

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS



Estimación de modelos ARIMA para el pronóstico de precios al consumidor de tres hortalizas en León, Guanajuato

Por:

HÉCTOR HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONOMICAS

Estimación de modelos ARIMA para el pronóstico de precios al consumidor de
tres hortalizas en León Guanajuato

POR:

HÉCTOR HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS:

Que somete a la consideración el H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título
de:

LICENCIADO EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y AGRONEGOCIOS

Aprobada por:



Dra. Martha Elena Fuentes Castillo
Asesor Principal


Dr. Gregorio Castro Rosales
Coasesor
M.C. Esteban Orejón García
Coasesor
Dra. Dulce Elizabeth Davila Flores
Coordinadora de la División de Ciencias Socioeconómicas

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al departamento de Economía Agrícola por brindarme la oportunidad de concluir mi carrera profesional y por todo lo que me dieron durante estos años como estudiante.

A mis asesores por otorgarme el tiempo y dedicación para poder concluir esta investigación. A la Dra. Martha Elena Fuentes Castillo quien me ofreció su confianza, externo mi agradecimiento por su plena disposición y valiosa aportación de sus amplios conocimientos para que pudiera finalizar este proyecto. Al Dr. Gregorio Castro Rosales y al M.C. Esteban Orejón García por su apreciada y útil colaboración.

A mis amigos que formaron parte de esta maravillosa etapa de mi vida.

¡Infinitas Gracias!

DEDICATORIAS

A mi familia en general.

A mi madre María Carmen Ramírez Pantoja por la constante confianza motivación y apoyo en este proceso y por darme todo lo que estuvo a su alcance para que pudiera concluir esta carrera profesional. Por ser la Mujer más fuerte que conozco y la mejor Economista.

A mis hermanas Maricarmen y Darlen. A mis hermanos Juan Carlos, Ernesto y Fernando por su amplio apoyo y confianza en mí.

A mis sobrinos quienes brindan inmensa alegría a mi familia.

ÍNDICE

Resumen.....	4
Introducción.....	5
Capítulo 1: Guanajuato: productor de hortalizas.....	8
Capítulo 2: Marco teórico y Empírico.....	14
2.1 Teoría de los precios.....	14
2.1.1 Precios agrícolas.....	15
2.1.2 Precios al productor.....	17
2.1.3 Precios al consumidor.....	17
2.1.4 Precios nominales y reales.....	18
2.2 Evidencias sobre pronósticos de precios.....	18
2.2.1 Evidencias internacionales.....	18
2.2.2 Evidencias para México.....	20
Capítulo 3: Metodología de series de tiempo.....	22
3.1 Series de tiempo.....	22
3.1.1 Estacionariedad y raíz unitaria.....	23
3.2 Modelo ARIMA.....	26
3.2.1 Proceso autorregresivo (AR).....	26
3.2.2 Proceso de medias móviles (MA).....	27
3.2.3 Proceso autorregresivo y de medias móviles (ARMA).....	27
3.2.4 Proceso autorregresivo integrado y de promedios móviles ARIMA.....	28
3.2.5 Proceso estacional autorregresivo integrado y de promedios móviles SARIMA.....	29
3.3 Descripción de los datos recopilados.....	30
Capítulo 4: Pronóstico de precios de hortalizas.....	33
4.1 Resultados de los pronósticos de precios del brócoli.....	33
4.2 Resultados de los pronósticos de precios de la lechuga.....	37
4.3 Resultados de los pronósticos de los precios de la cebolla.....	40
4.4 Predicciones para los precios de los tres productos.....	42

Conclusiones y recomendaciones.....	47
Referencias bibliográficas.....	50
Anexos	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadística descriptiva.....	32
Cuadro 2. Prueba ADF para los precios del brócoli.....	35
Cuadro 3. Estimación de modelos ARIMA-SARIMA para el brócoli.....	35
Cuadro 4. Comparación de precios nominales del brócoli.....	36
Cuadro 5. Comparación de precios reales del brócoli.....	36
Cuadro 6. Prueba ADF para los precios de la lechuga.....	38
Cuadro 7. Modelos ARIMA para lechuga.....	38
Cuadro 8. Comparación de precios nominales de lechuga.....	39
Cuadro 9. Comparación de precios reales de lechuga.	39
Cuadro 10. Pruebas ADF para los precios de la cebolla	41
Cuadro 11. Modelos ARIMA-SARIMA para la cebolla.....	41
Cuadro 12. Comparación de precios nominales de cebolla.....	42
Cuadro 13. Comparación de precios reales de cebolla.....	42
Cuadro 14. Precios del brócoli pronosticados a 30 días.....	44
Cuadro 15. Precios de la lechuga pronosticados a 30 días.....	45
Cuadro 16. Precios reales de la cebolla pronosticados a 30 días.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama para la aplicación del método ARIMA.....	29
Figura 2. Precio nominal y real del brócoli.....	34
Figura 3. Precio nominal y real de la lechuga.....	37
Figura 4. Precio nominal y real de la cebolla.....	40

RESUMEN

Con el objetivo de realizar pronósticos del precio al mayoreo del brócoli, lechuga romana y cebolla bola se emplearon modelos econométricos de series de tiempo. Se utilizó información del Sistema Nacional de Integración de Mercados (SNIIM) de los precios diarios de los tres productos en la Central de Abastos de León, Guanajuato durante el período comprendido de enero de 2000 al 26 de abril de 2019. Considerando las tres productos con sus respectivos precios nominales y reales se obtuvieron seis series, de los cuales tres se ajustaron mejor al modelo *Autorregressive Integrated Moving Average* (ARIMA): el precio nominal del brócoli y dos para el precio nominal y real de la lechuga; por otro lado, se obtuvieron tres modelos que presentaron estacionalidad lo que se refiere a que presentaron un mismo patrón de comportamiento en ciertas fechas, correspondiendo así a modelos SARIMA: precio real del brócoli, precio nominal de la cebolla y precio real de la cebolla. Respecto a la precisión de los modelos, se obtuvo que el modelo con mejor ajuste predictivo fue el modelo con estacionalidad para el precio real del brócoli.

Palabras clave: Series de tiempo, productos agrícolas, precios diarios.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con SAGARPA (2018), el campo mexicano es estratégico para el desarrollo económico del país, ya que en los últimos años ha tenido una expansión productiva y sostenida, a la que han contribuido diferentes factores que han hecho posible que se haya trascendido de un enfoque tradicional hacia una perspectiva moderna basada en las ventajas comparativas que tiene México con preponderancia en productos de mayor valor, con alta rentabilidad y orientados a un mercado en rápido crecimiento enfocados en gran medida hacia a la promoción de las exportaciones. La convergencia de estos elementos ha influido para que en la actualidad México se posicione como un país líder en el tema agroalimentario ocupando el tercer lugar en la producción agropecuaria en América Latina y doceavo a nivel mundial.

Al término del 2017 el sector agroalimentario tuvo un registro de exportaciones por más de 29 mil millones de dólares, gracias a esto, la balanza comercial de ese año obtuvo como resultado un superávit de 3,224 millones de dólares lo que reflejó el esfuerzo de los productores así como de la cantidad de inversión que se realizó en tecnificación (SAGARPA, 2018).

El Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018) considera que la labor del crecimiento y desarrollo del país corresponde a todos los actores de todos los sectores y a todas las personas de México. Por lo que las entidades federativas juegan un papel muy importante en el desarrollo nacional.

En el caso del estado de Guanajuato, de acuerdo con el SIAP (2018a) ha tenido un crecimiento sostenido en el sector primario ya que genera anualmente más de 10.6 millones de toneladas de diversos productos agropecuarios de los que destacan un grupo de hortalizas que por su potencial productivo y sus amplios volúmenes de producción se han posicionado en uno de los primeros lugares de exportación a nivel mundial satisfaciendo la demanda interna y generando excedentes para comercializar a otros países, entre esos productos se ubican el brócoli, la lechuga romana y la cebolla bola.

Por otra parte, en los últimos años México ha pasado por diversos cambios alimentarios y nutricionales caracterizados principalmente por la sustitución del consumo de alimentos típicos por el de alimentos industrializados y con baja calidad nutricional, muchos han sido los factores que contribuyen a que la población se incline por el consumo de este tipo de alimentos, sin embargo, López y Alarcón (2018) señalan que en el país en la última década los hábitos de compra de frutas, verduras y hortalizas dan cuenta de un incremento en el consumo de este tipo de productos y con tendencia a mantenerse, a este significativo incremento se le atribuyen diversos factores, principalmente el incremento de la población, la edad de las personas y el conocimiento del consumidor sobre la importancia que tiene para la salud el consumir este tipo de productos. Se estima que en el país el consumo diario de frutas y verduras se ha duplicado, pasando de 110 a 235 gramos *per cápita*, lo cual se adjudica a cambios en las preferencias del consumidor basadas en la compra de alimentos frescos en vez de enlatados, los productos que han tenido un incremento en su demanda son hortalizas particularmente espárragos, brócoli, coliflor, zanahorias, cebollas y lechugas.

En términos generales, la variación de los precios de los productos agrícolas es una de las principales fuentes de incertidumbre en la planificación tanto de los productores como de los consumidores ya que la previsión de los precios interviene directamente en decisiones tácticas (producir o no producir, consumir o no consumir) por lo que la necesidad de aplicar herramientas para la predicción de los precios que sirvan como base para la toma de decisiones de los diferentes agentes económicos cobra sentido.

Ante lo ya mencionado, se plantea en esta investigación el objetivo de estimar la capacidad predictiva de los modelos econométricos de tipo ARIMA que se aplican a los precios diarios de tres productos del sector agrícola en la central de abastos de León, Guanajuato siguiendo la metodología de Box-Jenkins. Se plantean también los siguientes objetivos específicos:

- Sistematizar la información de manera que se cuente con una base de datos consistente, homologada y que cubra el período de largo plazo.
- Pronosticar los precios diarios de los tres productos analizados en el corto plazo.
- Conocer el comportamiento futuro de los precios de los tres productos.

- Evaluar la capacidad predictiva de los modelos econométricos utilizados.
- Difundir los resultados obtenidos para que puedan servir como herramienta en la toma de decisiones.

Debido al enfoque utilizado de la metodología de series de tiempo, la hipótesis que se plantea en esta investigación es que los valores pasados tanto nominales como reales del brócoli, lechuga romana y cebolla bola permiten pronosticar los precios futuros de dichos productos, sin que para ello se requiera de la intervención de otras variables o métodos.

Se recopiló información del SNIIM para el período de enero de 2000 al 26 de abril de 2019 de la Central de Abastos de León Guanajuato, considerando precios nominales y reales de cada uno de los productos previamente señalados. Los resultados de estos pronósticos fueron que para el caso del precio nominal del brócoli se obtuvo un modelo ARIMA mientras que para el precio real de este mismo producto resultó un modelo SARIMA; por otro lado que para el caso de la lechuga en ambos precios se obtuvieron modelos ARIMA; en cuanto a la cebolla tanto en el precio nominal y real se ajustaron a modelos de tipo SARIMA.

Esta investigación está conformada por cuatro capítulos en los que el primero corresponde a una contextualización de la situación actual por la que está pasando el estado de Guanajuato en cuanto al ámbito agrícola mostrando a su vez sus principales características sociales, demográficas y económicas, el capítulo dos corresponde al marco teórico y empírico en el que se señala la concepción teórica de los precios así como las evidencias encontradas en las que se empleó la misma metodología. El capítulo tres pertenece a la metodología que se utilizó, principalmente a las series de tiempo; posteriormente se reportan los resultados obtenidos en el que se incluyen los pronósticos realizados para cada uno de los productos y finalmente se ofrecen conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

GUANAJUATO: PRODUCTOR DE HORTALIZAS

En el presente capítulo se abordan las características generales del estado de Guanajuato en el que se incluyen los datos geográficos, demográficos y económicos más relevantes de esta entidad.

El Estado colinda por el norte con Zacatecas y San Luis Potosí; por el sur con Michoacán; por el este con Querétaro, y por el oeste con Jalisco. Comprende una extensión territorial de 30,608.4 km² que representa el 1.6 por ciento del territorio nacional en el que se tiene presencia de 5 tipos de clima; cálido, semicálido, templado, semiárido y árido de los cuales el que predomina es el semicálido, asimismo, se presentan temperaturas medias anuales que van de una máxima de 27.9 °C a una mínima de 10.7 °C, presentándose una precipitación pluvial de 611 milímetros anuales. En su perfil demográfico cuenta con una población total de 5, 952,087 habitantes; representando el 4.8 por ciento del total del país de la cual el 70.1 por ciento es urbana y 29.9 por ciento está distribuida en zonas rurales (SIAP, 2018a).

De los 46 municipios de la entidad, los que presentan el mayor número de habitantes son: León, Irapuato y Celaya con el 26.30 por ciento, 9.75 por ciento y 8.58 por ciento del total de habitantes respectivamente acaparando solo entre los tres a más del 44 por ciento de la población de todo el Estado.

En la entidad, la actividad agropecuaria es una de las principales entradas de ingresos de la población, esto se da gracias a que en esta región del bajío convergen una serie de factores que hace posible que se desarrollen dichas actividades. Entre los que destacan por un lado la existencia de suelos adecuados para llevar a cabo estas labores así como una amplia cantidad de ríos y pozos que se adaptan para que se haga posible el desarrollo de esta zona en ese sector de la economía. No obstante, el perfil ocupacional muestra que solo el 10.3 por ciento de las personas económicamente activas se ocupan en el sector primario que este a su vez se divide por actividad (agrícola, pecuaria y pesquera) (SIAP, 2018a).

Con relación a su economía, el Producto Interno Bruto (PIB) de la entidad es de 4.1 por ciento ubicándose en el 6° lugar a nivel nacional, sin embargo, en el caso del PIB primario solo es del 3.4 por ciento aportando así el 4.2 al PIB primario nacional lo que equivale a 23,715 millones de pesos. Se debe señalar que de los 46 municipios que conforman el Estado, no todos estos participan en actividades del sector agropecuario, destacando que los principales municipios productores son; Irapuato, Pénjamo, Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Comonfort, Valle de Santiago, Salamanca y San Felipe. Siendo San Felipe quien ocupa el primer lugar de los municipios con mayor superficie sembrada con el 9 por ciento, seguido de Pénjamo con el 6.6 por ciento; Salamanca ocupa el tercer lugar con 5.2 por ciento de la producción del Estado; a su vez Irapuato tiene el cuarto lugar con un porcentaje de 5.1 por ciento; y Valle de Santiago con 5 por ciento. Las condiciones para la producción que se presentan en el Estado son bajo el ciclo primavera-verano, otoño-invierno y el ciclo perenne (SIAP, 2018a).

En la actualidad, México se encuentra ubicado en el 12° lugar en producción mundial de alimentos y el 11° en producción mundial de cultivos agrícolas. Como muestra de eso ha ocupado los primeros lugares de producción de algunos cultivos a nivel mundial tales como el aguacate, el tequila, limón, cártamo, chile verde, brócoli, entre otros. En el contexto de la globalización, México, y en especial su sector agropecuario se inserta en la economía mundial, al respecto, del total de las exportaciones que realiza se encuentran 21 productos agroalimentarios que por su importancia económica hace que se posicione en primer lugar la cerveza, seguido del aguacate y posteriormente el jitomate, existen otros tipos de verduras que tienen gran presencia en los mercados internacionales, tal es el caso del limón, coliflor, brócoli, esparrago, lechuga y cebolla (SIAP, 2018b).

Entre las exportaciones agrícolas de México, se encuentran un grupo hortalizas que se han posicionado en uno de los primeros lugares de exportación a nivel mundial, dentro de este grupo se encuentran; el brócoli, la lechuga y la cebolla. A nivel mundial de producción de brócoli, México ha ocupado en el último sexenio uno de los primeros lugares en cuanto a la producción de éste, ya que hasta 2017 se encontraba en el quinto lugar representando mayores índices de producción siendo este año en el que la producción de brócoli fue la mejor en la historia, esto

como resultado de una mayor superficie sembrada, mejores rendimientos y una menor superficie siniestrada (SIAP, 2018b).

Datos del SIAP (2018b) señalan que el brócoli se cultiva en alrededor de 10 estados del país, sin embargo, se observa una mayor concentración en Guanajuato que ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto a su volumen de producción, ya que tan solo este Estado obtiene más del 64 por ciento de la producción total del país lo que equivale a que del valor del volumen total de la cosecha nacional, dos tercios corresponden a Guanajuato, lo que significó un ingreso para sus agricultores de dos mil 85 millones de pesos, en segundo lugar a nivel nacional esta Puebla, seguido por Michoacán y Sonora, entre otros estados en los que su producción es menor.

En cuanto al comercio internacional, México comercializó con el exterior poco más de 374 mil toneladas de brócoli de las cuales más del 97 por ciento las adquirió Estados Unidos, seguido de Canadá y otros siete países que adquirieron el producto en menor volumen.

Por otro lado, para el caso de la lechuga la producción nacional de ésta se efectúa en 20 entidades del país que, con una tendencia creciente, generan más de 480 mil toneladas anuales. Así como en el caso del brócoli, Guanajuato es la entidad con el mayor volumen de producción representando más del 28 por ciento del total nacional, aunque por el valor de su producción, también destacan Zacatecas, Baja California y Puebla. Se estima que en el país se consumen en promedio 2.5 kg *per cápita* anualmente de esta hortaliza, existiendo disponibilidad de este producto todo el año pero con una mayor concentración en dos periodos: febrero-abril y julio-agosto, por el contrario los datos muestran que en noviembre y diciembre son los meses en los que menos producción se registran en el país lo que provoca que en este mismo periodo se encuentren los niveles más altos de importación de este producto, en el listado internacional, México se posiciona en el 9° lugar como productor mundial de esta verdura. De las hortalizas que México comercializa en el exterior, la lechuga ocupa el 7° puesto gracias a su alto volumen de exportación, el cual en 2017 alcanzó 199 mil 87 toneladas, cifra que excedió en 120 mil a las de los años 2012. Principalmente Estados Unidos es el país al que se exporta un mayor volumen de este producto (SIAP, 2018b).

En cuanto a la cebolla, la producción en el periodo 2012-2017 tuvo un incremento promedio anual de 5.5 por ciento esto fue como resultado de una mayor superficie de siembra y mejores rendimientos en las cosechas. En el país, Baja California ocupa el primer lugar en cuanto a producción de esta hortaliza. Por su parte, Guanajuato se encuentra en segundo lugar a nivel nacional con poco más del 14 por ciento de la producción nacional. La cosecha de esta hortaliza posibilita una oferta homogénea en cantidad durante todo el año. Sin embargo, el mes que presenta un índice menor de producción es diciembre, por lo que los niveles de importación más altos se presentan desde septiembre hasta los últimos días de diciembre. México es uno de los principales consumidores de cebolla a nivel mundial, muestra de eso son los 10.5 kg de consumo anual *per cápita* de cebolla. Para el comercio exterior es una hortaliza con significativa presencia en los mercados internacionales. La productividad agrícola nacional posibilita la cosecha de un volumen alto para exportación. El comportamiento favorable de las exportaciones mexicanas del vegetal se plasma en el número de destinos de venta: 20 países en 2017 *versus* 16 en 2012. El mercado estadounidense adquirió 94.4 por ciento de la oferta exportable nacional del cultivo siendo este el primer socio comercial en la exportación de este producto (SIAP, 2018b).

La producción de estas tres hortalizas ha demostrado cambios importantes, la superficie sembrada, los rendimientos, el valor de la producción entre otras son variables que indican dichos cambios, que han tomado gran importancia para el crecimiento y desarrollo económico tanto a nivel nacional como sus principales estados productores. En México la producción de éstas se realiza bajo condiciones muy específicas de clima y suelo de esto deriva que no todos los estados de la República Mexicana estén condicionados para participar en esta actividad, por lo que como ya se mencionó en líneas anteriores, Guanajuato es estratégico para la producción de estas tres hortalizas.

En el caso de la producción del brócoli en el Estado se tiene una participación en 31 municipios de los 46 que lo integran, de los cuales los que representan un mayor volumen en cuanto a producción son: Dolores Hidalgo el municipio que registra el volumen de producción más alto de la entidad con poco más de 42 mil toneladas anuales obteniendo de eso un valor de la producción de 273,514.06 (miles de pesos); a este le sigue Valle de Santiago con una producción de 36,025.40 toneladas; San Luis de la Paz con 33,232.15 toneladas; San José Iturbide se

encuentra en el cuarto lugar en volúmenes de producción a nivel estatal cosechando más de 26,200 toneladas por ciclo, el quinto municipio que registra mayores índices de producciones (SIAP, 2019).

Para el caso de la lechuga, se tienen registros de producción en alrededor del 55 por ciento de los municipios de los cuales, San Miguel de Allende encabeza el listado con más de 18 por ciento de la producción total del Estado con un volumen de 26,190.00 toneladas; Juventino Rosas ocupa el segundo lugar en esta actividad con 23,961.68 toneladas, Dolores Hidalgo Genera en total un volumen de producción de 12,711.04 toneladas ocupando el tercer puesto. Por debajo se encuentran: Apaseo El Grande y Cortázar (SIAP, 2019).

En lo que concierne a la producción de la cebolla, cinco son los municipios que acaparan los mayores volúmenes de producción en todo el Estado: Juventino Rosas encabeza este listado con un volumen de 43,878.50 toneladas lo que equivale a más de 21 por ciento de la producción estatal, en seguida se encuentra San Francisco del Rincón, Romita, Purísima del Rincón y León (SIAP, 2019).

En términos de consumo de las hortalizas, se sabe poco, ya que existe una carencia de investigaciones al respecto de estos productos en el mercado nacional, sin embargo, se estima que hay un consumo anual *per cápita* de 1.7 kg en el cual se presentan mayores índices en los meses de marzo y abril que es cuando se obtienen mayores volúmenes de producción de esa hortaliza gracias a las cosechas que se presentan en ese periodo, por el contrario a partir del segundo semestre del año se empieza a tener una disminución en los volúmenes de producción por lo que en este periodo es cuando se registran mayores índices de importación de este producto provenientes de Europa; principalmente Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Bélgica (SIAP, 2018).

Así las cosas, las líneas previas han contextualizado sobre la importancia de elegir tres hortalizas donde la entidad posee una ventaja productiva, desafortunadamente los precios al productor de estos tres bienes no se encuentran disponibles en un período que pueda considerarse de largo plazo, lo cual es esencial para la implementación de la metodología que aquí se pretende. De

esta manera, la justificación de los tres bienes sí obedece a su ventaja productiva, pero también a la consideración de que una parte de esta producción se comercializa en el mercado nacional, particularmente en las centrales de abasto de la entidad; y afortunadamente en ese caso sí es posible contar con esa información gracias a la recopilación de información que realiza la Secretaría de Economía desde 1998 de los precios diarios de los productos en la Central de Abastos de León.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

En este capítulo se indicará la concepción teórica, de lo que se aborda en esta investigación, en especial a la teoría de precios, como elemento determinante de la economía, en su función de regulador de la oferta y la demanda. Una particularidad también abordada es la concepción de los precios agrícolas.

2.1 Teoría de los precios

Así, el Banco de México (2019), define al precio como la cantidad de dinero que se da a cambio de una mercancía o servicio, es decir, el valor de una mercancía o servicio en términos monetarios. En el mismo sentido que Pérez y Pérez Martínez (2006) lo conceptualizan como “el valor en términos monetarios de un producto o servicio por el que un consumidor estaría dispuesto a comprarlo”, después concluyen que, “el precio es el valor que se aplica a un bien o servicio por la utilidad percibida por el usuario y el esfuerzo que tiene que hacer, en términos de dinero, para adquirirlo”.

Hernández Marcos (2013), menciona que el precio de una mercancía indica que en ésta se encuentra materializado lo necesario para la producción u obtención de dicha mercancía. Asimismo, menciona que la formación de precios se da gracias a diferentes factores entre los que destaca el área geográfica donde se encuentre la producción ya que en ellos se refleja la distancia entre el lugar de origen y el mercado. Otros elementos que influyen en la formación de los precios son los precios de los productos sustitutos y complementarios.

Por su parte, Samuelson y Nordhaus (2010), señalan que los precios coordinan la toma de decisiones de productores y consumidores en el mercado. La apreciación que tienen los consumidores del valor del producto, define el nivel de precios de este, por ello se fijan precios en función del valor y en función del costo, tomando en cuenta el valor percibido por los compradores haciendo una combinación de calidad y buen servicio a un precio justo.

2.1.1 Precios agrícolas

De acuerdo con Rodríguez Barrio, (1994) tomado de Hernández Marcos, (2013) considera que los precios orientan a los agentes económicos antes de que éstos tomen decisiones de compra o venta, señalando que son uno de los componentes más importantes en el análisis económico haciendo énfasis en la economía agrícola, resaltando que los precios no son, sino lo que los consumidores pagan por adquirir un producto o recibir un servicio.

Bajo esta idea, los precios guían a los productores agropecuarios a decidir qué productos y en qué cantidades deben de sembrar, y estos a su vez responden a alzas o bajas en los precios de los productos agrícolas, a través de incrementar o disminuir su producción hacia otros productos que tengan mayor demanda entre los consumidores, pero a su vez los precios son influenciados por las elecciones de producción de los agricultores (Hernández Marcos, 2013).

Friedman, (1990) menciona que los precios de los productos agrícolas son importantes desde el punto de vista de los agentes político-económicos ya que intervienen de manera importante en el nivel de ingreso del agricultor, el bienestar de los consumidores y los ingresos que se generan a nivel macroeconómico gracias a los grandes volúmenes de exportación que estos generan. La transformación de tales precios agrícolas se ve sujeta a elementos de incertidumbre de diversos tipos, en los que se incluyen cambios en el crecimiento de la demanda, así como los cambios climáticos por los que atraviesa el planeta, otros son factores a corto plazo que van de la mano con los volúmenes de producción agrícola y las acciones gubernamentales que en muchas ocasiones ayudan a generar mayores niveles de incertidumbre hacia el productor (Martínez Gómez y García Álvarez-Coque, 2010).

Para Hernández Marcos, (2013), los precios de los productos agrícolas tienen la característica de tener grandes fluctuaciones a lo largo del año, esto se origina principalmente por la estacionalidad de la producción así como a variaciones que se presentan en el medio ambiente. Por lo que cuando en un periodo se registran precios altos, los productores deciden elevar la superficie sembrada, lo que origina que se incremente la producción y la oferta, mientras que cuando los precios disminuyen, la superficie sembrada también será menor.

Al igual que la producción, hay menor oferta y los precios oscilan a elevarse y así sucesivamente se presenta el fenómeno.

A su vez, Caldentey y Gómez (1993) indican que los precios de los productos agropecuarios se caracterizan por sus fluctuaciones de un ciclo a otro debido a sus variaciones en la producción que se dan principalmente a causas climatológicas, así mismo el autor menciona que entre las causas de la variación de precios en la agricultura se pueden incluir los cambios en el comercio exterior (importaciones y exportaciones de un producto).

Habitualmente se ha creído que las fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas responden exclusivamente a los comportamientos de la oferta y la demanda, sin embargo, estas variaciones se dan gracias a la interacción de una amplia gama de factores de los cuales unos responden a la producción y otros al comportamiento del mercado (Hernández Marcos 2013).

Caldentey y Gómez (1993), hacen énfasis en tres factores determinantes que afectan las tendencias de los precios agrícolas a nivel internacional: 1) las tendencias de los países (la tendencia de la oferta y la demanda interna); 2) las tendencias seculares a largo plazo de los precios internacionales; y 3) la presencia de las exportaciones subsidiadas. A esto se le suman las decisiones tomadas por los gobiernos en cuando a sus políticas económicas, macroeconómicas y de comercio exterior.

En cuanto a la formación de precios agrícolas, estos dependen de varios factores entre las que destacan las condiciones de oferta y demanda. Por una parte, la oferta depende de la cantidad que se dispone de un producto, así como de las necesidades de dinero en efectivo que tengan los productores, es decir, que cuanto más necesiten en el periodo de cosechas, más dispuestos estarán a aceptar precios menores. Por el contrario, si deciden almacenar la producción en vez de venderla, de inmediato subirán los precios en el mercado debido a la escasez del producto. En cuanto a la demanda esta se forma en los consumidores finales y está influenciada por la calidad y el precio del producto, de manera que se consumirá más de un producto cuando el precio de éste sea más bajo haciendo esto en función del ingreso, por lo que estarían dispuestos

a pagar más si se presentan mejores calidades en los bienes o servicios adquiridos (Hernández Marcos, 2013).

2.1.2 Precios al productor

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI, 2014a), define el precio al productor como “la cantidad de dinero total percibida por el productor por parte del comprador, por cada unidad de un bien o servicio ofrecido como producción”, es decir, este precio se puede interpretar como el precio que establece el productor hacia la primera parte compradora del bien o servicio ofrecido. Por lo tanto el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP) es una recopilación de índices de precios cuya finalidad es proporcionar mediciones acerca de la variación de los precios de una canasta fija representativa de la producción nacional y cuya elaboración se basa en la teoría económica de la producción ante esto, su principal uso se encamina a medir el comportamiento de los precios en la esfera de la producción y su impacto como indicador de la inflación de costos, en otras palabras su finalidad principal es medir la inflación por el lado de la oferta; lo que difiere con la medición del índice de precios al consumidor que la mide por el lado de la demanda.

2.1.3 Precios al consumidor

Mientras que el precio al productor es la cantidad monetaria que se recibe por la venta de un bien o servicio, el precio al consumidor es la cantidad total que un individuo paga a cambio de un bien o servicio. Por su parte el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPP) es un indicador económico que calcula a lo largo del tiempo la fluctuación promedio de los precios de una canasta básica de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares en el país. Estas fluctuaciones tienen una relación directa con el poder adquisitivo de los consumidores es por eso que dicho índice se ha fijado como uno de los indicadores de desempeño económico del país ya que su evolución a lo largo del tiempo permite contar con una medida exacta de la inflación general en el país. Como ya se mencionó, la diferencia entre el índice de precios al productor y el índice de precios al consumidor es que el primero se basa en la teoría económica de la producción y el segundo encuentra fundamentos en la teoría económica del comportamiento del consumidor (INEGI, 2014b).

2.1.4 Precios nominales y reales

Todas las medidas económicas pueden ser reflejadas ya sea en términos nominales o en términos reales sin embargo existen diferencias entre estos dos conceptos ya que por un lado el precio nominal se expresa en valores actuales, es decir, toma en cuenta los precios que se encuentran al momento del estudio por lo que en este está implícita la inflación o pérdida de capacidad de compra de la moneda. Por el contrario, cuando se expresan en términos reales se refiere a precios del año base, es decir, se establece un año determinado como referencia y se toman los precios del año base de los productos en cuestión para de esta manera excluir los efectos de la inflación.

En términos de pronósticos para la producción agrícola han sido utilizados tanto precios al productor, como precios al consumidor y en algunas ocasiones nivel de producción, como ya se ha mencionado se carece de información de precios al productor de amplio rango, pero se tiene precios al consumidor con frecuencia diaria y durante un período amplio.

2.2 Evidencias sobre pronósticos de precios

2.2.1 Evidencias internacionales

Los pronósticos se han empleado en diversas áreas y por diversos agentes económicos ya que a menudo se enfrentan a la toma de decisiones y por lo general, un consumidor racional se basa en información del comportamiento de la economía siendo el nivel general de precios la variable principal de la actividad económica es por eso que cada individuo quiera conocer su comportamiento pasado, presente y futuro y con base a esto hacer una mejor toma de decisiones. En el rubro agropecuario son importantes ya que se utilizan en actividades productivas en el caso de estas para hacer elecciones sobre qué producir, elegir el tipo de bien a producir, dónde y de qué manera realizar la producción, ante esto se han empleado diferentes modelos económicos para la realización de pronósticos con diversos enfoques que permitan predecir principalmente las tendencias y comportamientos de los rendimientos de algunos productos básicos.

A continuación se muestran de forma sintetizada estudios hechos a nivel internacional en los que se empleó el modelo autorregresivo integrado de promedios móviles (ARIMA), de manera

general se explica la metodología que cada autor utilizó, así como los resultados encontrados en cada caso. Todo esto con la finalidad de ver un panorama más amplio de los alcances que puede tener la utilización de este método.

Para predecir el comportamiento estacional de los precios internacionales del azúcar a 12 meses del año 2011, Alonso y Arcila (2013) emplearon para Colombia modelos ARIMA y SARIMA para la serie filtrada (series estacionarias) y un modelo SARIMA para la serie sin filtrar, utilizando datos de una muestra mensual que abarcó el periodo enero de 1989 a diciembre de 2010, resultando como mejor modelo para las series estacionarias tanto para el azúcar crudo como para el azúcar refinada un modelo ARIMA (10,0,2); un modelo SARIMA (9,0,2) (0,0,1) para el caso del azúcar crudo, y para el caso del azúcar refinada el mejor modelo que se estimó fue SARIMA (2,0,2) (3,0,0); en lo que corresponde a las series sin filtrar los mejores modelos encontrados son: para el azúcar crudo SARIMA (4,1, 2) (2,0,1) y para el caso del azúcar refinada SARIMA (1,1,1) (2,0,0), concluyeron que se tienen mejores resultados para ambos mercados utilizando los modelos de las series filtradas.

Un estudio más en el que se aplicó un modelo ARIMA con la metodología de Box-Jenkins, fue realizado por De la Fuente Mella *et al.*, (2018) para el análisis de la serie de precios del trigo en Chile y su cointegración con las series de precios de productos derivados, construyendo un modelo econométrico estimativo del precio del trigo en el cual se incluye la estacionalidad que el mercado de este producto y sus derivados posee en los meses de noviembre, diciembre y enero, utilizando datos de enero de 1990 hasta enero de 2007, se obtuvo un ajuste al modelo ARIMA (2,1,1), los autores concluyeron que la cointegración entre el precio del trigo y sus productos derivados (harina, pan y tallarines) comprobaban que durante los meses de noviembre a enero, el precio del trigo alcanzaba sus valores máximos cada año debido a los escasos del producto en dicha fecha, respecto a la cointegración entre los derivados del trigo se comprueba que los precios de los productos se comportaban de manera similar al precio de este.

Laurente Blanco y Laurente Quiñonez (2019) emplearon para Perú el modelo ARIMA y SARIMA, utilizando la metodología de Box- Jenkins, para la proyección de la producción de papa en Puno, se consideraron datos mensuales de la producción de papa entre los años 2007 a

2017, ajustándose el modelo SARIMA (1,1,2) (1,0,1) siendo el más apropiado para capturar el comportamiento y la proyección de la producción de papa para proyección de doce meses, concluyendo que puede ser utilizada para decisiones de política en el sector agropecuario.

Kibona y Mbago (2018) pronosticaron los precios al por mayor del maíz para 2018 utilizando los modelos autorregresivos integrados y de medias móviles con datos mensuales obtenidos del banco de Tanzania del periodo de febrero de 2004 a agosto de 2017, ya que los productores carecen de información fundamental sobre los periodos en que los precios de sus cosechas son más altos, el estudio empírico encontró un modelo ARIMA (3,1,1) como el mejor modelo para pronosticar el precio al por mayor de maíz basado en el criterio de información mínimo de Akaike.

2.2.2 Evidencias para México

En México existen investigaciones realizadas por diferentes analistas en las que se han utilizado este tipo de métodos en los que incluyen los modelos ARIMA, para realizar pronósticos de los precios de diferentes productos agrícolas y así conocer el comportamiento futuro de estas variables, usando esto como una posible forma de planificar la toma de decisiones de los productores.

Por ejemplo, en Baja California Sánchez *et al.*, (2013) aplicaron el modelo de serie de tiempo univariado tipo ARIMA, utilizando la metodología de Box y Jenkins, para pronosticar la serie del comportamiento mensual de la producción de leche bovina, usaron datos de producción diaria correspondiente al periodo enero del 2000 a octubre del 2009, proponiendo dos modelos de ajuste: ARMA (1,1) y ARMA (2,2) posteriormente se realizó un análisis de coeficientes y estadísticos, encontrándose que el modelo ARMA (1,1) presenta mejores resultados de predicción, concluyen que aun cuando la serie en estudio presenta gran variabilidad la aplicación de esta metodología les permitió pronosticar la producción lechera a corto plazo.

Otro estudio en el que Ruíz- Ramírez *et al.*, (2011) utilizaron el modelo ARIMA en seis municipios del estado de Veracruz aplicando la metodología de Box-Jenkins, para generar un modelo de series de tiempo y pronosticar la zafra 2006-2007, se empleó una base de datos de la

zafra del Ingenio Independencia que incluyó las variables: tiempo y producción incluyendo 57 datos que correspondieron del periodo de 1949-1950 a 2005-2006, obteniendo un mejor ajuste al modelo ARIMA de orden (1, 2, 0) concluyendo que la producción del ingenio Independencia disminuye año tras año lo cual se debe a la baja producción mundial y nacional de la caña de azúcar.

Ceballos Pérez y Pire (2018) utilizaron la metodología Box-Jenkins con el modelo ARIMA, con la finalidad de ajustar el comportamiento de la serie de tiempo de los precios internacionales de arroz, obteniendo y aplicando el modelo econométrico ARIMA (1,0,1), se usaron datos mensuales del periodo junio de 2002 a noviembre de 2012 para después realizar estimaciones durante un periodo de 16 meses y obtener pronósticos confiables, concluyeron que el precio del arroz para los años pronosticados tienden al alza pero con poca variación, asimismo que el modelo es un buen predictor y refleja de forma aceptable el proceso estocástico ya que indica que a medida que se eleva el precio del arroz existe un factor que predomina en la producción, el crecimiento de la población.

Por su parte, un estudio utilizando la misma fuente de datos que el del presente estudio fue el de Marroquín Martínez y Chalita (2011) quienes utilizaron un modelo ARIMA que se ajusta al comportamiento de la serie de tiempo de precios del jitomate bola, se usaron datos mensuales por la venta de mayoreo del periodo enero 1998 a noviembre 2008 obtenidos del SNIIM, concluyendo que se ajusta a un modelo ARIMA (23,0,1) y se usó para realizar los pronósticos para 12 meses, los cuales van de diciembre de 2008 a noviembre de 2009.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE SERIES DE TIEMPO

3.1 Series de tiempo

La metodología de series de tiempo posee una fundamentación matemática que está enlazada con el estudio estadístico y con sus procesos. Actualmente este tipo de análisis es de gran importancia en el campo económico debido a que por medio de las series de tiempo se puede recaudar información de variables a través del tiempo disminuyendo la incertidumbre de su comportamiento en el tiempo facilitando la toma de decisiones de los diferentes agentes económicos (Vázquez, 2012).

Para Hernández y Herrador Morales (2000), “una serie de tiempo es una sucesión de observaciones de cierto fenómeno o experimento en distintos momentos del tiempo y a intervalos iguales, que también se conoce como serie cronológica o histórica. Así pues, los datos de las series de tiempo recogen la evolución de la variable a lo largo del tiempo”.

El estudio de las series de tiempo pretende elaborar modelos estadísticos para poder explicar la estructura y predecir la evolución que se analiza a lo largo del tiempo. Una de las características que se espera que tengan las series de tiempo es que sean estocásticas, es decir, que su comportamiento en el futuro este determinado en base a su pasado. Marce Vázquez (2012) señala que el estudio de las series de tiempo tiene entre otros objetivos, por un lado conocer el comportamiento en el pasado de la variable y realizar análisis comparativos de unas series con otras y de lugares y tiempos destinos; por el otro lado predecir el valor de dicha variable a partir de información de los valores reales del pasado para determinar su comportamiento en el futuro.

Un método para el análisis de series de tiempo es el procedimiento de descomposición, en el que cada componente de la serie se estudia por separado. Las proyecciones de cada componente se pueden utilizar para la elaboración de pronósticos de valores futuros de cada serie de tiempo.

Para entender mejor este método se debe comprender los componentes de una serie de tiempo, que para Hernández, Pedraza y Díaz (2008) son las siguientes:

- Componente de tendencia: representa el crecimiento o declinación de los movimientos de largo plazo en una serie de tiempo.
- Componente estacional: este se presenta cuando la serie tiene patrones estacionales, es decir; cuando se presentan cambios más o menos estables que por lo general se presentan anualmente y se repiten con periodicidad.
- Componente aleatorio: representa los cambios que sufre la serie originados por factores externos no controlables.
- Componente cíclico: se presenta en series que son afectadas por fenómenos físicos o económicos que ocurren con una periodicidad variable.

El manejo de las series de tiempo, es de suma importancia en la planeación y en las áreas donde se evalúen los efectos de una política basada sobre una variable en la que se busca conocer predicciones sobre sus valores futuros y que aporte criterios que reduzcan el riesgo en la toma de decisiones o en la implementación de políticas futuras. En este contexto predecir significa pronosticar valores futuros de una variable aleatoria basándose solo en el estudio de observaciones pasadas suponiendo que la estructura del pasado permanezca en el futuro.

3.1.1 Estacionariedad y raíz unitaria

De acuerdo con Gujarati y Porter (2010), una serie de tiempo se puede originar mediante un proceso estocástico o aleatorio que es un conjunto de estimaciones de algún o cualquier fenómeno en el tiempo. Entendiendo como proceso estocástico lo que Ríos (2008) define como “una sucesión de datos o valores que no presentan cambios en la media” así, las series de tiempo se explican como un caso característico de los procesos estocásticos. Las series temporales pueden ser estacionarias y no estacionarias, la primera se presenta cuando es estable a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y la varianza permanecen constantes a lo largo del periodo mientras que las series no estacionarias son series en las que la tendencia o variabilidad muestran

cambios durante el tiempo, dichos cambios determinan una tendencia a crecer o decrecer a largo plazo por lo que sus valores no se mantienen constantes.

La importancia de tener una serie de tiempo estacionaria radica en que si una de éstas no presenta estacionariedad solo se podrá analizar su comportamiento durante el periodo en consideración por lo tanto cada dato que pertenezca a la serie de tiempo corresponderá a un caso en particular y no será posible generalizar para otros periodos. Para fines de pronósticos las series de tiempo no estacionarias generan poco valor predictivo. Así, en el análisis de series de tiempo, el objetivo es utilizar la teoría de procesos estocásticos con el fin de establecer el mejor proceso que sea capaz de realizar la serie temporal con el fin de caracterizar el comportamiento de la serie y posteriormente predecir valores en el futuro. Es necesario que los procesos estocásticos que generan las series de tiempo muestren un comportamiento estable a lo largo del tiempo (sean estacionarios). Si por el contrario, en cada periodo de tiempo presentan un comportamiento diferente e inestable, no se pueden utilizar para realizar predicciones (son no estacionarios). Representaciones importantes de los procesos estocásticos y series de tiempo son el proceso de ruido blanco y caminata aleatoria, particularmente la primera corresponde a un proceso estacionario y la segunda a un proceso no estacionario.

González (2004), indica que el proceso estocástico más sencillo es el que se denomina “ruido blanco”, que no es más que una secuencia de variables aleatorias de media cero, varianza constante y covarianzas nulas. Este tipo de procesos es muy útil en el estudio de series de tiempo ya que marca las bases para la construcción de modelos de predicción que más adelante se explicarán. En el caso de la caminata aleatoria la idea fundamental es que el valor del mañana de una serie temporal es el valor actual más un cambio impredecible, principalmente este término se refiere a series de tiempo que no muestran tendencia ni estacionariedad (Castaño Vélez y Almanza, 2012).

La forma más general de localizar una serie de tiempo no estacionaria, como se ya se ha dicho previamente, es cuando su media no es constante a lo largo del tiempo por lo que puede presentar tendencias crecientes y decrecientes. Sin embargo, la presencia de no estacionariedad puede solucionarse diferenciando una o más veces la serie de tiempo hasta obtener una serie

estacionaria, si se diferencia solo una vez la serie resultante se conoce como serie en primeras diferencias.¹

Existen pruebas para conocer si una serie de tiempo es estacionaria o no estacionaria, conocidas como pruebas de raíz unitaria, considérese un modelo como: $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$ con $-1 \leq \rho \leq 1$ en donde Y_t es la serie de tiempo y u_t es un término de error de ruido blanco, si $\rho=1$, la serie de tiempo se convierte en un modelo de caminata aleatoria sin deriva. Si ρ es en efecto 1, tenemos lo que se conoce como problema de raíz unitaria y por lo tanto se presenta una situación de no estacionaria o lo que se conoce como proceso estocástico no estacionario. Sin embargo si $\rho < 1$, es decir si el valor absoluto de ρ es menor que 1, se puede probar que la serie de tiempo es estacionaria (Gujarati y Porter, 2010).²

Existen diversas pruebas de raíz unitaria para examinar la existencia de éstas, entre las que destacan las más usuales: Dickey-Fuller (DF), Dickey-Fuller Aumentada (ADF), Phillips-Perron (PP), Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS), entre otras. Sin embargo para efectos de esta investigación solo se tomar en cuenta la prueba Dickey-Fuller Aumentada y se dejaron de lado las otras pruebas.

La prueba DF en vez de estimar $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$ calcula el siguiente modelo: $\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$ donde $\delta = (\rho - 1)$ y Δ es el operador de primeras diferencias y en el que se establece dos hipótesis para comprobar la presencia de raíces unitarias, por un lado señala la hipótesis nula que si $H_0: \delta = 0$ entonces $\rho = 1$ por lo tanto existe una raíz unitaria esto quiere decir que la serie de tiempo es no estacionaria o tiene tendencia estocástica, mientras que la hipótesis alternativa indica $H_1: \delta < 0$, o bien $\rho < 1$ lo que indicaría que la serie de tiempo es estacionaria. La prueba DF en principio establece que el término de error de ruido blanco no está correlacionado, sin embargo estos autores elaboraron otra prueba para analizar la serie de tiempo

¹ Cuando la serie de tiempo utilizada no recibe ningún proceso se le denomina “serie en nivel”, cuando la serie de tiempo pasa por un proceso o método de diferenciación que consiste en restar los valores de las observaciones uno de otro en un cierto orden hasta tener una serie estacionaria, donde la nueva serie está formada por la serie original, se le denomina “serie en primeras diferencias”.

² Ante el contexto de series de tiempo, los términos estacionaria y raíz unitaria son antónimos.

en donde el error sí este correlacionado, la cual se conoce como prueba Dickey-Fuller Aumentada, esta prueba consiste en aumentar los valores de la variable dependiente. En general un supuesto importante en el que se basa la prueba DF es que los términos de error de ruido blanco estén independientemente distribuidos, entonces lo que hace la prueba ADF es ajustar la prueba DF para prevenir una posible correlación serial en los términos de error al agregar los términos de diferencia rezagados.

3.2 Modelo ARIMA

Se ha mencionado en apartados anteriores la importancia que tienen los pronósticos para el análisis económico y la significancia que tiene realizarlos para conocer el comportamiento de algunas variables económicas. De manera general se conocen cinco métodos para la elaboración de los pronósticos económicos basados en series de tiempo los cuales son: métodos de suavizamiento exponencial, modelos de regresión uniecuacionales, modelos de regresión de ecuaciones simultaneas, modelos autorregresivos integrados de promedios móviles (ARIMA) y métodos de vectores autorregresivos (VAR). Sin embargo para efectos de este análisis solo se utilizarán los modelos ARIMA o también conocidos como metodología Box-Jenkins ya que una de las ventajas de utilizar este modelo es que no requieren de más variables, ni de otros métodos y sus resultados son eficientes y poseen mayor poder explicativo.

3.2.1 Proceso autorregresivo (AR)

En general se dice que Y_t sigue un proceso autorregresivo de primer orden o AR (1) ya que el valor de Y en el tiempo t depende de su valor en el periodo anterior y de un término aleatorio, el termino autorregresivo es apropiado debido a que también se puede interpretar como la regresión de Y_t sobre si misma con un rezago de un periodo o bien se puede decir que el valor del pronóstico de Y en el periodo t solo es una proporción de su valor en el periodo (t-1) más un choque o perturbación aleatoria en el tiempo.

Según Hanke y Wichern (2006) un modelo autorregresivo de cualquier orden se denota de la siguiente manera.

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \mathcal{E}_t \quad (1)$$

Donde:

Y_t = Variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo t .

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = Variable de respuesta en los retrasos $t-1, t-2, \dots, t-p$. respectivamente, estas Y desempeñan la función de variables independientes, en términos prácticos serían la serie de tiempo, es decir, el precio de cualquiera hortaliza en el tiempo.

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = Coeficientes a estimar.

ε_t = Término de error en el tiempo t .

3.2.2 Proceso de medias móviles (MA)

En los modelos de medias móviles, el proceso se representa como la suma ponderada de los errores actuales y pasados, es decir, Y en el periodo t sería igual a un término que no varía en el tiempo es decir, permanece constante, más un promedio móvil de los términos de error tanto presentes como pasados.

Según Hanke y Wichern (2006), un modelo de promedio móvil de orden q adopta la forma siguiente:

$$Y_t = \mu - \varepsilon_{t-1} - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

Donde:

Y_t = Variable de respuesta (dependiente) en el tiempo t .

μ = Valor promedio que permanece constante en el proceso (intercepto).

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ = Coeficientes a estimar de los términos de error.

ε_t = Término de error en el tiempo t que representa los efectos de las variables que no explica el modelo.

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ = Errores en periodos anteriores al tiempo t .

3.2.3 Proceso autorregresivo y de medias móviles (ARMA)

También son conocidos como modelos mixtos ya que son una combinación de los dos modelos anteriores (AR) y (MA) ya que tienen características de ambas y resultan de incluir una estructura de promedios móviles a un proceso autorregresivo o viceversa, Hanke y Wichern (2006) denota este proceso como:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \varepsilon_{t-1} - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

3.2.4 Proceso autorregresivo integrado y de promedios móviles (ARIMA)

Las series de tiempo que se encuentra en la práctica, con frecuencia son no estacionarias, ya que por lo general sus propiedades estadísticas presentan varianza no constante, tendencia o porque están influenciadas por la estacionalidad, sin embargo muchas de estas series de tiempo pueden convertirse en series estacionarias, como ya se ha mencionado, mediante la aplicación de transformaciones sobre los datos de series de tiempo o aplicando diferenciaciones sobre la misma, entonces, si se debe diferenciar una serie de tiempo d veces para que se convierta en estacionaria y luego aplicarle el modelo ARMA se convierte en un modelo ARIMA, es decir, un Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA (p,d,q) por sus siglas en inglés) en la que p señala el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe diferenciarse para que se pueda convertir en estacionaria y q el número de términos de promedios móviles. Así, los modelos ARIMA son conjugación de los modelos previamente señalados, en modelos AR y modelos MA, más la incorporación de su orden de integración. De acuerdo con Hanke y Wichern (2006), un modelo ARIMA puede expresarse en términos generales como:

$$\Delta Y_t = \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t - \omega_t \varepsilon_{t-1} \quad (4)$$

Donde

Δ = Denota las diferencias de la serie.

La metodología de ARIMA o Box-Jenkins se basa para su estimación práctica en cuatro pasos:

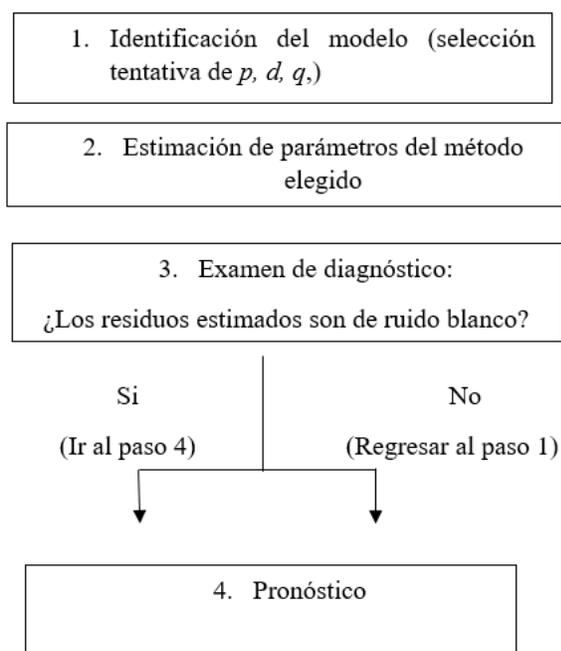
Paso 1. Identificación: en este paso solo se trata de encontrar los valores adecuados de los términos p,d,q .

Paso 2. Estimación: una vez identificados los valores apropiados de p y q lo siguiente es estimar los parámetros de los términos autorregresivos y de promedios móviles que se incluyen en el modelo.

Paso 3. Examen de diagnóstico: luego de elegir el modelo ARIMA particular y de estimar sus parámetros, se debe asegurar si el modelo que se seleccionó es adecuado para poder utilizarse posteriormente.

Paso 4. Pronostico: después de que se haya seleccionado el modelo correcto, se pueden realizar los pronósticos para uno o varios periodos en el tiempo. Una razón que se da en base a la construcción de modelos ARIMA es su éxito para poder realizar pronósticos ya que los pronósticos que se obtienen de estos son más confiables que los que se consiguen con otro tipo de modelos econométricos tradicionales.

Figura 1. Diagrama para la aplicación del método ARIMA



Fuente: Gujarati y Porter (2010).

3.2.5 Proceso estacional autorregresivo integrado y de promedios móviles (SARIMA)

De acuerdo con Hanke y Wichern (2006) una serie de tiempo presenta estacionalidad cuando los datos que integran esta serie muestran un comportamiento cíclico o periódico, es decir, se repite un mismo patrón de comportamiento en un periodo de tiempo y en fechas específicas del calendario, la estacionalidad se puede presentar de manera semanal, mensual y anual. Particularmente, por su naturaleza los precios agrícolas presentan cierta estacionalidad, por lo

tanto, los precios al consumidor de los precios de las hortalizas pueden presentar esta característica.

Para los modelos que presentan estacionalidad se utiliza la misma técnica de construcción de modelos que se emplean para los no estacionales (los ARIMA) los cuales son: identificación del modelo, estimación de parámetros, examen de diagnósticos y finalmente la elaboración de pronósticos. A este tipo de modelos con estacionalidad se les conoce como Modelo Estacional Autorregresivo Integrado de Media Móvil (SARIMA por sus siglas en inglés) y se denotan como SARIMA (p,d,q)x(P,D,Q)

De acuerdo con Hanke y Wichern (2006) se puede expresar de manera general un modelo SARIMA como:

$$(B)\psi(B^S)(1 - B)^s(1 - B^S)Y_t = \mu + \theta(B)\varphi(B^S)\varepsilon_t \quad (5)$$

Donde:

S = representa la estacionalidad.

$\psi(B^S)$ =corresponde a la parte estacional del componente AR del modelo ARIMA.

$\varphi(B^S)$ = representa la parte estacional del componente MA del modelo ARIMA.

3.3 Descripción de los datos recopilados

En el ámbito económico, los pronósticos han tomado gran relevancia ya que se están utilizando como un instrumento necesario para la planeación de políticas económicas, inversión, de ahorro y de consumo para diferentes agentes económicos ya que los pronósticos permiten prever situaciones de riesgo (Flores Castillo, 2017).

Como ya se ha mencionado, una de las características distintivas de los productos agropecuarios es la gran variabilidad en sus precios. Ante esto, una manera de planificar racionalmente la toma de decisiones es mediante la elaboración de pronósticos que permitan conocer el comportamiento en el futuro de diversas variables económicas (Marroquín Martínez y Chalita, 2011).

En este estudio se utilizaron datos diarios de los precios nominales por la venta al mayoreo del brócoli, lechuga romana y cebolla bola de primera calidad en un periodo que abarca de enero de 2000 al 26 de abril de 2019. Los datos se obtuvieron del SNIIM, servicio de la Secretaría de Economía que tiene el propósito de ofrecer información sobre el comportamiento de los precios al por mayor de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros que se comercializan en los mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, los precios que se encuentran en ese sistema varían de acuerdo a la presentación y volumen en la que se exhiben, por lo que fue necesario un proceso para homogeneizar los productos, los precios y los días reportados, así la presentación que se consideró fue la de kilogramo ya que es la unidad más frecuente a la hora de la comercialización (venta al consumidor final), se consideró el precio frecuente reportado y precios diarios de lunes a viernes. Cabe señalar que los precios reportados por el SNIIM se encuentran en valores nominales por lo que se tuvieron que deflactar para que estos se convirtieran en valores reales, para esto se tuvieron que utilizar los valores mensuales del INPC de cada uno de los productos ya conocidos, tomados éstos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.³

A partir de la información recolectada se procedió a elaborar una base de datos y posteriormente por medio de diferentes técnicas y métodos para la proyección de precios, se ajustaron diversos modelos que describieron los datos analizados. Para la elaboración de los distintos modelos se utilizó en paquete estadístico R.

Una vez organizadas y ajustadas las bases de datos se obtuvieron una serie de datos homogeneizados las cuales se resumen en el Cuadro 1. En primer lugar se muestra el total de semanas que se emplearon para la cebolla, el brócoli y la lechuga para la realización de la serie en el periodo analizado y por ende conociendo la cantidad de semanas, se puede percibir el total de días que se incluyeron en este periodo. Como se puede apreciar el producto que contó con menos datos fue la cebolla mientras que el que obtuvo mayores días fue la lechuga. Por otra parte, también se puede observar los rangos de los precios nominales y reales de los tres productos en los que se puede apreciar que el precio mínimo registrado corresponde al precio

³ Para la cebolla se usó el INPC de “cebolla”, para la lechuga el INPC de “lechuga y col” y para el caso del brócoli se usó el genérico de “otras verduras”, todas con año base 2010.

nominal de la cebolla el cual fue de 1 peso por kg mientras que el más elevado también corresponde al precio nominal de la cebolla ya que se tuvo un registro de 28.0 pesos por kg.

A su vez, conociendo el rango de precios que se presentaron durante el periodo analizado se puede observar el comportamiento que cada uno de estos tuvo, es decir, las variaciones que se tuvieron a lo largo del tiempo tomando en cuenta los precios mínimos registrados y los precios máximos de cada producto ya sea en términos nominales o reales. Por ejemplo, para el caso de los precios nominales, el producto que presentó mayores variaciones en cuanto a su precio fue la cebolla, ya que el mínimo fue de 1 pesos por kg para después pasar a 28 pesos, es decir presentó una variación de más de 2 mil por ciento. Con lo que respecta al precio real de los tres productos, quien mostró una mayor variación en cuanto a su precio fue el brócoli ya que su variación quedó en aproximadamente 670 por ciento entre el precio mínimo y el precio máximo.

Cuadro 1. Estadística descriptiva

	Cebolla	Brócoli	Lechuga
Días	4,523	4,770	4,901
Semanas	904	954	980
Precio nominal			
Mínimo	1.00	2.00	1.67
Máximo	28.00	25.00	20.00
Precio real			
Mínimo	3.10	3.70	3.39
Máximo	17.90	24.80	18.27

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4

PRONÓSTICO DE PRECIOS DE HORTALIZAS

En este apartado se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar los pronósticos de los precios diarios por cada uno de los tres productos, estos pronósticos se muestran tanto en términos nominales como en reales, esto para comparar las diferencias que pudieran mostrarse y apreciar de una mejor manera el comportamiento de dichos precios durante el periodo estimado. Para el caso del brócoli y lechuga, se realizó el pronóstico iniciando el 29 de abril ya que nuestra serie concluye el día 26 del mismo mes. A partir de ahí se procedió a estimar los pronósticos para los próximos 15 días, esto para comparar los precios pronosticados con los precios reportados por el SNIIM en esa misma fecha y así poder calibrar el modelo econométrico.

Para el caso de la cebolla fue necesario acortar la serie a pronosticar debido a que en nuestra fuente de obtención de información se dejaron de reportar los precios de este producto en la Central de Abastos de León Guanajuato⁴ por lo que fue indispensable ajustar la muestra con el fin de poder comparar los valores predichos con los valores reportados por el sistema, por lo que solo se realizó el pronóstico para los últimos siete días reportados por el sistema. Posteriormente se decidió pronosticar 30 días adicionales después de calibrar el modelo, solo para aquellos modelos que presentaron un buen ajuste.

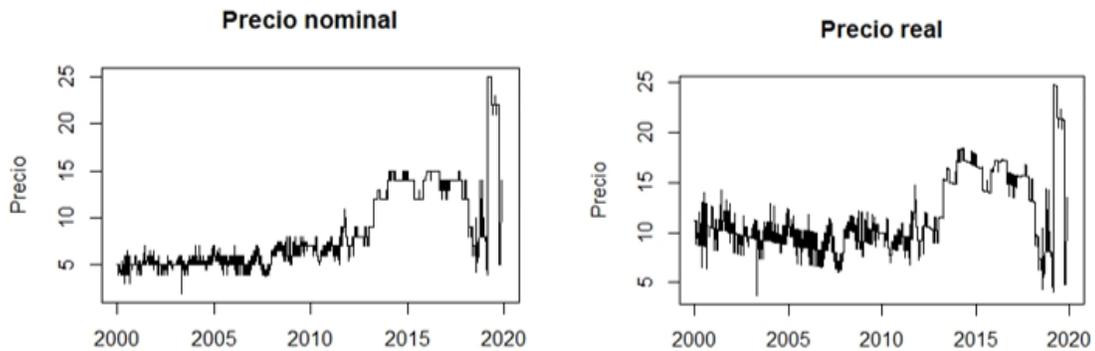
4.1 Resultados de los pronósticos de precios del brócoli

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de las series originales de los precios tanto reales como nominales del brócoli, en ambos casos se puede apreciar que su comportamiento no es estacionario, aunado al hecho de que se realizó un gráfico de descomposición de la serie esto para observar sus componentes: aleatoriedad, tendencia y estacionalidad (esto se puede observar en el Anexo A), por lo cual se procedió a aplicar la prueba de Dickey Fuller, la cual

⁴ El SNIIM dejó de reportar información de las siguientes entidades federativas San Luis Potosí, Nayarit, Guanajuato, y Tabasco; lo anterior en virtud de los ajustes en la estructura de las delegaciones federales.

puede verse en el Cuadro 2 y con esto proceder a aplicar diferenciaciones con el propósito de que las dos series se vuelvan estacionarias para poder hacer uso de ellas. También se puede observar que ambos precios presentan comportamientos similares a lo largo del tiempo.

Figura 2. Precio nominal y real del brócoli



Fuente: elaboración propia.

Como se ha mencionado se realizaron pruebas de Dickey Fuller para comprobar si la serie analizada es estacionaria o no estacionaria, entonces, como se puede observar en el Cuadro 2 en el que se muestra la prueba ADF para los precios nominales y reales del brócoli se sospecha la existencia de una raíz unitaria de acuerdo al tipo 1 de ambos precios y considerando solo tres rezagos, por lo tanto necesitamos diferenciar la serie y así transformarla en una serie estacionaria, recordemos que en este análisis es necesario incluir series de tiempo estacionarias ya que para fines de pronósticos, las series de tiempo no estacionarias tienen poco valor predictivo.

Por su parte, en el Cuadro 3 se muestran los modelos que se identificaron para realizar los pronósticos de los precios nominales y reales del brócoli. En el caso del pronóstico para el precio nominal de este producto, se encontró que el modelo con mejor ajuste predictivo, de acuerdo con la información de Akaike, fue un ARIMA (0,0,4), el cual se observa que cuenta con 0 términos autorregresivos, ningún término de integración y 4 términos de promedios móviles, por lo que es más un modelo de tipo MA. Para el caso de los precios reales se encontró que el mejor modelo fue un SARIMA (1,0,2)(0,0,1). Los modelos anteriores se representan de manera

más explícita en el Cuadro 3 en el que se puede apreciar algunas otras de sus características estadísticas.

Cuadro 2. Prueba ADF para los precios del brócoli

Precio real				Precio nominal		
Rezago	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
0	-2.17	-7.43*	-8.91*	-2.06**	-4.95*	-7.92*
1	-1.74***	-6.04*	-7.27*	-1.68***	-4.2*	-6.76*
2	-1.47	-5.22*	-6.29*	-1.39	-3.64*	-5.9*
3	-1.47	-5.2*	-6.28*	-1.47	-3.79*	-6.16*

Nota: Tipo 1 sin intercepto ni tendencia; Tipo 2 Con intercepto y sin tendencia; Tipo 3 Con intercepto y tendencia. * es estadísticamente significativo al 1%, ** es estadísticamente significativo al 5% y *** estadísticamente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Estimación de modelos ARIMA-SARIMA para el brócoli

Serie	Modelo	Coficiente	Desviación Estándar	Criterios de Información Akaike
Brócoli Nominal	ARIMA (0,0,4)	MA(1)= -0.178 MA(2)= -0.104 MA(3)= -0.087 MA(4)= -0.022	MA(1)= 0.014 MA(2)= 0.014 MA(3)= -0.015 MA(4)= -0.014	8,803.57
Brócoli Real	SARIMA (1,0,2)(0,0,1)	AR(1)= -0.475 MA(1)= -0.234 MA(2)= -0.210 SMA(1)= -0.025	AR(1)= -0.120 MA(1)= -0.118 MA(2)= -0.028 SMA(1)= -0.016	10,796.53

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 4 se exponen 15 días de los pronósticos de los precios nominales del brócoli en el cual se incluye tanto los precios reportados por el SNIIM y los precios pronosticados, es decir la Y nominal representa los datos del SNIIM en términos nominales y la Y estimada corresponde a los precios que se pronosticaron con los modelos de esos mismos días, a partir de esos datos se pudo hacer una comparación entre un término y otro y comprobar la veracidad del modelo seleccionado para realizar el pronóstico. En este caso se puede apreciar la precisión de los pronósticos ya que la diferencia entre los precios reportados y los estimados está en un promedio

de 1.79 pesos por kg, es decir, los precios pronosticados sobreestimaron a los reportados, sin embargo los valores se encuentran dentro de los intervalos inferiores y superiores.

Cuadro 4. Comparación de precios nominales del brócoli

Fecha	Y nominal	Y estimada	Y inferior	Y superior	Diferencia
Día 1	14.00	14.54	11.66	17.40	-0.54
Día 2	14.00	14.56	11.83	17.32	-0.56
Día 3	14.00	14.57	11.67	17.71	-0.57
Día 4	14.00	14.56	11.65	17.57	-0.56
Día 5	14.00	14.56	11.91	17.51	-0.56
Día 6	14.00	14.59	11.81	17.59	-0.59
Día 7	12.00	14.60	11.73	17.51	-2.60
Día 8	12.00	14.60	11.78	17.55	-2.60
Día 9	12.00	14.59	11.87	17.45	-2.59
Día 10	12.00	14.58	11.65	17.65	-2.58
Día 11	12.00	14.61	11.83	17.54	-2.61
Día 12	12.00	14.62	11.86	17.41	-2.62
Día 13	12.00	14.63	11.73	17.51	-2.63
Día 14	12.00	14.62	11.70	17.48	-2.62
Día 15	12.00	14.62	11.42	17.45	-2.62

Fuente: elaboración propia.

Con lo que respecta a los pronósticos de los precios reales de este producto, se puede observar que al igual que en el cuadro anterior, en esta ocasión los valores sobreestimaron a los precios reales ya que como se puede apreciar, la diferencia más alta registrada es de 2.33 pesos por kg y la mínima es de tan solo 0.37 centavos por kg por lo que como ya se explicó, los modelos elegidos fueron los idóneos para realizar los pronósticos de esta serie.

Cuadro 5. Comparación de precios reales del brócoli

Fecha	Y real	Y estimada	Y inferior	Y superior	Diferencia
Día 1	13.52	13.91	10.87	17.00	-0.39
Día 2	13.52	13.93	11.08	17.07	-0.41
Día 3	13.56	13.93	10.83	17.11	-0.37
Día 4	13.56	13.93	11.10	16.96	-0.37
Día 5	13.56	13.92	11.04	17.00	-0.36
Día 6	13.56	13.94	10.92	17.28	-0.37

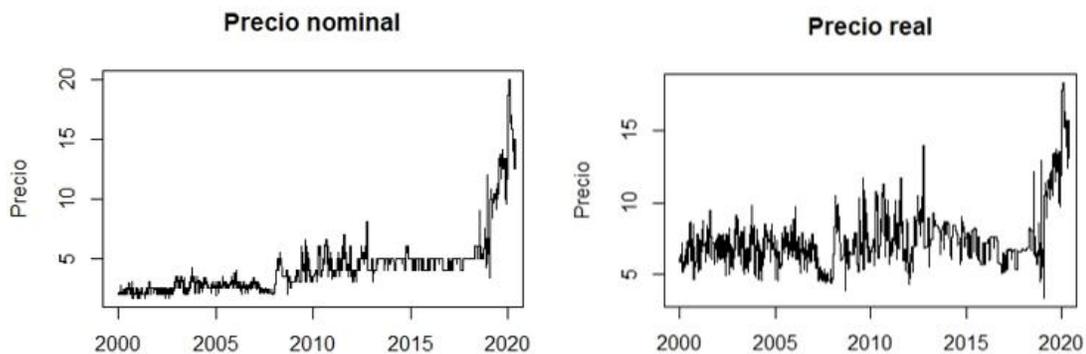
Día 7	11.62	13.94	11.07	16.96	-2.31
Día 8	11.62	13.93	11.04	17.15	-2.31
Día 9	11.62	13.92	11.05	16.97	-2.30
Día 10	11.62	13.91	10.85	16.92	-2.28
Día 11	11.62	13.93	10.72	17.04	-2.31
Día 12	11.62	13.95	10.85	17.08	-2.32
Día 13	11.62	13.95	10.99	16.97	-2.33
Día 14	11.62	13.96	11.02	17.00	-2.33
Día 15	11.6	13.95	10.99	17.16	-2.33

Fuente: elaboración propia.

4.2 Resultados de los pronósticos de precios de la lechuga

Al igual que los precios del brócoli, la Figura 3 muestra el patrón que siguen los precios de la lechuga haciendo referencia a un comportamiento no estacionario ya que a lo largo del periodo muestran variaciones no constantes, también se realizaron gráficas de descomposición para apreciar de una mejor manera sus componentes.

Figura 3. Precio nominal y real de la lechuga



Fuente: elaboración propia.

Para el caso de los precios nominales y reales de la lechuga, también se realizó una prueba ADF en la cual de acuerdo al tipo 2 y tipo 3 tanto en el precio nominal como en real son estacionarias esto en base al grado de confiabilidad de 1%, 5% y 10% respectivamente, sin embargo en el tipo 1 de ambos precios se puede percibir la existencia de una raíz unitaria.

Cuadro 6. Prueba ADF para los precios de la lechuga

Precio real				Precio nominal		
Rezago	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
0	-2.166**	-9.08*	-9.5*	-1.541	-3.73*	-5.74*
1	-1.699***	-7.5*	-8.28*	-1.068	-2.97**	-4.8*
2	-1.519	-6.92*	-7.67*	-0.944	-2.78***	-4.56*
3	-1.357	-6.42*	-7.13*	-0.799	-2.56	-4.28*

Nota: Tipo 1 sin intercepto ni tendencia; Tipo 2 con intercepto y sin tendencia; Tipo 3 con intercepto y tendencia. * es estadísticamente significativo al 1%; ** estadísticamente significativo al 5%; *** estadísticamente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 7 se presentaron los modelos que tuvieron un mejor ajuste predictivo para las series de los precios nominales y reales de la lechuga, para ambas series los modelos corresponden a modelos ARIMA, para el caso de los precios nominales se obtuvo un ARIMA (2,0,1) cuyas propiedades también se observan en el mismo cuadro. En cuanto al modelo que se encontró con mayor capacidad predictiva para el caso de los precios reales de la lechuga fue un ARIMA (2,0,2).

Cuadro 7. Modelos ARIMA para lechuga

Serie	Modelo	Coficiente	Desviación Estándar	Criterios de Información Akaike
Lechuga nominal	ARIMA (2,0,1)	AR(1)= 0.792 AR(2)= -0.101 MA(1)= -0.965	AR(1)=0.017 AR(2)=0.015 MA(1)=0.009	3,517.28
Lechuga real	ARIMA (2,0,2)	AR(1)= 1.172 AR(2)= -0.232 MA(1)= -1.387 MA(2)= 0.400	AR(1)=0.16 AR(2)= 0.101 MA(1)= 0.112 MA(2)=0.108	7,841.34

Fuente: elaboración propia.

Los valores pronosticados para la lechuga se muestran en el Cuadro 8. En este caso los pronósticos para los precios nominales subestimaron a los valores reportados en la página del SNIIM ya que los datos estimados están por debajo del precio nominal identificado, cabe aclarar

que los precios reportados no presentaron variaciones (se mantuvieron en 15 pesos) en este caso la diferencia más alta presentada fue de 2.14 pesos por kg mientras que la diferencia más baja observada fue de 1.97 pesos por kg.

Cuadro 8. Comparación de precios nominales de lechuga

Fecha	Y nominal	Y estimada	Y inferior	Y superior	Diferencia
Día 1	15.00	12.87	11.34	14.49	2.13
Día 2	15.00	12.86	11.41	14.49	2.14
Día 3	15.00	12.89	11.37	14.40	2.11
Día 4	15.00	12.90	11.38	14.43	2.10
Día 5	15.00	12.91	11.30	14.42	2.09
Día 6	15.00	12.96	11.38	14.54	2.04
Día 7	15.00	12.95	11.37	14.59	2.05
Día 8	15.00	12.98	11.37	14.48	2.02
Día 9	15.00	12.98	11.41	14.58	2.02
Día 10	15.00	12.99	11.30	14.56	2.01
Día 11	15.00	13.02	11.38	14.55	1.98
Día 12	15.00	13.01	11.49	14.59	1.99
Día 13	15.00	13.03	11.42	14.60	1.97
Día 14	15.00	13.02	11.38	14.50	1.98
Día 15	15.00	13.03	11.44	14.57	1.97

Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 9 muestra la referencia de los valores que se obtuvieron al realizar los pronósticos de los precios reales de la lechuga en el cual se puede ver que en este caso la diferencia más alta supera los 3 pesos por kg mientras que el más bajo fue de 2.6, en términos generales se puede decir que nuestros pronósticos para este caso subestimaron a los precios reales de nuestra serie original ya que están por debajo de los precios reales calculados.

Cuadro 9. Comparación de precios reales de lechuga

Fecha	Y real	Y estimada	Y inferior	Y superior	Diferencia
Día 1	15.68	12.73	10.96	14.59	2.96
Día 2	15.68	12.72	10.90	14.59	2.97
Día 3	16.20	12.75	10.91	14.56	3.45
Día 4	16.20	12.76	10.93	14.55	3.44
Día 5	16.20	12.78	10.99	14.58	3.42
Día 6	16.20	12.83	11.13	14.67	3.37

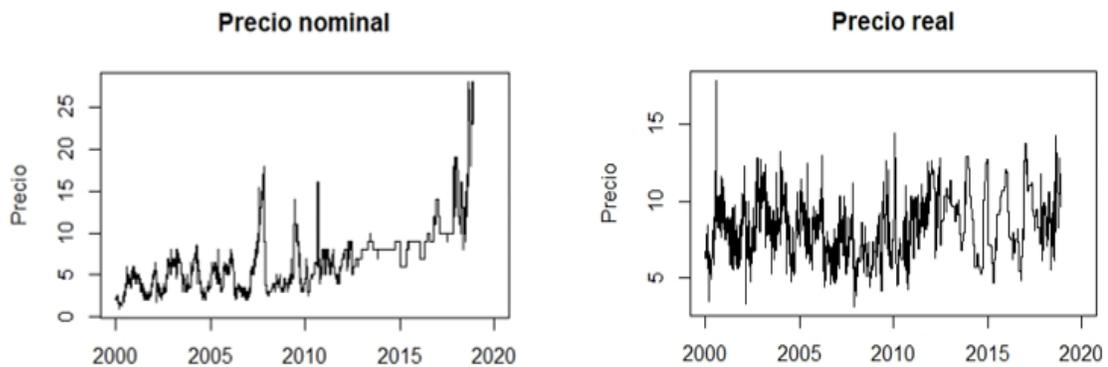
Día 7	16.20	12.82	10.92	14.61	3.38
Día 8	16.20	12.84	10.94	14.71	3.35
Día 9	16.20	12.84	10.96	14.75	3.36
Día 10	16.20	12.86	10.94	14.83	3.34
Día 11	16.20	12.88	10.90	14.75	3.32
Día 12	16.20	12.86	11.13	14.73	3.34
Día 13	16.20	12.89	11.16	14.90	3.31
Día 14	16.20	12.88	11.04	14.72	3.32
Día 15	16.2	12.89	11.13	14.68	3.31

Fuente: elaboración propia.

4.3 Resultados de los pronósticos de los precios de la cebolla

En la siguiente figura se puede ver claramente que el comportamiento de los precios de la cebolla tanto nominales como reales corresponden a una serie de tiempo no estacionaria ya que ambos precios presentan fluctuaciones más o menos estables, en términos de la diferencia entre nominal y real, ambas series no parecen seguir un mismo patrón.

Figura 4. Precio nominal y real de la cebolla



Fuente: elaboración propia.

Así como en los casos anteriores en los que se realizaron las pruebas de ADF, en el Cuadro 10 se muestran los resultados que se obtuvieron al llevar sus respectivas pruebas, en este caso se puede apreciar que de acuerdo al tipo 1, tipo 2 y tipo 3 del precio real y al tipo 2 y 3 del precio nominal, la serie es estacionaria sin embargo, tan solo con observar el tipo 1 del precio nominal existe la probabilidad de que pueda presentarse una raíz unitaria.

Cuadro 10. Pruebas ADF para los precios de la cebolla

Precio real				Precio nominal		
Rezago	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
0	-2.65*	-12.03*	-12.24*	-1.007	-3.33*	-5.23*
1	-2.18**	-10.12*	-10.31*	-0.581	-2.61***	-4.36*
2	-2.01**	-9.44*	-9.64*	-0.487	-2.45	-4.1*
3	-1.88***	-9.03*	-9.22*	-0.42	-2.35	-4.07*

Nota: Tipo 1 sin intercepto ni tendencia; Tipo 2 con intercepto y sin tendencia; Tipo 3 con intercepto y tendencia. * es estadísticamente significativo al 1%, ** estadísticamente significativo al 5%, *** estadísticamente significativo al 10%.

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la cebolla, los modelos que se encontraron para ambas series, es decir, tanto para precios nominales como reales corresponden a modelos estacionales. El modelo que se presentó con mayor ajuste predictivo para los precios nominales es un SARIMA (1, 0,1) (0, 0, 2), por otro lado el mejor modelo que se encontró para realizar los pronósticos de los precios reales corresponde a un SARIMA (2, 0,1) (1, 0,0) y los detalles de ambos resultados se pueden observar con mayor claridad en el cuadro siguiente.

Cuadro 11. Modelos ARIMA-SARIMA para la cebolla

Serie	Modelo	Coficiente	Desviación Estándar	Criterios de Información Akaike
Cebolla Nominal	SARIMA (1,0,1)(0,0,2)	AR(1)= 0.183 MA(1)= -0.298 SMA(1)= 0.051 SMA(2)= 0.033	AR(1)=0.150 MA(1)=0.146 SMA(1)=0.014 SMA(2)=0.015	7,283.91
Cebolla Real.	SARIMA (2,0,1)(1,0,0)	AR(1)= 0.750 AR(2)= 0.115 MA(1)= -0.959 SAR(1)= 0.068	AR(1)=0.026 AR(2)= 0.020 MA(1)= 0.021 SAR(1)=0.015	9,604.63

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 12 se muestran los días pronosticados de los precios nominales de la cebolla, que como ya se mencionó en líneas anteriores, para este caso solo se realizaron para siete días. En esta ocasión los valores pronosticados subestimaron a los precios nominales ya que como se

puede apreciar las diferencias van desde los cinco pesos por kg hasta los 11 pesos. Por lo que la diferencia más pequeña es de 5.64 pesos y la más alta fue de casi 12 pesos por kg.

Cuadro 12. Comparación de precios nominales de cebolla

Fecha	Y_nominal	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior	Diferencia
Día 1	28.00	17.23	14.42	20.12	10.77
Día 2	29.00	17.31	14.69	19.97	11.69
Día 3	29.00	17.32	14.60	20.11	11.68
Día 4	28.00	17.34	14.65	20.14	10.66
Día 5	28.00	17.34	14.50	20.28	10.66
Día 6	28.00	17.32	14.51	20.11	10.68
Día 7	23.00	17.36	14.51	20.09	5.64

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 13 se presentan los pronósticos para siete días de los precios nominales de la cebolla en el cual se observó que los valores obtenidos estuvieron muy por debajo de los valores reportados por el SNIIM, sin embargo, en lo que respecta a los pronósticos para el caso de los precios reales se puede ver que hubo un mejor ajuste predictivo ya que la diferencia mayor que se presentó fue de 3.45 pesos por kg mientras que la diferencia mínima fue de tan solo 0.03 centavos por kg.

Cuadro 13. Comparación de precios reales de cebolla

Fecha	Y Real	Y Estimada	Y Inferior	Y Superior	Diferencia
Día 1	12.77	9.31	7.01	11.44	3.45
Día 2	11.73	9.44	7.14	11.65	2.29
Día 3	11.73	9.50	7.12	11.80	2.23
Día 4	11.73	9.54	7.45	11.90	2.18
Día 5	11.73	9.56	7.47	11.89	2.16
Día 6	11.73	9.52	7.24	11.79	2.20
Día 7	9.63	9.60	7.27	11.84	0.03

Fuente: elaboración propia.

4.4 Predicciones para los precios de los tres productos

Una vez comprobados los modelos, se procedió a elaborar las estimaciones de los precios nominales y reales de los tres productos como se muestran en los Cuadros 14, 15 y 16 respectivamente utilizando los modelos adecuados se estimaron para 30 días los precios

nominales y reales del brócoli y la lechuga, para el caso de la cebolla solo se pronosticaron los precios reales de este producto ya que los valores que se obtuvieron no mostraron valores predictivos precisos ya que las diferencias entre los precios estimados y los reportados oscilaban en promedio alrededor de 10.25 pesos por kg por lo que este resultado sugiere que el comportamiento de la cebolla puede que no era del todo predecible. Para los otros cinco casos si se realizaron los pronósticos observando la veracidad de los modelos ajustados ya que se aprecia que los precios pronosticados siguen una tendencia estable en comparación con los precios de días anteriores reportados por el SNIIM ya que no existen diferencias entre estos dos precios que supere los 3 pesos por kg de cada producto, en los cuadros antes mencionados se puede ver de una manera más detallada el comportamiento que siguieron los precios estimados y de esta manera realizar una mejor comparación entre los valores estimados y los reportados.

Para el caso de la cebolla, se sospechó que la poca predicción del modelo pudiera deberse al no cumplimiento de la varianza constante que suponen los modelos ARIMA-SARIMA, siendo esta causa la condición de considerar que la serie de tiempo tenga que ser evaluada mediante los Modelos Autorregresivos con Heteroscedasticidad Condicional (ARCH), estos modelos pertenecen a una familia de modelos que por el contrario suponen que la varianza no es la misma en el tiempo. Debido a esto, se realizaron pruebas ARCH a las seis series, reportándose estas pruebas en el Anexo B, sin embargo de acuerdo al estadístico, se rechaza la hipótesis de heterocedasticidad en la varianza, por lo que todas las series tienen varianza constante y la causa de la poca predictividad del producto cebolla está fuera del alcance de los modelos de series de tiempo.

Cuadro 14. Precios del brócoli pronosticados a 30 días

Fecha	Precio Nominal			Precio Real		
	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior
Día 1	14.65	11.80	17.62	14.03	11.00	16.90
Día 2	14.66	11.78	17.66	14.05	10.92	16.91
Día 3	14.67	11.60	17.56	14.04	11.10	17.06
Día 4	14.69	11.68	17.59	14.07	11.03	17.31
Día 5	14.71	11.82	17.60	14.09	11.01	17.29
Día 6	14.70	11.86	17.71	14.11	10.88	17.17
Día 7	14.71	12.01	17.76	14.12	10.88	17.27
Día 8	14.74	11.84	17.52	14.21	11.07	16.99
Día 9	14.76	11.71	17.39	14.24	11.12	17.31
Día 10	14.77	11.86	17.72	14.24	11.07	17.13
Día 11	14.79	11.55	17.65	14.28	11.03	17.28
Día 12	14.81	11.95	17.89	14.31	11.43	17.28
Día 13	14.80	11.89	17.64	14.33	11.20	17.74
Día 14	14.81	11.85	17.75	14.35	11.15	17.51
Día 15	14.84	11.85	17.77	14.43	11.31	17.46
Día 16	14.85	11.98	17.82	14.46	11.61	17.48
Día 17	14.86	12.22	17.67	14.45	11.53	17.54
Día 18	14.88	11.97	17.48	14.48	11.27	17.58
Día 19	14.89	11.86	18.02	14.50	11.42	17.66
Día 20	14.89	11.80	17.89	14.51	11.53	17.47
Día 21	14.89	12.14	17.73	14.51	11.52	17.63
Día 22	14.92	11.87	17.80	14.58	11.42	17.59
Día 23	14.93	11.99	17.94	14.60	11.62	17.58
Día 24	14.94	12.24	17.94	14.57	11.83	17.62
Día 25	14.96	12.03	17.81	14.59	11.50	17.62
Día 26	14.96	12.20	18.04	14.59	11.34	17.70
Día 27	14.96	11.99	17.92	14.59	11.56	17.49
Día 28	14.96	12.26	17.67	14.58	11.71	17.66
Día 29	14.99	12.16	18.16	14.64	11.42	17.78
Día 30	14.99	12.10	17.95	14.64	11.46	17.69

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 15. Precios de la lechuga pronosticados a 30 días

Fecha	Precio Nominal			Precio Real		
	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior
Día 1	12.94	11.39	14.46	12.67	10.85	14.71
Día 2	13.02	11.45	14.66	12.53	10.61	14.46
Día 3	13.06	11.51	14.69	12.92	11.08	14.71
Día 4	13.05	11.48	14.71	12.90	11.03	14.72
Día 5	13.07	11.51	14.61	12.93	11.04	14.67
Día 6	13.07	11.42	14.61	12.93	10.98	14.77
Día 7	13.08	11.55	14.64	12.95	11.27	14.87
Día 8	13.00	11.38	14.63	12.74	11.00	14.61
Día 9	13.08	11.60	14.76	12.60	10.77	14.43
Día 10	13.13	11.56	14.73	13.00	11.16	14.85
Día 11	13.13	11.61	14.66	12.99	11.10	14.81
Día 12	13.16	11.52	14.74	13.03	11.23	14.86
Día 13	13.16	11.63	14.68	13.04	11.35	14.88
Día 14	13.18	11.68	14.85	13.07	11.31	14.91
Día 15	13.10	11.57	14.72	12.87	11.01	14.56
Día 16	13.19	11.74	14.83	12.74	10.89	14.50
Día 17	13.24	11.72	14.83	13.15	11.42	15.03
Día 18	13.25	11.64	14.79	13.15	11.38	14.94
Día 19	13.28	11.81	14.88	13.19	11.29	14.96
Día 20	13.29	11.69	14.82	13.20	11.27	15.02
Día 21	13.31	11.77	14.82	13.23	11.43	15.10
Día 22	13.23	11.78	14.77	13.03	11.24	14.89
Día 23	13.32	11.77	14.91	12.91	11.13	14.81
Día 24	13.37	11.74	14.90	13.31	11.58	15.12
Día 25	13.38	11.88	14.98	13.30	11.52	15.13
Día 26	13.41	12.01	15.02	13.34	11.50	15.35
Día 27	13.41	11.76	15.04	13.35	11.53	15.12
Día 28	13.43	11.70	14.93	13.37	11.44	15.17
Día 29	13.34	11.74	14.85	13.17	11.33	15.08
Día 30	13.43	11.86	15.08	13.03	11.18	14.91

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 16. Precios reales de la cebolla pronosticados a 30 días

Fecha	Y_estimada	Y_inferior	Y_superior
Día 1	9.79	7.19	11.91
Día 2	9.80	7.58	12.06
Día 3	9.75	7.60	12.12
Día 4	9.83	7.52	12.12
Día 5	11.20	8.89	13.52
Día 6	9.82	7.54	12.05
Día 7	9.87	7.65	12.11
Día 8	9.90	7.65	12.05
Día 9	9.92	7.66	12.08
Día 10	9.88	7.63	12.10
Día 11	9.97	7.70	12.39
Día 12	11.35	9.11	13.64
Día 13	9.98	7.61	11.96
Día 14	10.05	7.84	12.34
Día 15	10.09	7.95	12.62
Día 16	10.12	7.91	12.57
Día 17	10.10	7.89	12.37
Día 18	10.19	8.01	12.45
Día 19	11.58	9.14	14.00
Día 20	10.22	8.07	12.39
Día 21	10.28	8.10	12.49
Día 22	10.32	8.29	12.60
Día 23	10.34	8.00	12.51
Día 24	10.31	8.08	12.47
Día 25	10.39	8.27	12.67
Día 26	11.77	9.51	14.07
Día 27	10.38	8.05	12.58
Día 28	10.42	8.31	12.84
Día 29	10.44	8.16	12.62
Día 30	10.44	8.18	12.63

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad, Guanajuato se ha convertido y posicionado como uno de los estados líderes en cuanto a la producción de hortalizas y otros productos agropecuarios, gracias a esto, el Estado genera cada año cerca de 10 millones de toneladas de productos agropecuarios lo que representa un valor económico estimado de más de 40 mil millones de pesos, estos factores han hecho que la entidad se coloque en los primeros 10 lugares a nivel nacional en cuanto a la producción agropecuaria. El sector agrícola en el Estado tiene una superficie sembrada que equivale a 969 mil hectáreas a las que se destinan una gran variedad de productos hortícolas principalmente, entre los que destacan, zanahoria, brócoli, lechuga y cebolla.

Ante esta situación se justifica la realización de esta investigación no solo porque el Estado ha incrementado la producción de este tipo de productos sino que esta situación está directamente relacionada con un aumento significativo en la compra y por ende en el consumo de este tipo de bienes gracias a los hábitos y preferencias de los consumidores locales. De acuerdo con lo planteado en el objetivo general se pudo demostrar que este se ha cumplido, ya que se observó la capacidad predictiva de los modelos ARIMA-SARIMA, de la misma manera los objetivos específicos de esta investigación se han logrado ya que no solo se demostró la precisión de estos modelos sino que a través de esta se pudieron realizar los pronósticos de los precios a futuro de los productos. En cuanto a la hipótesis establecida se ha demostrado que en cinco de los seis productos es posible utilizar los modelos de series de tiempo para predecir los precios futuros de dichos bienes.

Como se ha mencionado, el precio es un elemento fundamental en la economía ya que este funge como regulador de la oferta y la demanda en los mercados y dada la incertidumbre y la gran volatilidad en los precios de productos agrícolas, una forma de hacer una mejor elección en la toma de decisiones es realizar pronósticos que permitan conocer los comportamientos futuros de esta variable. Como se observó en las evidencias a nivel internacional, los modelos ARIMA-SARIMA han sido una herramienta de gran utilidad, en el caso de México no ha sido la excepción, se encontraron algunas investigaciones que también aportan resultados interesantes en materia de productos agrícolas pero se requiere de una mayor exploración.

Para este caso, de las seis series de tiempo con las que se trabajó tomando en cuenta los tres productos con sus respectivos precios nominales y reales, se obtuvieron seis modelos respectivamente de los cuales se ajustaron para el precio nominal del brócoli un ARIMA (0,0,4) y un SARIMA (1,0,2)(0,0,1) para el precio real de este mismo producto, por su parte para la lechuga se obtuvieron dos ARIMA el primero con los términos (2,0,1) y el segundo (2,0,2) que corresponden al precio nominal y real respectivamente, por otro lado con lo que concierne a la cebolla resultaron dos SARIMA los cuales para el precio nominal fue (1,0,1)(0,0,2) y para el precio real corresponden los términos (2,0,1)(1,0,0).

Con lo que respecta a la precisión de los modelos en cuanto a los pronósticos se observó que el modelo que tuvo la mejor exactitud en cuanto a los valores pronosticados fue el modelo SARIMA que corresponde al precio real del brócoli ya que en promedio la diferencia que se presentó entre los valores pronosticados y los valores presentados en el SNIIM fue de tan solo 1.53 pesos por kg a este le sigue un ARIMA que pertenece al pronóstico del precio nominal de brócoli y la diferencia en promedio que se presentó entre los precios estimados y los observados en la fuente de información principal fue de 1.79 pesos por kg. En cuanto a exactitud se refiere le siguen un modelo ARIMA que se utilizó para el pronóstico del precio nominal de la lechuga ya que la diferencia en promedio fue de 2.04 pesos por kg entre los precios pronosticados y los presentados en el SNIIM, a este le sigue un SARIMA que se empleó para la serie del precio real de la cebolla ya que en promedio la diferencia que se presentó entre los dos valores fue de 2.07 pesos por kg por su parte el mejor modelo que resultó para el pronóstico del precio real de la lechuga fue un ARIMA cuya diferencia presentada fue de 3.3 pesos por kg en promedio. Para el caso del precio de nominal de la cebolla se utilizó un SARIMA sin embargo los resultados que arrojaron en los pronósticos no fueron del todo precisos ya que en este caso se presentó mayor variabilidad de precios pues en promedio se mostró una diferencia que supera los 10 pesos por kg. Finalmente, ante la sospecha de que las series presentaran un comportamiento del tipo ARCH, se les realizó una prueba estadística, la cual no confirmó la presencia de varianzas heterocedásticas, en este sentido, todos los resultados están enmarcados en la metodología de series de tiempo y la falta de predicción en alguna de las series está fuera de esta herramienta económica.

En términos de recomendaciones, los modelos ARIMA-SARIMA son de gran utilidad ya que tienen la ventaja de realizar pronósticos de series de tiempo que se basan en sus propios valores pasados sin tener que acudir a información adicional u otras variables. Estos métodos pueden realizar ajustes muy satisfactorios para la estimación de pronósticos como ya se observó en apartados anteriores, esto se dará siempre que se siga las recomendaciones de la metodología, ya que en el caso particular de la base de datos construida (por semanas, precios diarios de lunes a viernes) las predicciones solo pueden ser de corto plazo, en este caso particular, se ofrecieron pronósticos a 30 días, el cual aún puede considerarse de corto plazo, pero pronósticos más allá de esos días pueden hacerse pero deberán ser tomados con cautela.

La aplicación de este tipo de análisis puede ser aprovechada por los diferentes agentes económicos, como productores, consumidores, e instancias gubernamentales siendo utilizadas como instrumento para mejorar la toma de decisiones bajo incertidumbre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. C., y Arcila, A. M.** (2013). Empleo del comportamiento estacional para mejorar el pronóstico de un commodity: El caso del mercado internacional del azúcar. *Estudios Gerenciales*, 29(129), 406–415. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.11.006>
- Caldentey, P. y Gómez, A.** (1993). *Economía de los mercados agrarios*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Castaño Vélez, E., y Almanza, J.** (2012). Sobre la existencia de una raíz unitaria en la serie de tiempo mensual del precio de la electricidad en Colombia. *Lecturas de Economía*, (76), 259–291.
- Ceballos Pérez, S. G., y Pire, R.** (2018). Estimación del precio internacional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el modelo ARIMA. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (11), 2083. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.776>
- De la Fuente, M., Lorca Correa, N. A., Rojas Bañados, F. A. y Rojas Fuentes,** (2008). Análisis de la serie de precios del trigo mediante la metodología de Box Jenkins, y su cointegración con las series de precios de productos derivados. *Revista de Ingeniería Industrial*, 7(1), 59-69.
- Flores Castillo, L. A.** (2017). Pronóstico del Índice Nacional de Precios al Consumidor / Forecast of the National Index of Consumer Prices. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 6(12), 60–88. <https://doi.org/10.23913/ricea.v6i12.95>
- Friedman, M.** (1990). *Teoría de los precios*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- González, P.** (2004). Análisis de series temporales: Modelos ARIMA. Obtenido de: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/12492/04-09gon.pdf;jsessionid=A712D7689BDEA4367C7C04878DBB2CFF?sequence=1>
- Gujarati, D. y Porter, J.** (2010). *Econometría*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Hanke, J. y Wichern D.W.** (2006). *Pronósticos en los negocios*, México: Prentice Hall
- Hernández, J. y Herrador Morales, M. M.** (2000). *Econometría de Series Temporales*. España: Ed.Universitas, S.A.
- Hernández, C., Pedraza, L. F., y Díaz, A. E.** (2008). Aplicaciones de las series de tiempo en modelos de tráfico para una red de datos. *Scientia et Technica*, 14(38), 31–36.
- Hernández Marcos, J. E.** (2013). Análisis del comportamiento del precio de la Naranja de Veracruz (1998-2010) (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- INEGI** (2014a). *Índice Nacional de Precios al Consumidor*, Documento Metodológico, México: INEGI.

- INEGI** (2014b). *Índice Nacional de Precios al Productor*, Documento Metodológico, México: INEGI.
- INEGI** (2019) Índices de Precios al Consumidor. Clasificación del Consumo Individual por finalidades (CCIF) (Mensual). Obtenido de: www.inegi.org.mx
- Kibona, S. E. y Mbago, M. C.** (2018). Forecasting Wholesale Prices of Maize in Tanzania Using Arima Model. *General Letters in Mathematics*, 4(3), 131–141. <https://doi.org/10.31559/glm2018.4.3.6>
- Laurente Blanco, L.F. y Laurente Quiñonez, F.** (2019). Aplicación del modelo ARIMA para la producción de la papa en la región de Puno-Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(1), 30–40.
- López, G. F., y Alarcón, O. M. A.** (2018). Consumo generacional del consumo de frutas y verduras en México a través de un análisis de edad-periodo-cohorte 1994-2014. *Población y Salud en Mesoamérica*, 15.
- Marce Vázquez, M.C** (2012). Aplicación de los modelos ARIMA a la elaboración de pronósticos de la desocupación femenina en México 2000-2012 (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de México. México.
- Marroquín Martínez, G., y Chalita Tovar, L. E.** (2011). Aplicación de la metodología Box-Jenkins para pronóstico de precios en Jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(4), 573–577.
- Martínez Gómez, V. y García Álvarez-Coque, J.M.** (2010). El problema de la inestabilidad de los precios de los alimentos: Importancia y soluciones. *Boletín económico de ICE*, 3001.
- Banco de México** (2019). Banco de México. Glosario de términos. Obtenido de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html#P>
- Pérez, D., y Pérez Martínez, I.** (2006). Precio. Tipos y estrategias de fijación. Edición, 53. Obtenido de: <http://files.kszegarra.webnode.es/200000021-af558b04f4/Fijación de Precios.pdf>
- Plan Nacional de Desarrollo** (2013-2018). (2013) Obtenido de: http://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/MarcoJuridico/PND_2013-2018.pdf
- Ríos, G.** (2008). Series de Tiempo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 52. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.06.010>
- Ruíz-Ramírez, J., Hernández-Rodríguez, G. E. y Zulueta-Rodríguez, R.** (2011). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*, 29(1), 103–109.
- SAGARPA (2018)** Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2018). Sexto Informe de labores 2017-2018 Ciudad de México: SAGARPA.

Samuelson, P. y Nordhaus W. (2010). *Economía con aplicaciones a Latinoamérica*. México: Mc Graw Hill.

Sánchez-López, E., Barreras-Serrano, A., Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F. y Olivas-Valdez, J.A. (2013). Aplicación de un modelo ARIMA para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 16(3), 315-324.

SIAP. (2017). Infografía Agroalimentaria 2017. México: SIAP-SAGARPA.

SIAP. (2018a). Infografía Agroalimentaria 2018. México: SIAP-SAGARPA.

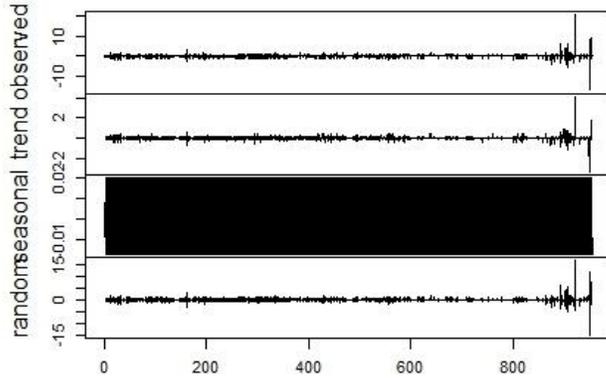
SIAP (2018b). Atlas Agroalimentario 2012-2018. México: SIAP-SAGARPA.

SIAP (2019). Gobierno de México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

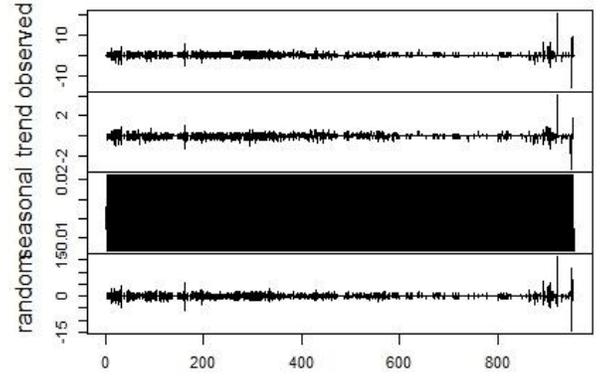
ANEXOS

Anexo A. Cuadros de descomposición de las series

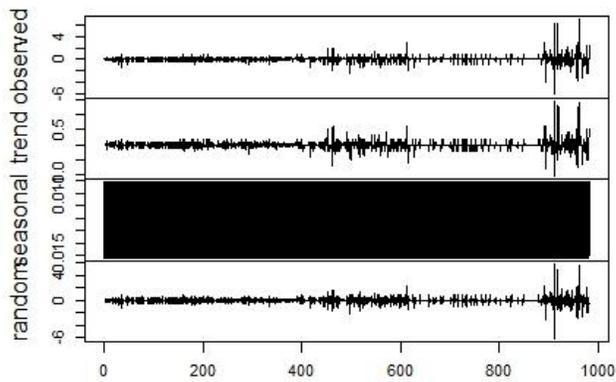
Precio nominal del brócoli



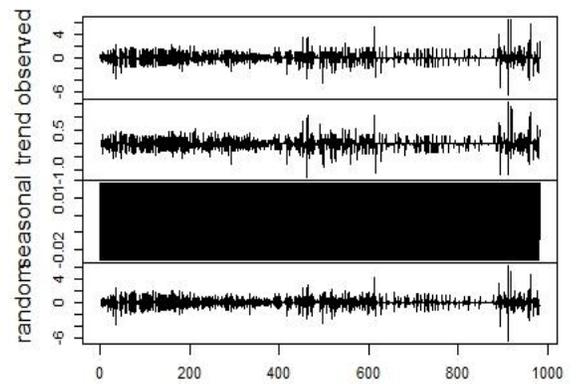
Precio real del brócoli



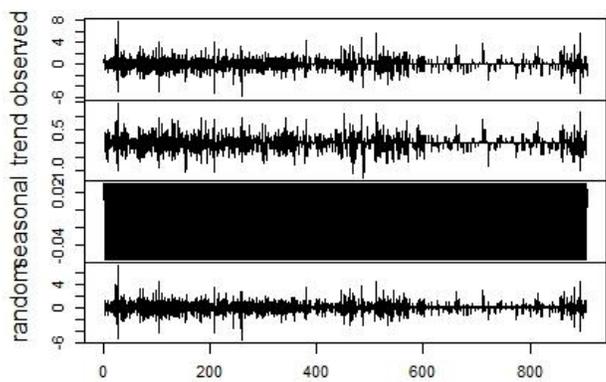
Precio nominal de la lechuga



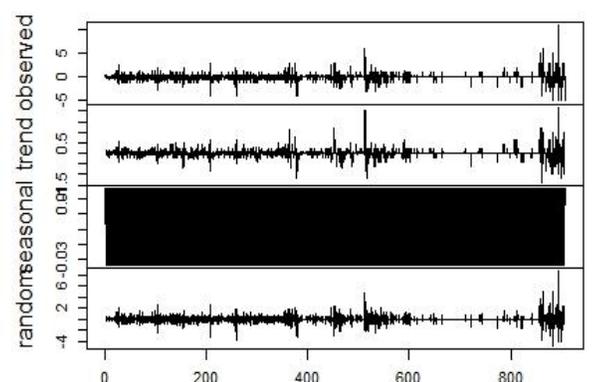
Precio real de la lechuga



Precio nominal de la cebolla

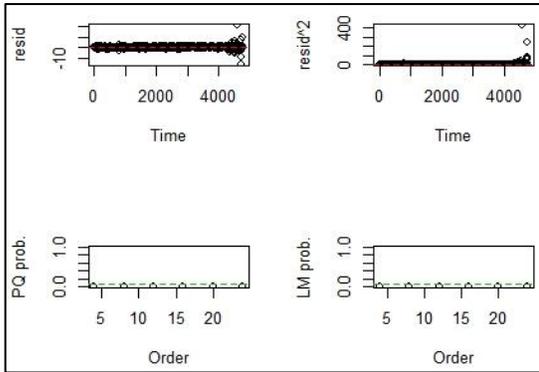


Precio real de la cebolla

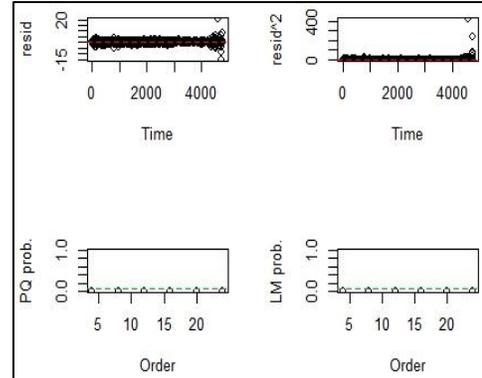


Anexo B. Pruebas ARCH

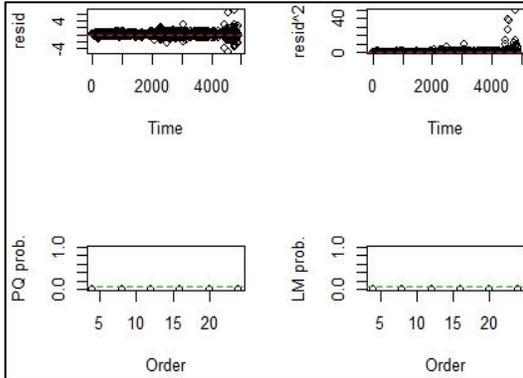
Precio nominal del brócoli



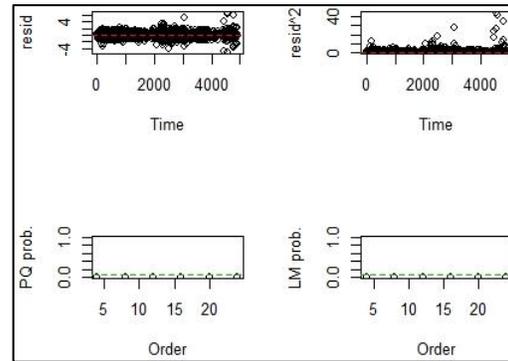
Precio real del brócoli



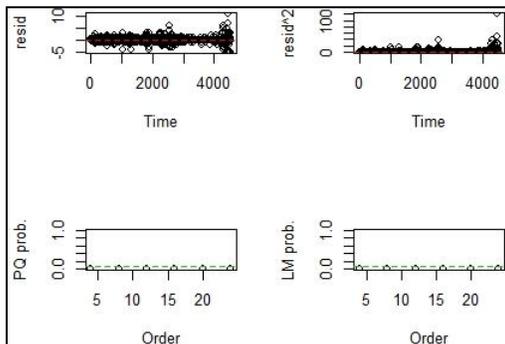
Precio nominal de la lechuga



Precio real de la lechuga



Precio nominal de la cebolla



Precio real de la cebolla.

