1, 0, 2) como mejor modelo, por otra parte, en la serie estacional del limón (s/n semilla) mercado de Mérida Yucatán se encontró un modelo SARIMA de orden (3, 0, 2) x (1, 0, 0) como mejor modelo predictivo.

4.1.6 Pronóstico de precios para el limón persa

En el Figura 8A se muestran la serie de datos para el limón persa en el mercado de Iztapalapa Ciudad de México, los precios del limón se mantienen durante los primeros diez años, a partir del año 2010 es cuando los precios empiezan a tener una tendencia creciente. En año 2000 los precios más bajos del mercado fueron de 2.78 MXN mientras que en 2010 fueron de 3.68 MXN el kilogramo, al ser un periodo muy largo parece ser que los precios no han incrementado dentro de ese periodo, de igual manera se tienen precios elevados para los siguientes periodos; en el año 2000 los precios tuvieron un incremento hasta 11.67 MXN el kilogramo, para el 2001 en 10 MXN y un mínimo de 2.78 MXN; en 2003 los precios llegaron hasta 17.22 MXN y un mínimo de 3.06 MXN el kilogramo. Para el periodo entre 2010 y 2011 el precio del limón se dispara para los diferentes mercados del país, en 2014 ocurre lo mismo, el precio para este periodo fue de 40 MXN el kilogramo de limón.

El comportamiento estacional del mercado del limón se presenta cuando los precios al inicio del año tienen una tendencia creciente hasta llegar al mes de marzo, aquí se obtiene el dato puntual más elevado del mercado, a partir de este momento el precio del limón se desploma hasta detenerse en el mes de junio, el precio empieza a recuperarse lentamente en los meses de agosto y septiembre, y sufre otra caída hasta el mes de noviembre; a partir de este periodo

inicia una recuperación del precio que perdura hasta el siguiente año consecutivo. En la Figura 8 puede observarse el comportamiento de esta serie tanto en niveles como en diferencias.

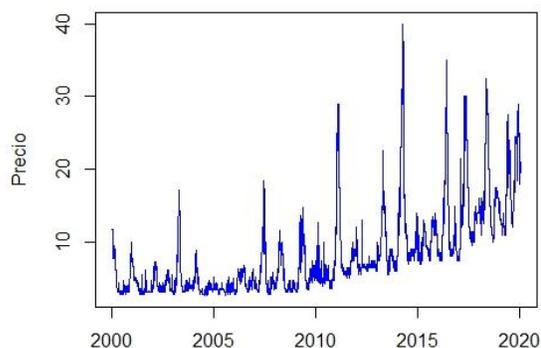
Cuadro 11.- Datos estadísticos de precios del limón persa y s/n semilla en México

Variable rendimiento	Mercado de Abasto	Modelo pronosticado	Parámetro	Estimado	Error estándar	AIC
Limón	Iztapalapa	SARIMA (0,0,1)(0,0,1)	MA1	-0.053	0.014	12,145.88
Persa	Ciudad de México		SMA1	0.021	0.014	
	San Nicolás de Los Garza	ARIMA(1,0,2)	AR1	-0.887	0.073	14,479.84
	Nuevo León		MA2	-0.182	0.016	
	Mérida Yucatán		SARIMA (3,0,2)(1,0,0)	AR1	1.815	
		AR2	-0.874	0.033		
		AR3	0.023	0.016		
		MA1	-1.827	0.024		
		MA2	0.878	0.022		
			SAR1	-0.001	0.015	

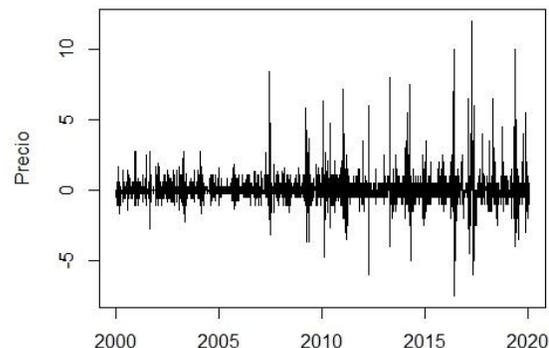
Fuente: elaboración propia.

Figura 8.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos de Iztapalapa, Ciudad de México

A) Comportamiento de serie en niveles



B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 12 se presentan los pronósticos obtenidos como resultados de los ajustes del modelo ARIMA, para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado se hace uso de la variable *Pronóstico*, el valor promedio calculado de es 0.12 que es lo mismo a 0.80 por ciento respecto al origen, es decir la proyección está por debajo de los precios de mercado, el margen de error calculado es mínimo por lo que es aceptable, y puede hacerse uso de esta información estadística.

Cuadro 12.- Pronóstico de precios del limón persa en la central de abastos en Iztapalapa, Ciudad de México

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	19.50	18.18	13.46	22.71	1.32
04/11/2019	18.50	17.96	13.33	22.07	0.54
05/11/2019	18.50	17.86	13.33	22.40	0.64
06/11/2019	17.50	17.92	13.55	22.45	-0.42
07/11/2019	17.50	18.05	13.70	22.67	-0.55
08/11/2019	16.50	17.97	13.32	22.42	-1.47
11/11/2019	19.00	17.76	13.38	22.18	1.24
12/11/2019	19.50	17.68	13.18	22.27	1.82
13/11/2019	19.50	17.75	13.31	22.15	1.75
14/11/2019	19.00	17.93	13.60	22.27	1.07
15/11/2019	19.50	17.87	13.88	22.41	1.63
19/11/2019	18.50	17.69	13.19	22.05	0.81
20/11/2019	18.50	17.62	12.92	22.08	0.88
21/11/2019	18.50	17.71	13.28	22.46	0.79
22/11/2019	18.50	17.95	13.20	22.19	0.55
25/11/2019	17.00	17.92	13.77	22.37	-0.92
26/11/2019	16.50	17.75	12.97	22.13	-1.25
27/11/2019	16.50	17.71	13.06	21.97	-1.21
28/11/2019	16.00	17.81	13.32	22.51	-1.81
29/11/2019	15.00	18.10	13.25	22.73	-3.10

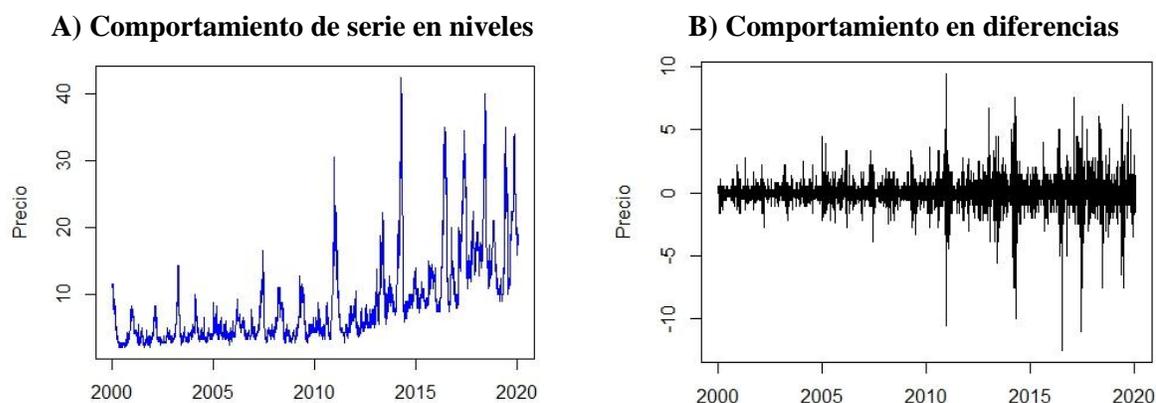
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 9A se muestran los precios del limón persa para el mercado de San Nicolás de los Garza Nuevo León, los datos presentados no reflejan con mayor claridad por lo que se explicará su comportamiento a lo largo de los años.

Los precios del limón para el mercado de Nuevo León se mantuvieron durante diez años, los precios más elevados fueron para los años 2000 con 11.67 y un mínimo de 2.11 MXN el kilogramo; para 2003 con 14.44 y un mínimo de 2.50 MXN el kilogramo; y otro en 2007 con 16.97 y un mínimo de 2.78 MXN el kilogramo. A partir del año del 2010 en octubre ocurre un suceso, los precios del limón se disparan hasta llegar a 30.56 MXN a mediados de diciembre, y disminuyen hasta el mes de junio en 2011 con 2.78 MXN el kilogramo.

De esta manera, los precios nominales de la serie indican que los precios del limón incrementan en gran proporción cada ciclo, estos incrementos se presentan en tres ocasiones durante el año, los precios empiezan a incrementar a partir del mes de noviembre hasta el siguiente siglo llegando al mes de marzo como dato puntual más elevado del mercado, a partir de ahí los precios empieza a decrecer de manera drástica llegando hasta el mes de junio como el dato puntual más bajo para el mercado del limón, se presenta otro incremento en el mes de agosto y de ahí el precio disminuye para finalizar hasta el mes de noviembre nuevamente. En la Figura 9B se muestra la diferenciación de la serie, la dispersión de la serie indica que a partir del año 2011 los precios varían en gran proporción.

Figura 9.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos “Estrella” de San Nicolás de los Garza Nuevo León



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 13 se presentan las proyecciones como resultado de los ajustes de los modelos ARIMA lo cual corresponden al limón en el mercado de San Nicolás de los Garza Nuevo León. En los pronósticos se hace uso del intervalo inferior *Pronóstico inferior* para realizar

una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado, existe una diferencia promedio calculada de -0.47 que es lo mismo a -3.82 por ciento respecto al origen, es decir la serie está por encima de los datos proyectados, los valores son mínimos en proporción lo cual garantiza confianza en la información, se acepta esta información para su uso en los mercados de los productos agrícolas.

Cuadro 13.- Pronóstico de precios del limón persa en el mercado “Estrella” de San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	17.5	19.1	14.1	23.9	3.4
04/11/2019	17.5	23.3	18.1	28.4	-0.6
05/11/2019	15.0	23.4	18.6	28.3	-3.6
06/11/2019	15.0	19.1	13.8	23.9	1.2
07/11/2019	15.0	19.3	14.5	24.1	0.5
08/11/2019	15.0	19.3	14.2	24.3	0.8
11/11/2019	16.0	19.3	14.3	24.6	1.7
12/11/2019	15.0	19.4	14.4	24.3	0.6
13/11/2019	15.0	23.6	18.3	28.2	-3.3
14/11/2019	15.0	23.6	18.3	28.2	-3.3
15/11/2019	15.0	19.4	14.2	24.1	0.8
19/11/2019	15.0	19.5	14.6	24.1	0.4
20/11/2019	12.5	19.6	14.7	24.6	-2.2
21/11/2019	12.5	19.5	14.8	24.5	-2.3
22/11/2019	12.5	19.6	14.8	24.7	-2.3
25/11/2019	15.0	23.8	18.9	28.7	-3.9
26/11/2019	17.5	23.8	19.0	28.5	-1.5
27/11/2019	16.0	19.5	14.7	24.3	1.3
28/11/2019	17.5	19.7	15.0	24.4	2.5
29/11/2019	15.0	19.7	14.6	24.3	0.4

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 10A se observa con claridad que la serie es completamente estacionaria de origen, es decir que por su naturaleza los precios son estacionarios para este mercado, esta información corresponde al mercado de la central de abastos de Mérida Yucatán, los datos que están representados en la figura son suficientes para identificar algún tipo de patrón en el mercado de limón, es de esperarse que los precios tienen un comportamiento muy uniforme.

Los precios del limón para este mercado tienen un comportamiento muy similar al anterior, la serie indica que para este mercado los precios se han mantenido durante más de 20 años, es decir los precios fluctuaron dentro de un periodo en la misma proporción, pero no se tiene una tendencia creciente. En el año del 2000 el dato puntual más bajo fue en 0.75 MXN el kilogramo mientras que para 2019 el dato puntual más bajo fue de 2.50 MXN el kilogramo, es un periodo muy grande para acertar que los precios han crecido. La Figura 12A muestra varios picos como precios más elevados, el primero se presenta en el año 2000 cuando los precios llegaron hasta 14.50 MXN el kilogramo, otro lo encontramos para el 2006 con 17.50 MXN el kilogramo, en el 2011 periodo en el que se disparan los precios en la Ciudad de México y Nuevo León, los precios llegan hasta 25 MXN el kilogramo, a partir de este momento se tienen incrementos más elevados para los años de 2014 con 40 MXN el kilogramo, y del periodo 2016 en adelante se tienen altos precios para el mercado del limón.

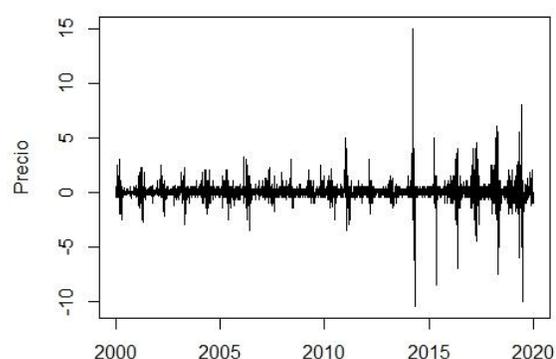
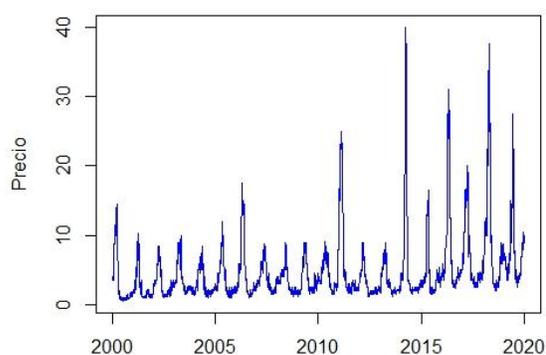
En ese sentido, los precios nominales del limón tienen un comportamiento creciente a inicios del año, parece ser que al llegar al mes de marzo y abril se presentan los precios más elevados del mercado del limón, de ahí en adelante los precios del limón se desploman hasta llegar al mes de junio, donde los precios son constantes hasta agosto, a partir del mes de este periodo es cuando los precio incrementa en pequeña proporción hasta finalizar el año.

La Figura 10B muestra la diferenciación de los precios de limón en el mercado de San Nicolás de los Garza Nuevo León, por el comportamiento de la dispersión se pueden identificar los precios altos que se presentaron en el 2011 y 2016 en adelante.

Figura 10.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en la central de abastos de Mérida, Yucatán

A) Comportamiento de serie en niveles

B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 14 se muestran las diferentes proyecciones que corresponden al mercado del limón en Mérida Yucatán, para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado se utilizó *Pronóstico inferior* la diferencia promedio calculada es de -1.74 que es lo mismo que -19.30 por ciento de margen de error, es decir los precios de la proyección están por encima de los precios del mercado. La diferencia que existe es baja, por lo que se acepta y puede hacerse uso de la información para la toma de decisiones.

Cuadro 14.- Pronóstico de precios del limón persa en la central de abastos en Mérida, Yucatán

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	9.50	7.06	2.71	11.19	-1.69
04/11/2019	9.50	7.24	2.91	11.45	-1.95
05/11/2019	9.50	7.25	2.80	11.50	-2.00
06/11/2019	9.50	7.06	2.99	11.27	-1.77
07/11/2019	9.00	7.12	2.58	11.34	-2.34
08/11/2019	9.00	7.17	2.71	11.29	-2.29
11/11/2019	9.00	7.09	2.79	11.12	-2.12
12/11/2019	11.00	7.12	2.82	11.35	-0.35
13/11/2019	9.00	7.29	3.12	11.59	-2.59
14/11/2019	8.00	7.29	2.96	11.58	-3.58
15/11/2019	8.00	7.09	2.71	10.90	-2.90
19/11/2019	11.00	7.13	2.74	11.51	-0.51
20/11/2019	11.00	7.17	2.73	11.35	-0.35
21/11/2019	11.00	7.08	2.98	11.54	-0.54
22/11/2019	10.00	7.11	2.65	11.23	-1.23
25/11/2019	11.00	7.26	3.04	11.55	-0.55
26/11/2019	11.00	7.25	2.60	11.58	-0.58
27/11/2019	8.50	7.04	2.69	11.47	-2.97
28/11/2019	8.50	7.09	2.61	11.35	-2.85

29/11/2019	10.00	7.12	2.55	11.64	-1.64
------------	-------	------	------	-------	-------

Fuente: elaboración propia.

4.2 Resultados estadísticos del mercado estadounidense

4.2.1 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el aguacate hass en los EE.UU

En el Cuadro 15 se muestran diferentes resultados de los modelos de mayor ajuste predictivo para el aguacate hass. Estos resultados corresponden a tres mercados de los diez más importantes en Estados Unidos. La serie estacional que corresponde al mercado de Atlanta se encontró un modelo ARIMA de orden (1, 0, 3) como mejor modelo, por otra parte, para el mercado de Dallas se encontró un modelo ARIMA de orden (1, 0, 1) como mejor modelo, mientras que para el mercado de Chicago se encontró un modelo SARIMA de orden (1, 0, 5) x (0, 0, 2) como mejor modelo predictivo. Se tomó en consideración el criterio estadístico de Akaike para la selección del mejor modelo.

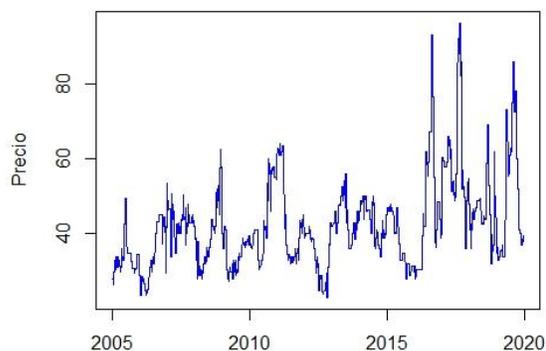
4.2.2 Pronóstico de precios para el aguacate hass en los EE.UU

En la Figura 11A se muestra los precios nominales del aguacate hass en el mercado de Atlanta en los Estados Unidos; para este mercado los precios fluctuaron drásticamente durante el periodo de estudio 2005 y 2019, es a partir del año 2016 cuando los precios muestran una pequeña tendencia creciente, los precios más altos para este mercado fueron en 2016 con un precio elevado de 90 USD la caja de 21 libras, mientras que para el año de 2017 los precios para esa presentación llegaron hasta 96.95 USD la caja.

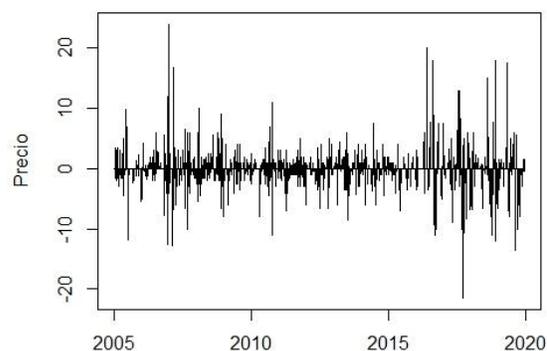
Aunque en la Figura 11A no es visible, los precios del aguacate en el mercado de Atlanta tienen un comportamiento estacional, al iniciar un periodo los precios empiezan a incrementarse a partir del mes de febrero, y siguen esa tendencia hasta el mes de abril, los precios siguen incrementando pero cada vez menos, el mercado del aguacate en Atlanta tiene como el dato puntual más elevado en el mes de agosto, a partir de esta fecha, los precios se desploman hasta llegar al mes de febrero del próximo periodo. En la Figura 11B se muestra la diferenciación de los precios del aguacate.

Figura 11.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Atlanta en Estados Unidos de América

A) Comportamiento de serie en niveles



B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 15 muestra los pronósticos como resultado de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA. La serie corresponde al mercado del aguacate, para hacer una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado, se hizo uso del intervalo *Pronóstico* la diferenciación promedio calculada es de -2.61 que es lo mismo que -6.68 por ciento respecto al origen, es decir la proyección está por encima de los precios de mercado, la información es aceptada por ser índices muy pequeños.

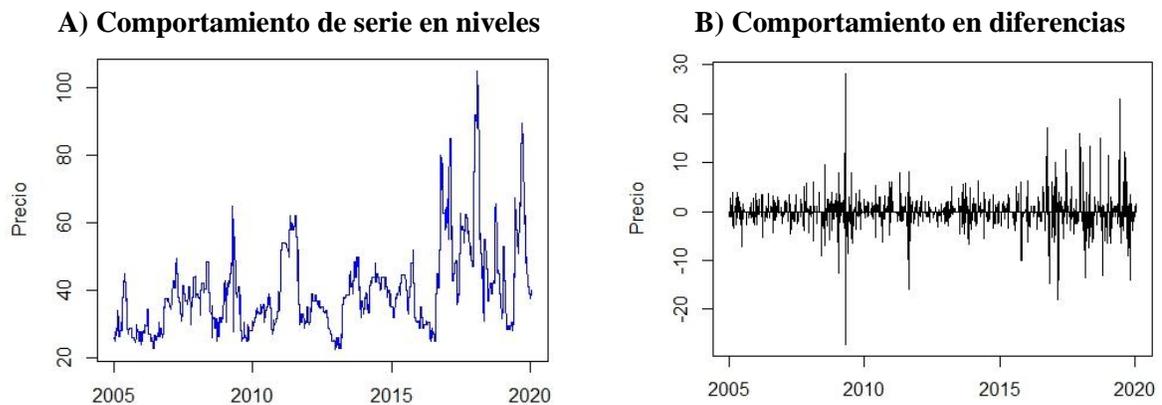
Cuadro 15.- Datos estadísticos de precios del aguacate hass en los Estados Unidos de América

Variable	Mercado de	Modelo	Parámetro	Estimado	Error estándar	AIC
Rendimiento	Abasto	pronosticado				
Aguacate Hass	Atlanta	SARIMA(0,0,0)(0,0,1)	SAM1	-0.0378	0.0172	13,615.94
	Dallas	ARIMA(1,0,1)	AR1	0.581	0.108	16,726.51
			MA1	-0.516	0.113	
	Chicago	SARIMA(1,0,5)(0,0,2)	AR1	0.682	0.076	14,036.77
			MA1	-0.746	0.077	
			MA2	0.083	0.022	
			MA3	-0.054	0.021	
			MA4	0.026	0.022	
			MA5	0.067	0.019	
		SMA1	-0.036	0.017		
		SMA2	-0.046	0.016		

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 12A se muestran los precios nominales del aguacate hass en el mercado de Dallas Estados Unidos, al igual que en el mercado de Atlanta, los precios de este mercado fluctuaron drásticamente durante el periodo de 2005 y 2019, asimismo, se tuvieron precios muy elevados en el año de 2016 con precios hasta de 85 USD la caja de 21 libras, mientras que, para el año de 2017, los precios de esa presentación alcanzaron un precio de 105 USD la caja. Para efectos de mercado, parece ser que ambos tuvieron precios atractivos.

Figura 12.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Dallas Estados Unidos de América.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 16.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Atlanta en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	39.00	43.47	33.56	53.58	-4.47
04/11/2019	39.00	40.76	30.75	50.55	-1.76
05/11/2019	39.00	40.70	30.51	50.60	-1.70
06/11/2019	39.00	43.11	33.01	53.29	-4.11
07/11/2019	39.00	43.17	33.12	53.31	-4.17
08/11/2019	39.00	43.13	32.59	53.38	-4.13
13/11/2019	39.00	42.94	32.81	52.91	-3.94
14/11/2019	39.00	42.90	31.78	52.46	-3.90

15/11/2019	39.00	40.11	29.89	50.12	-1.11
18/11/2019	39.00	39.97	29.83	49.61	-0.97
19/11/2019	39.00	42.29	33.27	52.47	-3.29
20/11/2019	39.00	42.26	32.18	52.17	-3.26
21/11/2019	39.00	42.12	31.71	52.79	-3.12
22/11/2019	39.00	41.85	31.93	52.40	-2.85
25/11/2019	39.00	41.72	31.01	51.48	-2.72
26/11/2019	39.00	38.86	27.50	48.94	0.14
27/11/2019	39.00	38.64	28.32	48.79	0.36
29/11/2019	39.00	40.90	31.52	50.85	-1.90

Fuente: elaboración propia.

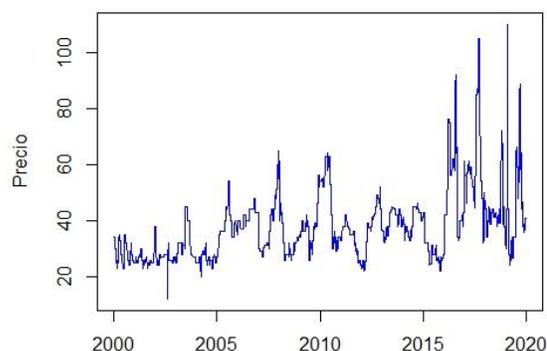
El comportamiento estacional de los precios del aguacate en Dallas, mostraron que los precios empiezan a incrementarse a partir del mes de febrero, para este mercado la tendencia creciente de precios mostró un crecimiento lento, no obstante, se presentaron los primeros datos puntuales más elevados en los meses de julio y agosto, a partir de esta fecha los precios del aguacate en Dallas se desploman hasta llegar al mes de febrero del próximo ciclo.

En el Cuadro 17 se muestran los pronósticos como resultado de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA. Los pronósticos corresponden al mercado del aguacate en Dallas, para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado, se hizo uso de la variable *Pronóstico*, la diferencia promedio calculada es de 1.19 que es lo mismo que 2.87 por ciento respecto al origen, es decir, la proyección está por encima de los precios del mercado, por lo tanto, se acepta indicando que el índice de error es mínimo.

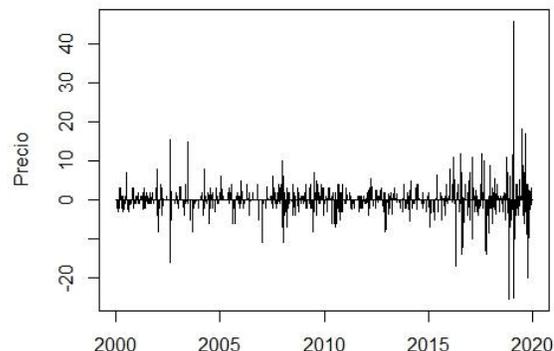
La Figura 13A muestra los precios nominales del aguacate hass en el mercado de Chicago en Estados Unidos, la serie estacional muestra un comportamiento normal durante el periodo del 2000 a 2015, es a partir del año del 2016 cuando los precios empiezan a fluctuar drásticamente, los precios para este periodo llegaron hasta los 75 y 92 USD la caja de 21 libras, en 2017 estos precios llegaron hasta 105 USD la caja, mientras que en 2018 los precios del aguacate llegaron hasta 110 USD la caja. Este mercado es el más atractivo, de igual forma es el más alejado de la frontera con México, por lo que, sus atributos pueden verse representados por costos logísticos.

Figura 13.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del aguacate hass en Chicago Estados Unidos de América

A) Comportamiento de serie en niveles



B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 17.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Dallas en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	40.00	43.09	10.18	29.99	-3.09
04/11/2019	40.00	33.62	10.31	30.08	6.38
05/11/2019	40.00	38.40	10.96	30.48	1.60
06/11/2019	40.00	42.56	10.59	31.30	-2.56
07/11/2019	43.50	42.61	9.84	31.04	0.89
08/11/2019	43.50	42.53	10.47	31.83	0.97
12/11/2019	42.00	42.27	10.32	30.67	-0.27
13/11/2019	42.00	42.22	11.07	31.38	-0.22
14/11/2019	40.75	32.68	10.81	30.56	8.07
15/11/2019	40.75	37.41	10.74	31.52	3.34
18/11/2019	40.75	41.52	13.67	33.65	-0.77
19/11/2019	40.75	41.53	14.75	34.26	-0.78
20/11/2019	40.75	41.42	14.21	34.26	-0.67
21/11/2019	40.75	41.14	14.86	34.86	-0.39
22/11/2019	40.75	41.09	15.16	35.15	-0.34
25/11/2019	40.75	31.56	14.23	34.86	9.19
26/11/2019	40.75	36.30	15.97	36.32	4.45
27/11/2019	40.75	40.45	16.30	36.26	0.30
29/11/2019	37.00	40.49	15.94	36.50	-3.49

Fuente: elaboración propia.

Los comportamientos estacionales de los precios del aguacate en Chicago son más evidentes, aunque en la figura no se aprecia, los precios del aguacate tienen una tendencia creciente a partir del mes de febrero, se mantiene creciendo hasta llegar a agosto como el dato puntual más elevado del mercado, a partir de esta fecha al igual que los mercados anteriores Atlanta y Dallas los precios desploman, hasta finales del mes de enero del próximo ciclo. La parte B de la Figura 13 muestra la serie en diferencias.

En el Cuadro 18 se muestran los pronósticos como resultado de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA. Estos pronósticos corresponden al mercado del aguacate en Chicago Estados Unidos, se hizo uso de la variable *Pronóstico inferior* para hacer una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal de mercado, la diferencia promedio calculada fue de 3.30 que es lo mismo que 8.34 por ciento respecto al origen, es decir, los precios proyectados se encuentran por debajo de los precios del mercado. Ahora, para efectos de análisis utilizamos la variable *Pronóstico superior* para realizar dicha comparación, la diferencia promedio fue de -7.12 que es lo mismo a -18.99 por ciento respecto al origen, los precios proyectados ahora están por encima de los precios del mercado; entonces, la idea de este análisis, es tomar la variable más conveniente sobre todo si es un precio de referencia, para este mercado “pronóstico” sería la mejor proyección, aunque el margen de error sea más elevado.

Cuadro 18.- Pronóstico y proyección de precios del aguacate en Chicago en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	40.75	46.05	36.00	56.45	4.75
04/11/2019	42.00	45.48	34.75	56.06	7.25
05/11/2019	42.00	45.53	34.46	55.72	7.54
06/11/2019	42.00	46.09	35.58	56.38	6.42
07/11/2019	41.00	46.51	36.15	56.62	4.85
08/11/2019	41.00	46.13	35.72	56.65	5.28
12/11/2019	37.00	46.23	36.03	56.53	0.97
13/11/2019	37.00	46.09	35.23	56.84	1.77
14/11/2019	37.00	45.37	35.51	55.35	1.49
15/11/2019	37.00	45.25	34.83	56.52	2.17

18/11/2019	36.00	45.65	35.55	55.58	0.45
19/11/2019	36.00	45.89	34.92	56.20	1.08
20/11/2019	36.00	45.33	35.13	55.80	0.87
21/11/2019	35.50	45.26	35.35	56.32	0.15
22/11/2019	35.50	44.96	34.44	55.69	1.06
25/11/2019	37.75	44.08	32.99	54.85	4.76
26/11/2019	37.75	43.82	33.63	54.18	4.12
27/11/2019	37.75	44.08	33.94	54.69	3.81
29/11/2019	37.75	44.22	33.75	56.01	4.00

Fuente: elaboración propia.

4.2.3 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el tomate saladette en los EE.UU

El Cuadro 19 muestra los diferentes resultados de mayor ajuste en las predicciones para el tomate saladette. En el mercado de Atlanta se encontró un modelo ARIMA de orden (4, 0, 1) como mejor modelo predictivo, en el caso del mercado Dallas se encontró un modelo ARIMA (1, 0, 1) como mejor modelo, mientras que para el mercado de Chicago se encontró un modelo de orden (2, 0, 3). El criterio estadísticos Akaike (AIC) fue necesario para la selección del mejor modelo.

Cuadro 19.- Datos estadísticos de precios del tomate saladette en los Estados Unidos de América

Variable	Mercado de	Modelo	Parámetro	Estimado	Error estándar	AIC
Rendimiento	Abasto	pronosticado				
Tomate saladette	Atlanta	ARIMA(4,0,1)	AR1	0.146	0.023	13,789.79
			AR2	0.156	0.023	
			AR3	0.236	0.023	
			AR4	0.118	0.023	
			MA1	-0.989	0.006	
	Dallas	ARIMA(1,0,1)	AR1	0.166	0.082	11,966.45
			MA1	-0.499	0.075	
	Chicago	ARIMA(2,0,3)	AR1	-0.975	0.024	13,789.79
			AR2	-0.853	0.022	
			MA1	0.449	0.033	
MA2			0.213	0.033		

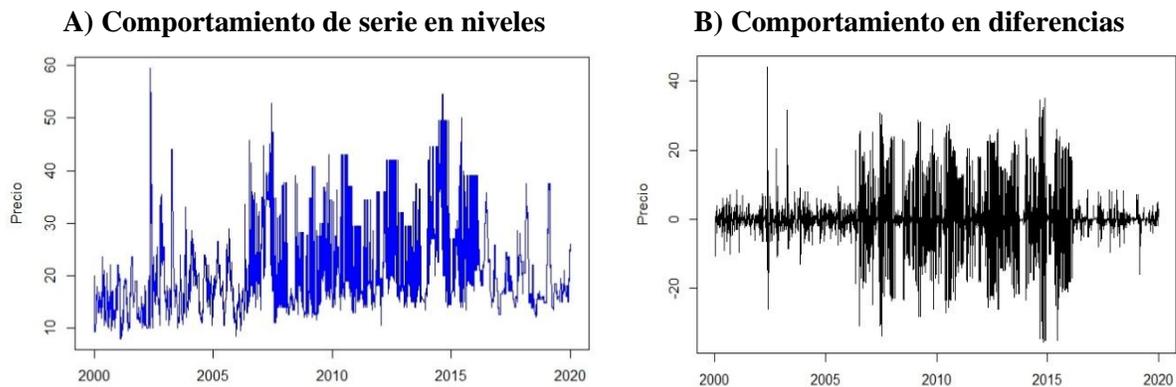
Fuente: elaboración propia.

4.2.4 Pronóstico de precios para el tomate saladette en los EE.UU

En la Figura 14 se muestran las serie en niveles y en diferencias para el tomate saladette en el mercado de Atlanta. En este mercado los precios del tomate fluctuaron drásticamente, los picos más altos de esta serie los encontramos en los años de 2004 con precios de 54.0 dólares la caja de 25 lb, no obstante, en los años 2011 y 2015 se identificaron precios máximos de 52.4 y 54.5 dólares la misma presentación.

Eliminando los picos que se presentan en la serie los precios mantienen un comportamiento normal y estable; durante el ciclo del tomate los precios más elevados se concentran en los meses de marzo y abril, de ahí se mantiene estables durante casi todo el año, es hasta el mes de diciembre cuando los precios incrementan drásticamente en el tomate, en este periodo los precios se mantienen durante un mes.

Figura 14.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Atlanta en Estados Unidos de América



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 20 muestra los pronósticos para el tomate saladette en Atlanta, resultado obtenido por los ajustes que se aplicaron en los modelos ARIMA. La variable que se utilizó para hacer una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal fue el intervalo *Pronóstico superior*, la diferencia entre las series fue de 4.65 puntos lo que representa 1 por ciento respecto al origen, en términos estadísticos la diferencia es alta.

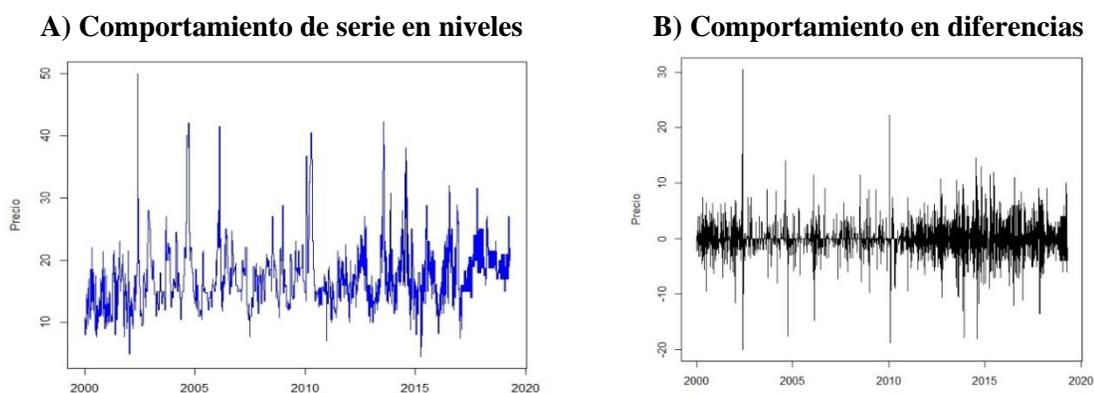
Por su parte, la Figura 15A muestra los precios nominales del tomate saladette en Dallas, en este mercado se tuvieron varios incrementos representativos en el tomate, entre los que se destacan fueron en el año de 2005 con 50.0 dólares, en 2007 con 42.0 dólares, en 2008 con 41.5 dólares y en 2014 con 42.25 dólares la caja de 25 lb. El tomate saladette muestra una tendencia creciente en los precios, estos precios empiezan a incrementar en los meses de febrero y marzo; no obstante, en algunos casos los precios incrementan en el mes de septiembre, donde se mantendrán estables hasta el mes de diciembre que es cuando los precios incrementan drásticamente para este mercado. La Figura 15B muestra la serie en diferencias.

Cuadro 20.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Atlanta en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	26.50	20.59	11.77	29.20	-10.19
04/11/2019	26.50	20.50	11.48	30.25	-14.17
05/11/2019	26.50	20.41	11.47	29.90	-12.85
06/11/2019	26.50	20.33	10.96	28.91	-9.09
07/11/2019	26.50	20.27	11.87	29.36	-10.77
08/11/2019	26.50	20.21	10.39	29.18	-10.10
13/11/2019	26.50	20.17	10.90	29.20	-10.19
14/11/2019	26.50	20.15	11.16	29.15	-9.98
15/11/2019	26.50	20.15	10.27	29.63	-11.82
18/11/2019	26.50	20.17	10.55	30.20	-13.95
19/11/2019	26.50	20.22	10.70	29.37	-10.85
20/11/2019	26.50	20.28	11.57	30.23	-14.07
21/11/2019	22.00	20.36	11.53	29.74	-35.19
22/11/2019	22.00	20.47	11.11	29.65	-34.77
25/11/2019	22.00	20.60	10.99	29.76	-35.30
26/11/2019	22.00	20.75	11.91	30.17	-37.16
27/11/2019	22.00	20.91	11.91	29.75	-35.24
29/11/2019	22.00	21.10	12.29	29.99	-36.30

Fuente: elaboración propia.

Figura 15.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Dallas Estados Unidos de América.



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 21 se muestran los pronósticos de precios del tomate saladette en Dallas, resultados de los ajustes aplicados en los modelos ARIMA. Para realizar una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado se utilizó la variable *Pronóstico*, la diferencia promedio fue de 0.48 lo que representa el 2.12 por ciento respecto al origen, de acuerdo a datos estadísticos el error presentado en la proyección es aceptable.

Cuadro 21.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Dallas en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	22.50	21.12	14.86	27.23	6.15
04/11/2019	22.50	21.08	15.51	27.56	6.31
05/11/2019	22.50	21.05	15.12	26.81	6.44
06/11/2019	22.50	21.03	14.88	26.90	6.55
07/11/2019	22.50	21.01	15.16	27.26	6.62
08/11/2019	22.50	21.00	14.95	27.18	6.65
12/11/2019	21.33	21.00	15.36	27.51	1.54
13/11/2019	21.33	21.02	15.28	27.44	1.49
14/11/2019	21.33	21.04	14.78	26.91	1.39
15/11/2019	21.33	21.07	15.50	27.01	1.23
18/11/2019	21.33	21.11	15.39	27.25	1.02
19/11/2019	21.33	21.17	15.44	27.36	0.76
20/11/2019	21.33	21.24	15.51	27.29	0.45
21/11/2019	21.33	21.31	15.62	27.11	0.09
22/11/2019	21.33	21.40	15.10	27.28	-0.32
25/11/2019	21.33	21.50	15.22	27.44	-0.77

26/11/2019	21.33	21.60	15.60	27.30	-1.27
27/11/2019	21.33	21.72	15.30	27.69	-1.80
29/11/2019	21.33	21.84	15.79	28.05	-2.35

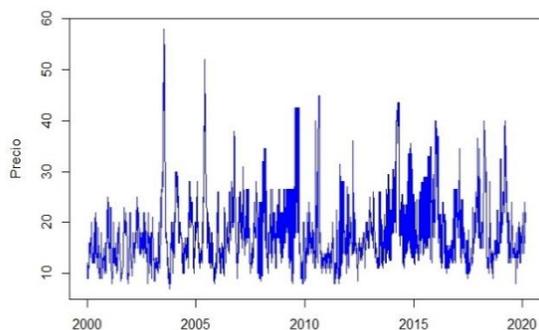
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la Figura 16 muestra los precios nominales del tomate saladette en Chicago en Estados Unidos, tanto en niveles como en diferencias. El comportamiento de la serie estacional es normal, los precios más elevados se presentaron en los periodos de 2005 con 58.0 dólares y en el 2008 con 52.0 dólares la caja de 25 lb. Este mercado es atractivo por los precios elevados, por la distancia en la frontera con México podría cambiar este panorama.

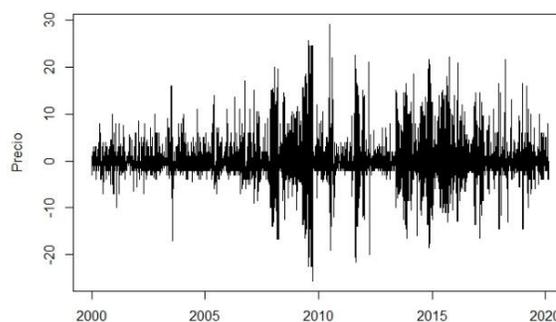
Aunque en la imagen no logra apreciarse, los precios del tomate saladette se han mantenido los últimos diez años, los mejores precios para este mercado se tienen en los meses de marzo y abril, donde se mantienen estables hasta llegar al mes de junio que es cuando los precios empieza a incrementar hasta llegar a un máximo en el mes de diciembre.

Figura 16.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del tomate saladette en Chicago Estados Unidos de América

A) Comportamiento de serie en niveles



B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 22 se muestran los pronósticos del tomate saladette en Chicago Estados Unidos, resultado de los diferentes ajustes aplicados a los modelos ARIMA. Se utilizó la variable *Pronóstico* para hacer una comparación entre el precio proyectado y el precio nominal. La diferencia fue de 0.16 que corresponde al 6.84 por ciento respecto al origen, esta fue la variable que más se acercó a precio nominal del mercado.

4.2.5 Datos estadísticos de los modelos ARIMA para el limón persa en los EE.UU

En el Cuadro 23 se muestran los modelos con mayor ajuste predictivo para el limón persa. En la serie estacional que corresponde al mercado de Atlanta se encontró un modelo ARIMA de orden (5, 0, 2) como mejor modelo, por otra parte, en el mercado de Dallas se encontró un modelo ARIMA de orden (2, 0, 5), mientras que para el mercado de Chicago se encontró un modelo ARIMA de orden (5, 0, 4) como mejor modelo. Para seleccionar el mejor modelo fue necesario tomar en consideración el criterio estadístico de Akaike (AIC).

4.2.6 Pronóstico de precios para el limón persa en los EE.UU

En la Figura 17 se muestra los precios nominales del limón persa en Atlanta, los precios para este mercado tienden a fluctuar de forma estacional, tal que los precios más elevados en cada ciclo se presentan en el mes de abril y mayo, en el año de 2014 los precios se elevaron drásticamente alcanzando los 145 dólares, fue un evento histórico en el mercado del limón. La tendencia para el mercado de limón es creciente en pequeña proporción.

Cuadro 22.- Datos estadísticos de precios del limón persa en los Estados Unidos de América

Variable	Mercado de	Modelo	Parámetro	Estimado	Error	AIC
Rendimiento	Abasto	pronosticado			estándar	
Limón Persa	Atlanta	ARIMA(5,0,2)	AR1	0.74	0.04	31,485.60
			AR2	-0.04	0.02	
			AR3	0.04	0.02	
			AR4	0.05	0.02	
			AR5	0.04	0.02	
	Dallas	ARIMA(2,0,5)	MA1	-1.50	0.04	41,959.67
			MA2	0.59	0.04	
			AR1	0.37	0.30	
			AR2	0.42	0.20	
			MA1	-1.21	0.30	
	Chicago	ARIMA(5,0,4)	MA2	-0.08	0.45	37,882.11
			MA3	0.32	0.19	
			MA4	0.07	0.03	
			MA5	-0.04	0.03	
			AR1	-0.60	0.08	
			AR2	0.09	0.07	
			AR3	0.47	0.08	

AR4	-0.10	0.04
AR5	-0.01	0.03
MA1	-0.16	0.08
MA2	-0.58	0.07
MA3	-0.31	0.11
MA4	0.50	0.06

Fuente: elaboración propia.

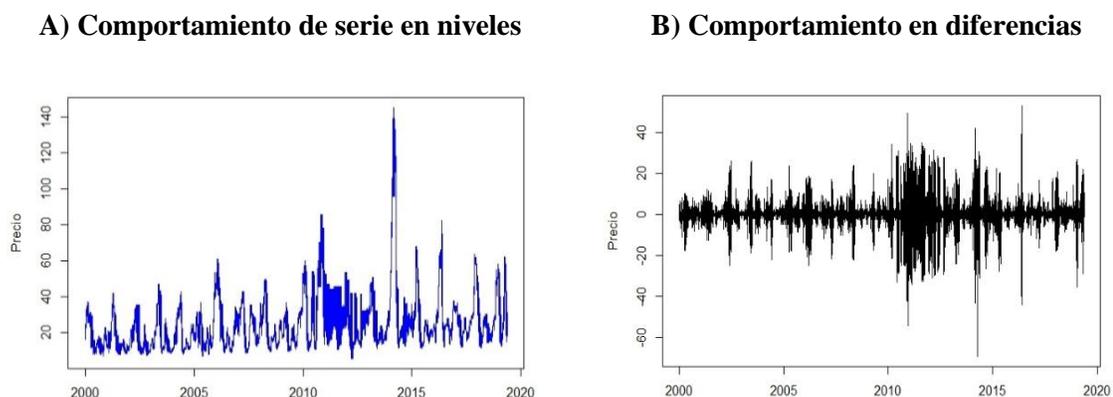
Aunque en la figura no es visible, los precios empiezan a incrementar a partir del mes de febrero, hasta llegar un tope que se presenta en los meses de abril y mayo como mejores precios, de ahí el precio del limón empieza a descender hasta llegar a estabilizarse en el mes de julio, los precios se mantienen bajos hasta el próximo ciclo. En la parte B de la figura 17 se muestra la serie en diferencias.

Cuadro 23.- Pronóstico y proyección de precios del tomate saladette en Chicago en Estados Unidos

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	23.00	19.01	10.73	27.32	17.34
04/11/2019	23.00	19.09	11.30	27.34	17.01
05/11/2019	23.00	19.18	11.21	27.30	16.59
06/11/2019	23.00	19.30	11.02	27.12	16.09
07/11/2019	22.00	19.44	10.84	28.12	11.65
08/11/2019	22.00	19.59	12.03	28.21	10.95
12/11/2019	22.00	19.76	11.98	27.50	10.18
13/11/2019	22.00	19.95	11.71	28.47	9.33
14/11/2019	22.00	20.15	12.62	28.26	8.43
15/11/2019	22.00	20.35	12.23	28.20	7.48
18/11/2019	22.00	20.57	12.28	29.12	6.49
19/11/2019	22.00	20.80	12.48	28.03	5.47
20/11/2019	22.00	21.02	13.22	28.89	4.44
21/11/2019	22.00	21.25	13.44	28.75	3.41
22/11/2019	22.00	21.48	14.13	29.21	2.38
25/11/2019	13.00	21.70	13.93	29.74	-66.90
26/11/2019	13.00	21.91	13.88	29.54	-68.55
27/11/2019	13.00	22.12	14.30	30.10	-70.12
29/11/2019	13.00	22.31	14.54	30.62	-71.61

Fuente: elaboración propia.

Figura 17.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Atlanta en Estados Unidos de América



Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 24 muestra los pronósticos para el mercado del limón persa en Atlanta, resultado de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA. Las variables que se usaron para hacer una comparación de precios fueron el precio proyectado que es el intervalo *Pronóstico* y el precio nominal del mercado que se identifica como *Punto de venta*. La diferencia promedio calculada fue de 1.26 que es lo mismo que 5.37 por ciento respecto al origen, en términos estadísticos el error de la proyección es aceptable.

En la Figura 18A se muestran los precios nominales del limón persa en el mercado de Dallas, de la misma forma que el mercado de Atlanta, los mejores precios para el limón se concentraron en el mes de abril y mayo, el mercado de Dallas también tuvo el incremento drástico del precio del limón en 2014 llegando hasta los 125 dólares. Por otra parte, los precios para el mercado Dallas tienen un segundo incremento en los meses de septiembre y octubre llegando hasta los 24.75 dólares el cartón de 40 lb. La Figura 20B muestra la diferenciación de la serie.

Cuadro 24.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Atlanta en Estados Unidos de América

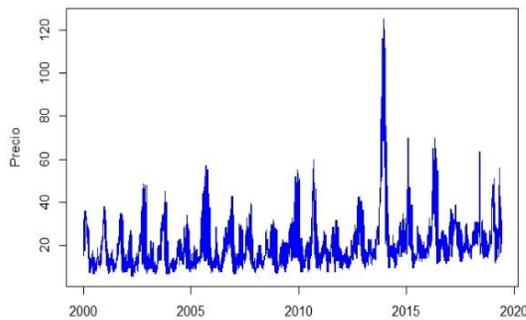
Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	23.90	21.81	8.28	36.18	8.74

04/11/2019	23.80	21.76	7.86	35.92	8.55
05/11/2019	23.80	21.73	7.58	35.98	8.69
06/11/2019	23.80	21.71	8.20	35.39	8.78
07/11/2019	23.00	21.71	6.61	36.32	5.63
08/11/2019	23.00	21.71	7.63	35.40	5.59
13/11/2019	23.00	21.74	8.77	35.30	5.48
14/11/2019	23.00	21.78	7.36	36.41	5.31
15/11/2019	23.20	21.84	7.72	37.19	5.88
18/11/2019	23.20	21.91	6.27	36.23	5.57
19/11/2019	23.20	21.99	7.18	35.89	5.19
20/11/2019	23.30	22.10	7.67	36.02	5.16
21/11/2019	23.30	22.22	8.66	37.74	4.65
22/11/2019	23.30	22.35	8.29	37.26	4.07
25/11/2019	23.30	22.50	9.06	37.80	3.44
26/11/2019	23.30	22.66	7.90	36.69	2.75
27/11/2019	23.30	22.83	8.47	37.46	2.02
29/11/2019	23.30	23.01	9.32	37.42	1.23

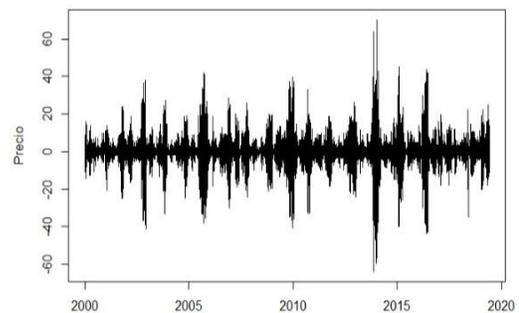
Fuente: elaboración propia.

Figura 18.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Dallas Estados Unidos de América.

A) Comportamiento de serie en niveles



B) Comportamiento en diferencias



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 25 se muestran los pronósticos para el mercado limón persa en Dallas, resultado de los ajustes aplicados de los modelos ARIMA. La variable que se utilizó para hacer la comparación entre el precio proyectado y el precio nominal del mercado fue *Pronóstico*. La diferencia promedio calculada fue de 5.22 que es lo mismo que 19 por ciento respecto al origen, la diferencia es elevada.

En la Figura 19 muestra los precios nominales del limón persa en Chicago Estados Unidos, la serie estacional muestra distintos incrementos representativos en los periodos de 2000 a 2019, los más relevantes fueron en el año 2007 donde el precio alcanzó los 25.0 dólares, en 2011 alcanzó los 65.0 dólares y en 2014 llegó hasta los 120 dólares la caja de 40 lb. No obstante, en los últimos cinco años, los precios han estado incrementando en la misma proporción con precios máximos de 72.0 dólares y mínimos con 11.0 dólares la misma presentación.

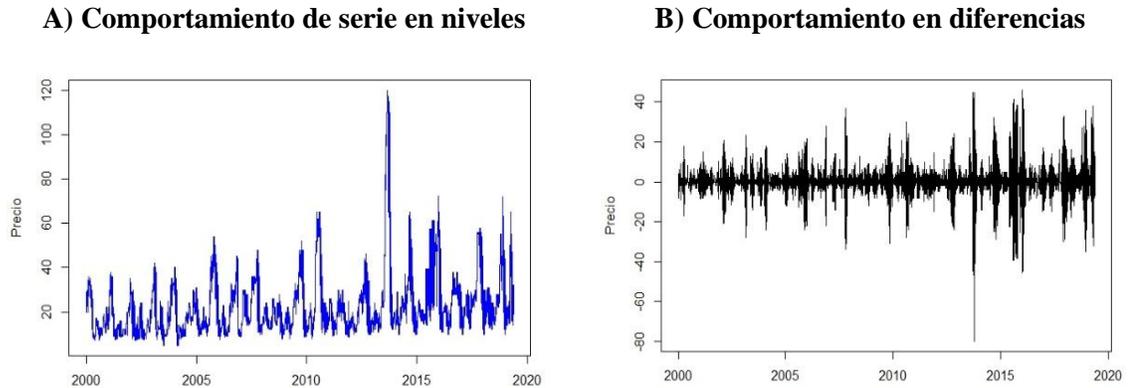
El comportamiento de los precios en Chicago son razonables, los precios empiezan a incrementar en el mes de enero hasta llegar a un tope como precios máximos en los meses de marzo y mayo; a partir de esta fecha los precios empiezan a decrecer hasta estabilizarse en el mes de junio y julio. De igual manera, se incrementa el precio en pequeña proporción en el mes de septiembre y va a normalizarse en el mes de octubre.

Cuadro 25.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Dallas en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	26.40	20.33	8.46	32.85	22.98
04/11/2019	23.65	20.34	7.63	32.68	13.99
05/11/2019	23.65	20.36	8.13	31.70	13.93
06/11/2019	23.65	20.38	8.34	33.48	13.82
07/11/2019	25.58	20.41	8.20	32.39	20.21
08/11/2019	25.58	20.45	7.04	32.29	20.05
12/11/2019	28.46	20.50	8.41	32.18	27.98
13/11/2019	28.46	20.56	8.07	33.27	27.78
14/11/2019	26.71	20.62	8.47	33.15	22.82
15/11/2019	26.71	20.69	8.69	33.06	22.55
18/11/2019	26.13	20.77	8.19	33.21	20.51
19/11/2019	26.13	20.85	8.57	33.49	20.19
20/11/2019	26.81	20.94	8.66	33.47	21.88
21/11/2019	26.30	21.04	9.02	33.16	20.00
22/11/2019	26.30	21.14	8.88	33.47	19.61
25/11/2019	25.92	21.25	9.20	34.45	18.01
26/11/2019	25.92	21.36	9.05	33.14	17.58
27/11/2019	25.92	21.48	8.97	34.08	17.12
29/11/2019	26.05	21.60	10.54	34.35	17.06

Fuente: elaboración propia.

Figura 19.- Comportamiento y diferenciación de precios nominales del limón persa en Chicago Estados Unidos de América



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 26 se muestra los pronósticos de precios del limón persa en Chicago, que corresponden a los resultados obtenidos de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA. La variable que se usó para hacer una comparación entre el precio nominal y la proyección fue *Pronóstico*, la diferencia promedio fue de 4.23 puntos lo que representa el 16.40 por ciento respecto al origen, en términos porcentuales la diferencia fue alta.

4.3 Resultado de las predicciones de los productos agrícolas en los mercados de México y Estados Unidos de América

Los mejores predicciones se derivan de los ajustes aplicados a los modelos ARIMA de acuerdo al criterio de Akaike. En este estudio se obtuvieron dieciocho pronósticos de los cuales nueve fueron para el mercado mexicano y nueve para el mercado de Estados Unidos.

Para el mercado mexicano solo cuatro proyecciones presentaron mejor ajuste, entre las que se destacan el tomate en la Ciudad de México y Mérida Yucatán, el limón en la Ciudad de México y Mérida Yucatán. Las proyecciones de los mercados anteriores solo hicieron uso de la variable principal *Pronóstico* para verificar si los precios proyectados eran correctos y hacer una comparación entre las series. En las series restantes fue necesario utilizar los intervalos *Pronóstico inferior* y *Pronóstico superior* para realizar el estudio correspondiente.

Los mercados que estuvieron subestimados fueron el tomate en Nuevo León, aquí se hizo uso de la variable *Pronóstico superior*; los mercados sobre-estimados fueron el aguacate en los tres mercados donde se utilizó la variable *Pronóstico inferior*, el mismo caso sucede con el mercado de Nuevo León para los tres productos donde se utilizaron los intervalos para ajustar el pronóstico al mercado nominal.

Para el mercado estadounidense las proyecciones más relevantes fueron seis, la primera fue en el mercado del aguacate en Atlanta, después el limón para los tres mercados y por último, el tomate en Chicago y Dallas. Estas proyecciones se compararon con la variable *Pronóstico*, no obstante, sí se presentó diferencia entre algunas de las proyecciones como el tomate en Chicago y el limón en Dallas y Chicago. Las otras series hicieron uso de los intervalos *Pronóstico inferior* y *Pronóstico superior* para ajustarse.

Cuadro 26.- Pronóstico y proyección de precios del limón persa en Chicago en Estados Unidos de América

Fecha	Punto de venta	Pronóstico	Pronóstico inferior	Pronóstico superior	Diferencia
01/11/2019	24.50	20.63	8.73	33.81	15.79
04/11/2019	25.58	20.64	7.85	33.11	19.33
05/11/2019	25.58	20.66	7.38	33.47	19.24
06/11/2019	25.58	20.70	8.18	32.82	19.10
07/11/2019	25.33	20.75	7.77	33.12	18.11
08/11/2019	24.83	20.81	8.19	34.31	16.21
12/11/2019	25.00	20.89	8.13	33.90	16.45
13/11/2019	25.00	20.98	8.72	33.40	16.09
14/11/2019	26.67	21.08	7.57	32.88	20.95
15/11/2019	26.67	21.19	8.47	34.23	20.52
18/11/2019	27.33	21.32	9.25	35.22	22.00
19/11/2019	27.33	21.45	8.77	35.23	21.51
20/11/2019	27.33	21.59	9.43	34.23	20.99
21/11/2019	25.33	21.74	8.73	34.39	14.17
22/11/2019	24.67	21.89	10.13	34.81	11.24
25/11/2019	24.67	22.05	9.63	34.51	10.62
26/11/2019	24.67	22.20	9.76	35.12	9.99
27/11/2019	24.67	22.35	9.24	34.91	9.37
29/11/2019	25.00	22.50	9.43	34.31	9.99

Fuente: elaboración propia.

Los pronósticos subestimados fueron el tomate en Atlanta y el aguacate en Dallas, se utilizó el intervalo *Pronóstico* para realizar una comparación del mercado nominal; para los pronósticos sobre-estimados se reportó el aguacate en Atlanta donde se usó el intervalo *Pronóstico inferior*.

De los dieciocho pronósticos trece fueron ARIMA y cinco SARIMA. En el mercado mexicano los productos que mostraron estacionalidad SARIMA fue el aguacate en Nuevo León y el limón en Ciudad de México y Mérida Yucatán; para los productos donde no hubo SARIMA pero sí se mostró estacionalidad en el análisis gráfico fueron el aguacate en los tres mercados y el limón en Mérida Yucatán. Para el mercado extranjero los productos que mostraron estacionalidad fueron el aguacate en Atlanta y Dallas. Para los productos donde no hubo SARIMA pero sí se mostraba estacionalidad en el análisis gráfico solo fue el limón en los tres mercados agrícolas.

Se recomienda que se tomen las series que presentan márgenes de error pequeños, y utilizar los intervalos “inferior y superior” para hacer uso de la información. Para los pronósticos que no fueron exactos, es importante realizar pruebas con los modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicionada ARCH (familia ARCH, GARCH, EGARCH), estos modelos pueden ayudar a analizar la volatilidad condicionada que presentan en las series por la presencia de diversos factores económicos y ambientales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se cumplió con los objetivos de la investigación, se aplicó una metodología adecuada para realizar los pronósticos de cada una de la series de precios de los productos agrícolas; asimismo se contaron con series estacionarias para tener una mejor predicción en los datos y se hizo una comparación entre los pronósticos obtenidos. Se realizó un estudio gráfico para identificar qué series a simple vista podrían ser estacionarias, pero lo más común es demostrarlo mediante la metodología a través de los datos. De los dieciocho pronósticos que se realizaron entre el mercado de México y Estados Unidos; trece modelos fueron ARIMA y cinco fueron SARIMA. Se comprueba la hipótesis de utilizar la metodología de Box-Jenkins para realizar pronósticos de series de tiempo que proporcionen información a los productores de dichos bienes agrícolas.

De acuerdo con el análisis de precios, los mejores mercados para cada producto son: para el tomate están en Mérida Yucatán, Nuevo León y Atlanta; en caso del aguacate los mejores precios los encontramos en Mérida Yucatán, Nuevo León y Chicago, y para el limón los encontramos en Nuevo León y Atlanta. Independientemente de qué mercado sea mexicano o extranjero hay que tomar en cuenta que estos mercados ofrecen mayor precio por la ubicación.

En cuanto a los pronósticos, para el mercado mexicano los mejores pronósticos se obtuvieron en los productos del tomate y el limón en los mercados de la Ciudad de México y Mérida Yucatán, de los tres productos solamente el tomate presentó distorsión en los precios en México y en el extranjero. En el mercado extranjero los mejores pronósticos están en el tomate para Chicago y Dallas, y también el limón para los tres mercados.

En esta investigación se señaló que la demanda de dichas productos agrícolas por parte del país extranjero ha provocado que la producción nacional mexicana se vaya especializando, obteniendo productos de primera y posicionándose como líder en el mercado altamente competitivo asumiendo responsabilidades que nunca antes se tenían. Estas exigencias también se relacionan con la existencia de políticas y reglas de operación para comercializar un producto agrícola para el destino extranjero. De hecho, en la literatura citada se describe que

existen ciertos sucesos que repercute en la volatilidad de los precios, de acuerdo Ribeiro y Oliveira (2011) éstos pueden deberse a las políticas proteccionistas aplicadas a los productos agropecuarios de un país y hacen que el mercado se vaya distorsionando y los pronósticos en ocasiones no se centren. Por otra parte, de acuerdo Pérez (2006) podría ser por una sobre demanda o bien una sobreproducción, esto se puede evidenciar en los pronósticos del aguacate donde se utilizaron los intervalos *Pronóstico inferior* porque hubo una sobre-estimación.

La metodología de modelos ARIMA es una herramienta útil para realizar pronósticos de precios para productos de los que se tienen reportes, como los utilizados en esta investigación. Con dicha herramienta, el productor podría conocer cómo se comportan los precios en el largo plazo, reduciendo la incertidumbre que le implica pactar un precio con otros agentes económicos, asimismo, podría tomar mejores decisiones al momento de programar su próxima. Para los productos como el tomate, aguacate y limón, los mejores precios se encuentran en el extranjero, no obstante, el productor debe considerar todas las posibilidades e implicaciones de adentrarse en dichos mercados.

Si bien, los modelos tipo ARIMA son útiles y constituyen un punto de partida en la proyección de precios, como se demostró en las evidencias citadas en este trabajo, se presenta la desventaja de que en primera instancia no arroja pronósticos adecuados para ciertos productos, debido principalmente a los problemas relacionados con la varianza condicionada, lo que hace necesario la utilización de otros modelos del tipo ARCH o las extensiones de estos GARCH, EGARCH y otros.

5.2 Recomendaciones

En la literatura revisada anteriormente se menciona que las proyecciones de precios deben hacerse en periodos cortos de 15 a 30 días, no obstante, la información debe adecuarse conforme al investigador la requiera. Este trabajo es un acercamiento a una nueva modalidad de trabajar en los mercados agrícolas, donde pueden verse beneficiados miles de productores y comercializadores.

Sería conveniente identificar nuevas fuentes de información estadística que publiquen información veraz y oportuna de los mercados nacionales o internacionales; en el caso del aguacate obtener la información de otros principales países exportadores “Perú y Chile” para

analizar qué sucede en esos mercados; un problema en la producción de estos países puede traer consecuencias que bien pueden ser negativas o positivas para México.

Estar al pendiente de las nuevas formalidades del mercado de frescos y el cumplimiento de las normas fitosanitarias del comercio internacional; que en México estas normas son reguladas por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA), pero también ver los cumplimientos fitosanitarios de otros países para poder entrar el mercado exterior. Cada vez los pequeños productores están más cerca de llegar al mercado internacional, por lo que sería conveniente estar informados para aprovechar estas ventajas y facilidades que ofrecen las dependencias gubernamentales.

Los productores podrían en principio utilizar esta herramienta de trabajo, para minimizar la incertidumbre de los precios de mercado de los productos tomate, aguacate y limón; al tener los precios futuros podrán pactar un precio fijo a un determinado tiempo, es importante que el precio que tomen corresponda a las cualidades y características de su producto; es decir, si se cumplen los lineamientos de certificación internacional antes de exportar (Global G.A.P., Primus GFS y USDA Organic), el precio de referencia debe corresponder a los lineamientos establecidos. Considerando estas opciones conviene comercializar su producto en mercados extranjeros, caso contrario en México donde no se exigen estas normas y pueden distribuirlo en cualquier parte del país.

También para los productos que se cotizan en el mercado de futuros como granos, café o azúcar de caña se deben aplicar este tipo de modelos u otros más avanzados, para minimizar la incertidumbre que complica hacer una compra "Call" o venta "Put" de un contrato a un determinado plazo. Esta recomendación puede ayudar en gran medida al pequeño productor; un ejemplo es la producción caña de azúcar donde los productores reciben un precio por tonelaje de cada "zafra" establecido por cada ingenio en el país, derivado de los precios internacionales.

Por último, aplicar otros modelos econométricos más robustos que ayuden a complementar esta parte de pronósticos, reduciendo aún más incertidumbre para que el productor tenga confianza en la información. Además de utilizar otras fuentes como pronósticos

climatológicos para proyectar qué tanto afecta un fenómeno natural en la producción y a su vez los precios de los productos agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

Abhishek-Singh, G. (2013). A Study on Forecasting Prices of Groundnut Oil in Delhi by Arima Methodology and Artificial Neural Networks. Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India.

Alonso, J. y Arcila, A. (2013). Empleo del comportamiento estacional para mejorar el pronóstico de un commodity: el caso del mercado internacional del azúcar. Departamento de Economía, Universidad Icesi, Cali, Colombia, *Revista Estudios Gerenciales*, 29, 406–415.

Betancourt, L. (2010). Relación del precio del biodiesel en el mercado de commodities norteamericanos y el precio del aceite de palma africana en Colombia. Colombia: Universidad de Javeriana.

Blaconá, M. (2013). Modelos para series de tiempo con estacionalidad compleja. Decimoctavas Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística.

Caldentey, P. (1972). Comercialización de productos agrarios. Madrid: Sáez.

Caldentey, P. y Gómez, A. (1993). Economía de los mercados agrarios. S.A. Mundi Prensa Libros.

Castro, M., y Pereira, A. (2006). Previsão para o preço futuro do cacau através de uma série univariada de tempo: uma abordagem utilizando o método Arima. *Agribusiness*.

Ceballos, S. y Pire, R. (2015). Estimación del precio internacional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el modelo ARIMA. Venezuela: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11, 2083–2089.

Contreras, A., y Chong, M. (2007). Análisis de datos del Aguacate Hass. Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM.

- De La Fuente-Mella, H. y Lorca-Correa, N. (2008).** Análisis de la serie de pronósticos del trigo mediante la metodología de Box-Jenkins. Chile: *Revista Ingeniería Industrial* (1).
- Delgadillo, O., Ramírez, P. y Rodríguez, J. (2016).** Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México. México: *Acta Universitaria*, 26 (3), 23–32.
- FAO. (2017).** The Food and Agriculture Organization. Retrieved from <http://www.fao.org/home/en/>
- Germán-Soto, V. (2019).** México en la distancia económica de sus regiones. México: Fontamara, S. A. de C. V.
- González , A., Puentes, G. y Ruiz, E. (2017).** Comportamiento de precios de mercados y análisis de volatilidad, para durazno (*Prunus persica* L. Batsch.) producido en Boyacá, Colombia. Colombia: *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11, 48–62.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010).** Econometría. México: McGraw-Hill/Irwin, Inc.
- Haag, H., y Soto, J. (1969).** El mercado de los productos agrarios. México: LIMUSA, S. A. de C.V.
- Hammond, J. (1997).** Market and Price Analysis The Agriculture Industries. New York: McGraw-Hill.
- Hanke, J. E. (2006).** Pronósticos en los negocios . México: Maryland Composition.
- Jiménez, A. y Martínez, A. (2014).** Diseño de un derivado sobre el precio del café para cubrir el riesgo asociado a sus fluctuaciones. Colombia.
- Jones, B. (2007).** Tomato Plant Culture in the field, Greenhouse and Home Garden. New York, NY 10016: Taylor & Francis Group, LLC.
- Laurente, L. (2018).** Proyección de la producción de papa en Puno, una aplicación de la metodología de Box_Jenkins. Peru: *Revista de investigaciones Puno*, 7, 7–24.
- Ledesma, M. (2004).** Agronegocios empresa y emprendimientos. Buenos Aires, Argentina. : El Ateno.

- Mahlangu, K., Hhundu, K., Chaminaka, P. Nemakhani, S. y Lekgau, S. (2018).** Price seasonality of citrus commodities in the Joburg Fresh Produce Market. Joburg: The 56th annual conference of the agriculture economics association of South Africa.
- Mankiw, N. (2002).** Principios de Economía. Madrid: Amelia Nieva.
- Marroquín, G. y Chalita, L. (2010).** Aplicación de la metodología Box-Jenkins para pronóstico de precios en jitomate. Estado de México: *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(4), 573–577.
- Murillo, M. (2011).** Elaboración de un modelo econométrico de series de tiempo para la proyección de precios del tomate (*Lycopersicon esculentum*). Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Novalés, A. (2016).** Series de Tiempo. Estacionariedad, Raíces Unitarias. Departamento de Economía Cuantitativa Universidad Complutense.
- Pérez, F. (2006).** Modelación de la volatilidad y pronóstico del precio del café. Colombia: *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5 (9), 45–58.
- Ribeiro, C. y Oliveira S. (2011).** A hybrid commodity price-forecasting model applied to the sugar-alcohol sector. Sao Paulo, Brazil: The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics.
- Robinson, P. (2004).** Prueba de raíz unitaria para ayudar a la construcción de un modelo. Asociación Regional de Bancos Centrales.
- SADER. (2018).** Secretaría de Agricultura y de Desarrollo Rural. El limón persa y el limón mexicano: la complementariedad del mercado. Claridades Agropecuarias. Retrieved from <https://www.gob.mx/agricultura>
- SADER, SNIIM. (2020).** Mercados Nacionales. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. Retrieved from Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <http://www.economia-sniim.gob.mx>
- Sánchez-López, R., Barreras-Serrano, A., Pérez Linares, C., Figueroa-Saveedra, F. y Olivas-Valdez, J. (2013).** Aplicación de un modelo Arima para pronosticar la

producción de leche de bovino en Baja California, México. *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3), 315–324.

Santos, W., Sáfadi, T. y Gonzaga, L. (2005). Uma análise empírica da volatilidade do retorno de commodities agrícolas utilizando modelos ARCH: os casos do café e da soja. Brazil: Universidade Federal de Lavras. *Revista Rio de Janeiro* 43, 119–134.

Scalcon, D., Ataidés, C. y Vidal, M. (2008). Previsión de precios de azúcar y análisis de su volatilidad en el mercado futuro de Brazil (2003 a 2007) Una aplicación de modelos de familia ARCH. Brazil: *Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 24 (3), 537–548.

Téliz, D. (2007). El aguacate y su manejo integrado. México: Mundi Pensa México, S.A. de C.V.

Villavicencio, J. (2008). Análisis de Series de Tiempo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

Fuentes de información

U.S Census Bureau. (2020). Estadísticas de población. Retrieved from U.S. Department of Commerce: <https://data.census.gov/>

USDA, AMS. (2020). Agricultural Marketing Service. Retrieved from U.S. Department of Agricultural: <https://www.ams.usda.gov/>

USDA, ARS. (2020). Agricultural Research Service. Retrieved from U.S. Department of Agricultural: <https://www.ars.usda.gov/>

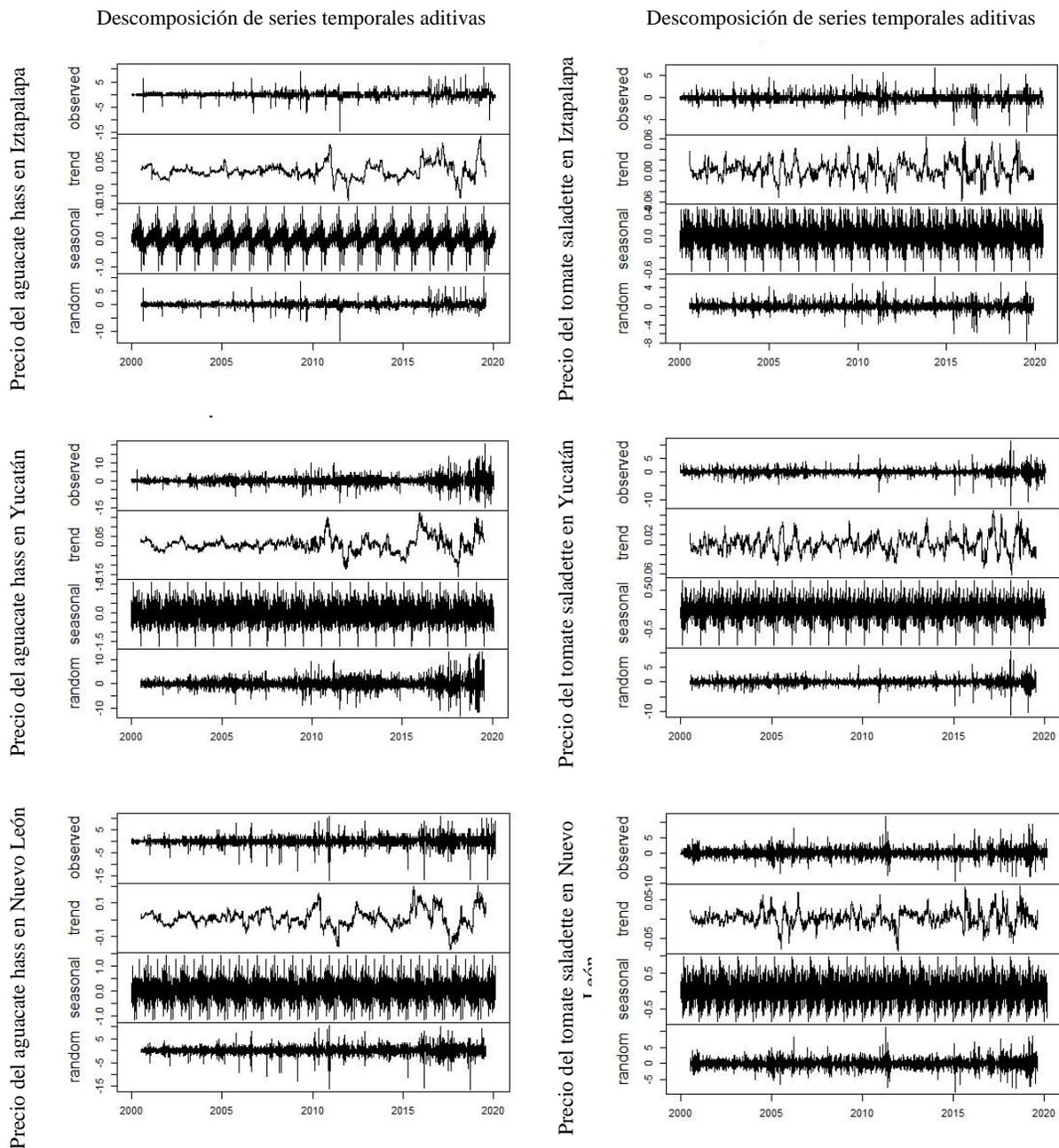
USDA, ERS. (2020). Economic Research Service. Retrieved from U.S. Department of Agricultural: <https://www.ers.usda.gov/>

USDA, FAS. (2018). Foreign Agricultural Service. Retrieved from U.S. Department of Agricultural: <https://www.fas.usda.gov/>

USDA, FAS. (2020). Foreign Agricultural Service. Retrieved from U.S. Department of Agricultural: <https://www.fas.usda.gov/>

ANEXOS

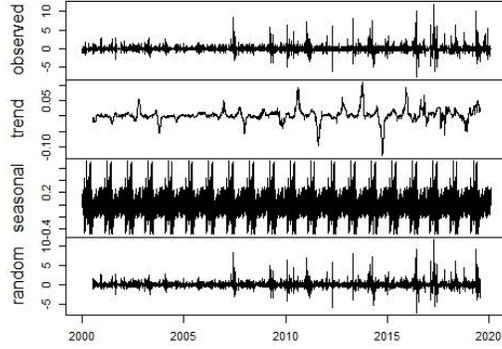
Cuadros de descomposición aditiva de las series históricas en México y EE.UU



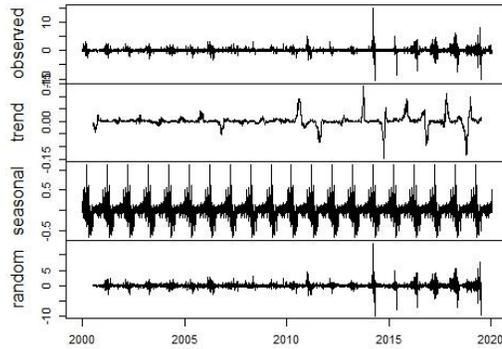
Fuente: elaboración propia.

Descomposición de series temporales aditivas

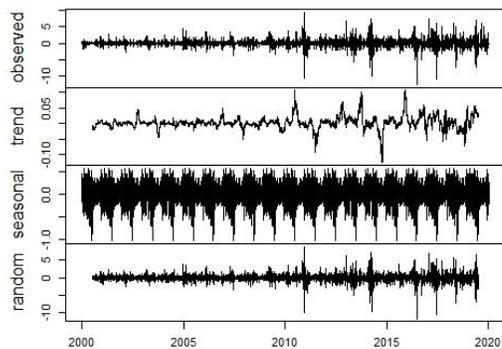
Precio del limón persa en Iztapalapa



Precio del limón persa en Yucatán

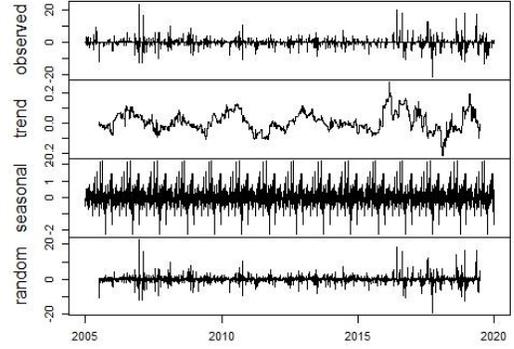


Precio del limón persa en Nuevo León

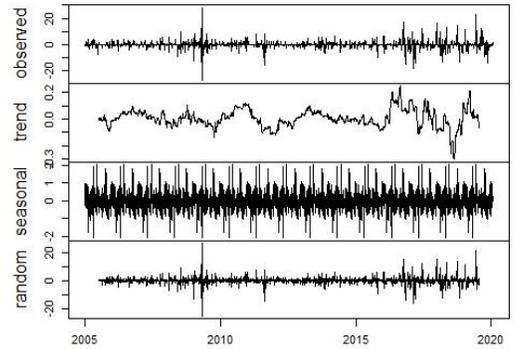


Descomposición de series temporales aditivas

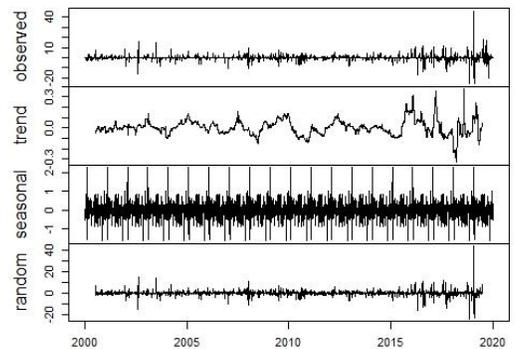
Precio del aguacate hass en Atlanta USA



Precio del aguacate hass en Dallas USA



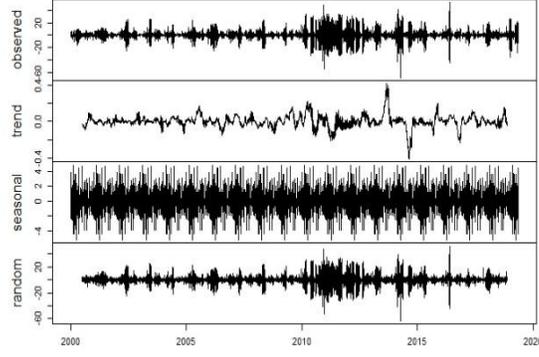
Precio del aguacate hass en Chicago USA



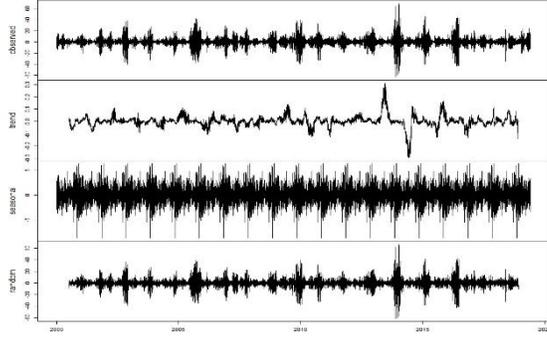
Fuente: elaboración propia.

Descomposición de series temporales aditivas

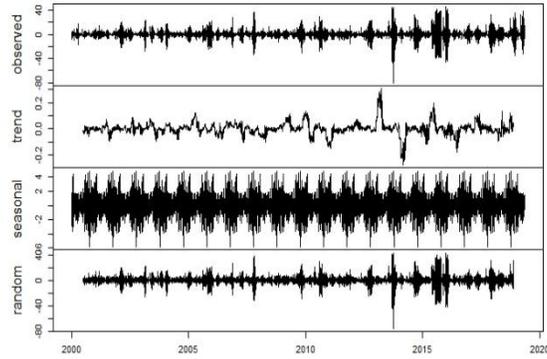
Precio del limón persa en Atlanta USA



Precio del limón persa en Dallas USA

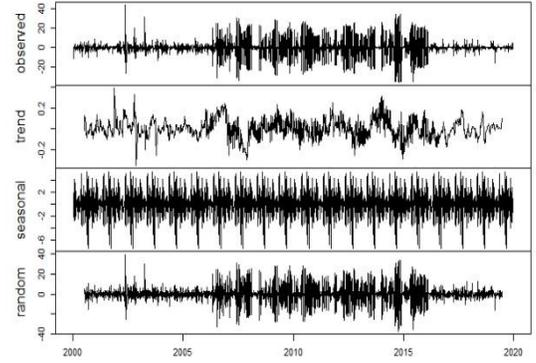


Precio del limón persa en Chicago USA

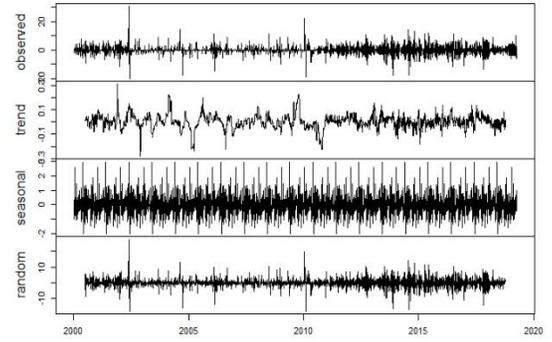


Descomposición de series temporales aditivas

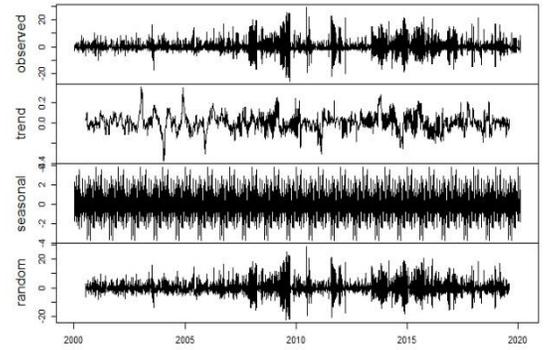
Precio del tomate saladette en Atlanta USA



Precio del tomate saladette en Dallas USA



Precio del tomate saladette en Chicago USA



Pruebas ADF después de DIFF para los precios de los productos agrícolas en mercados de México

Precios del aguacate hass en México									
	Ciudad de México (a)			Yucatán Mérida (b)			Nuevo León (c)		
Rezago	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
0	-73.0*	-73.0*	-72.9*	-81.1*	-81.1*	-81.1*	-85.9*	-85.9*	-85.9*
1	-48.5*	-48.5*	-48.5*	-60.4*	-60.4*	-60.4*	-55.3*	-55.3*	-55.3*
2	-38.4*	-38.4*	-38.4*	-50.8*	-50.8*	-50.7*	-42.7*	-42.7*	-42.7*
3	-32.3*	-32.3*	-32.3*	-44.4*	-44.4*	-44.4*	-36.5*	-36.5*	-36.5*
Precios del tomate saladette en México									
0	-68.4*	-68.4*	-68.4*	-82.9*	-82.9*	-82.9*	-88.9*	-88.9*	-88.9*
1	-48.8*	-48.8*	-48.8*	-56.0*	-56.0*	-56.0*	-55.3*	-55.3*	-55.2*
2	-41.3*	-41.3*	-41.3*	-44.4*	-44.4*	-44.4*	-42.4*	-42.4*	-42.4*
3	-35.4*	-35.4*	-35.4*	-39.1*	-39.1*	-39.1*	-35.9*	-35.9*	-35.9*
Precios del limón persa en México									
0	-73.8*	-73.8*	-73.8*	-68.8*	-68.8*	-68.8*	-83.6*	-83.6*	-83.6*
1	-51.0*	-51.0*	-51.0*	-49.4*	-49.4*	-49.4*	-56.3*	-56.3*	-56.3*
2	-42.6*	-42.6*	-42.6*	-38.8*	-38.7*	-38.7*	-43.7*	-43.7*	-43.7*
3	-37.0*	-37.0*	-37.0*	-32.8*	-32.8*	-32.8*	-38.5*	-38.5*	-38.5*

Nota: Los datos anteriores hacen referencia a los ADF en el nivel. Donde * es estadísticamente significativo en 99%, ** es estadísticamente significativo en 95% y *** es estadísticamente significativo en 90%.

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de R.

Pruebas ADF después de DIFF para los precios de los productos agrícolas en mercados de EE.UU

Rezago	Precios del aguacate hass en EE.UU.								
	Ciudad de México (a)			Yucatán Mérida (b)			Nuevo León (c)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
0	-58.5*	-58.5*	-58.5*	-62.0*	-62.0*	-61.9*	-59.3*	-59.3*	-59.3*
1	-42.6*	-42.6*	-42.6*	-40.5*	-40.5*	-40.5*	-41.9*	-41.9*	-41.9*
2	-32.6*	-32.6*	-32.5*	-33.8*	-33.8*	-33.8*	-33.9*	-33.9*	-33.9*
3	-27.2*	-27.1*	-27.1*	-29.2*	-29.1*	-29.1*	-29.0*	-29.0*	-29.0*
	Precios del tomate saladette en EE.UU.								
0	-77.4*	-77.4*	-77.4*	-66.4*	-66.4*	-66.4*	-74.1*	-74.1*	-74.1*
1	-58.2*	-58.2*	-58.2*	-44.5*	-44.5*	-44.5*	-66.1*	-66.1*	-66.1*
2	-43.4*	-43.4*	-43.4*	-33.4*	-33.4*	-33.4*	-36.8*	-36.8*	-36.8*
3	-36.0*	-36.0*	-36.0*	-29.9*	-29.9*	-29.9*	-29.3*	-29.3*	-29.3*
	Precios del limón persa en EE.UU.								
0	-115.2*	-115.2*	-115.2*	-139.8*	-139.8*	-139.8*	-128.4*	-128.4*	-128.4*
1	-83.3*	-83.3*	-83.3*	-95*	-95*	-95*	-97.5*	-97.5*	-97.5*
2	-68.0*	-68.0*	-68.0*	-81.2*	-81.2*	-81.2*	-72.7*	-72.7*	-72.7*
3	-56.7*	-56.7*	-56.7*	-68.5*	-68.5*	-68.5*	-63.8*	-63.8*	-63.8*

Nota: Los datos anteriores hacen referencia a los ADF en el nivel. Donde * es estadísticamente significativo en 99%, ** es estadísticamente significativo en 95% y *** es estadísticamente significativo en 90%.

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de R.