UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Comportamiento de precios de mercados e índice de volatilidad, para durazno y ciruela (en Boyacá).

Andrés González González

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Administración
Bogotá, Colombia
2016

Comportamiento de precios de mercados e índice de volatilidad, para durazno y ciruela (en Boyacá).

Andrés González González

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en administración

Director (a):
Magister en Ciencias Agrarias, Gloria Acened Puentes Montañez
Codirector (a):
Doctor en Ciencias Económicas, Oscar Arturo Benavides González

Línea de Investigación: Finanzas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Administración
Bogotá, Colombia
2016

Para Ángela y Daniel.

Dedico este trabajo a mi familia, a mi amada esposa e hijo que son mi ilusión para el futuro, los generadores del impulso de aprender, crecer y mejorar cada día, cultivando la ciencia y conocimiento como parte de mi realización personal y mi proyecto más grande, gracias por su amor, paciencia y compañía.

A mis padres y hermanos.

Quienes cimentaron las bases de la persona que soy hoy en día, y allanaron el camino para cumplir mis objetivos.

Agradecimientos

El Autor presenta sus más sinceros agradecimientos:

A mí querida profesora Gloria Acened Puentes Montañez, Directora de este trabajo de grado y mi mentora en el desarrollo de mi vida profesional, por siempre apoyarme en mis proyectos, sus sabios consejos y especial por creer siempre en mí.

Al profesor Oscar Arturo Benavides González, Codirector de este trabajo, quien con gran disposición, guío el desarrollo de la investigación, animándome a cumplir los objetivos planteados.

A mis compañeros quienes en el desarrollo las clases y trabajos, fueron el mejor de los complementos de mi educación, enriqueciendo con su amistad, la experiencia de desarrollar mis estudios de maestría, creando los mejores recuerdos fruto del esfuerzo y trabajo en equipo, forjando amistades duraderas que me acompañaran de por vida.

Solo queda agradecer a la Universidad Nacional de Colombia, a todos los docentes de la quienes mostraron la mejor disposición de transmitirnos sus valiosos conocimientos, a cada una de las personas que hicieron posible de la desarrollo de la maestría, a quienes con su trabajo permitieron que alcanzara esta meta.

A todos mil gracias.

Resumen

La presente investigación se centró en el análisis del comportamiento de los precios de caducifolios; durazno (Prunus pérsica) y ciruela (Prunus sp), los cuales concentran su producción en el departamento de Boyacá, Colombia, (Miranda, Fischer, & Carranza, 2012), en sistemas de economía campesina, en donde predominan agroempresas pequeñas, a continuación se analizó la relación de precios por kg/ mes, en los mercados más representativos del país, Corabastos Bogotá, Central mayorista de Antioquia en Medellín, Centrobastos de Bucaramanga y Reten Sur en Tunja, el periodo 2006 al 2011; partiendo de la modelación de series de tiempo, por medio del Análisis Espectral Singular (AES) y método de Loess, se identificó la tendencia y estacionalidad en las series, para verificar la validez del modelo se aplicó la metodología de Box & Jenkins, de esta manera se logró determinar la estacionalidad y tendencia. Las cuales no está presente en los mercados Bogotá, Medellín y Bucaramanga, en cambio en el mercado de la ciudad de Tunja si presenta estacionalidad; cabe resaltar que la volatilidad de los precios no se observó en los mercados estudiados.

Palabras Clave: Volatilidad en mercados de alimentos, estacionalidad, tendencia, series de tiempo, caducifolios.

Abstract

The current research stressed that analysis of deciduous products price performance such as: pear (pronus persica) and plum (Pronus sp) ones which have their production in Boyacá Department, Colombia (Miranda, Fischer & Carranza, 2012), based on peasant economy systems that have a huge presence of small agribusinesses. Next, there is an analysis as to kg/month prices between the most Colombian representative markets like: Bogota Corabastos, Antioquia central markets in Medellin, Bucaramanga Centrobastos and Tunja Reten sur during 2006 and 2011. Based on period of time modeling with singular spectral analysis and Loess method, was possible to identify trend and seasonality in those series; to do so, Box & Jenkins methodology was applied to determine these seasonality and trend, that are not seen in Bogota, Medellin and Bucaramanga markets unlike Tunja that does already have it. It is important to say that the price volatility was not observed none of these analyzed markets.

Keywords: Food markets volatility, seasonality, trend, time series, deciduous.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **VII**

Abstract ..... **VIII**

Lista de figuras ..... **X**

Lista de tablas ..... **X**

Introducción **1**

Capitulo 1. Contexto de los caducifolios en el mundo y en Colombia. **5**
1.1 Los caducifolios en el ámbito mundial. 5
1.2 Los frutales caducifolios en Colombia. 6
1.2.1 El cultivo de la ciruela. 7
1.2.2 El cultivo del durazno. 8

Capitulo 2. Algunos aspectos de los precios de los alimentos. **10**
2.1 Causas de la volatilidad de los precios de alimentos. 12
2.2 Consecuencias de la volatilidad de los precios de los alimentos. 15
2.3 Estacionalidad y volatilidad, factor para gestión de cultivos caducifolios. 19

Capitulo 3. Evaluación econométrica. **21**
3.1 Análisis Espectral Singular. 21
3.2 Exploración de la Serie con Loess. 24
3.3 Metodología de Box y Jenkins de los modelos ARIMA. 25
3.4 Modelos Estacionales Generales. 28
3.4.1 Diagnostico, validación o contraste de los modelos 28

Capitulo 4. Diseño metodológico. **30**
4.1 Tendencia y estacionalidad de precios de durazno. 35
4.2 Tendencia y estacionalidad de precios de ciruela. 37
4.3 Volatilidad en precios de durazno y ciruela. 39

Análisis de resultados. **41**

Discusión. **44**

A. Anexo: Históricos de precios. **47**
Histórico de precios de durazno Reten Sur – Tunja. 52

B. Anexo: Memorias de cálculo de para identificación de la estacionalidad y volatilidad de precios de mercado. 53

Bibliografía 93

Lista de figuras

Pág.

Ilustración 1. Modelación Series de tiempo de precios de durazno 2006-2011. 33

Ilustración 2. Modelación Series de tiempo de precios de ciruela 2006-2011..... 33

Ilustración 3. Comportamiento Anual de Precios de Durazno..... 35

Ilustración 4. Análisis Serie Precio Durazno en por medio método de Loess. 37

Ilustración 5. Comportamiento Anual de Precios de Ciruela..... 38

Ilustración 6. Análisis Serie Precio Ciruela en por medio método de Loess. 39

Ilustración 7. Análisis de Correlograma de Precios de Durazno 40

Ilustración 8. Análisis de Correlograma de Precios de Ciruela 40

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Análisis descriptivo de precios de durazno. 36

Tabla 2. Análisis descriptivo de precios de ciruela. 38

Introducción

La volatilidad es definida como los cambios abruptos de sentido y magnitud de los precios, con una presencia reiterada en el tiempo, situación que resulta perjudicial dado que puede generar inflación por el incremento del riesgo del qué y cómo producir alimentos (FAO, 2010); como respuesta los diferentes agentes del mercado que asumen un mayor riesgo elevan los precio, generando una alta incertidumbre entre los productores y consumidores, lo cual reduce la confianza y afecta de manera negativa los niveles de comercio e inversión (Andreyeva, Long, & Brownell, 2010).

Los estudios de comportamientos de precios en alimentos de origen agrícola, han puesto en evidencia la presencia de fenómenos de volatilidad en el periodo comprendido entre los años 2008 a 2009, en especial de commodities, (Gilbert & Morgan, 2010), esta presencia de volatilidad afecta de manera significativa a los más pobres, generando la inconformidad social al limitarse el acceso de alimentos de la canasta básica y comprometerse la seguridad alimentaria en las naciones con economías en desarrollo (Bellemare, 2015). Es importante aclarar que la volatilidad de precios de los alimentos no es una problemática de productores y consumidores, concierne también a los gobiernos y su política económica.

Según la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) se considera que los precios mundiales de alimentos de origen agropecuario presentan una tendencia al alza, siendo un factor de gran preocupación para la comunidad internacional,. En investigaciones hechas sobre inflación y volatilidad en mercados agropecuarios, el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (CFS, 2011) resalta principalmente tres puntos básicos: la excesiva volatilidad de los precios, crisis alimentaria cíclica y estacional y

situaciones emergentes de escases, de ahí la urgencia de implementar políticas que garanticen el acceso a alimentos a los más pobres.

Dadas estas consideraciones, la presente investigación se centra en el análisis del comportamiento de los precios y se parte del estudio de la producción de caducifolios; durazno (Prunus pérsica) y ciruela (Prunus sp) que se concentra principalmente en el departamento de Boyacá, Colombia, (Miranda et al., 2012), se caracteriza por ser sistemas productivos en cultivo asociados a otras variedades como: Manzano (Malus sp.) y Peral (Pyrus sp.); de tipo minifundistas, de economía campesina, en donde predominan agroempresas pequeñas.

Se destaca la ausencia de modelos de gestión empresarial por su tradicionalidad, en los cuales realizan altas inversiones en la implementación de los cultivos y en asistencia técnica (Puentes, Rodríguez, & Bermúdez, 2008), asumiendo altos riesgo sin la suficiente información para la toma de decisiones, se desarrollan en entornos de alta incertidumbre (Zuluaga & Madrid, 2010), afectados por factores asociados a la producción, condiciones climáticas, costo de los insumos y en especial el comportamiento de los precios en los mercados.

Según (Aimin, 2010), los productores acuden a estrategias de diversificación de su oferta para minimizar los riesgos, en busca de asegurar un nivel medio de ingresos; pero existen serias deficiencias en la información disponible, así como en la calidad de la misma; esto limita la capacidad de identificar las mejores opciones de inversión por parte de los cultivadores, llevándolos a tomar decisiones en entornos de alta incertidumbre, por la ausencia de análisis estadístico de producción y comportamiento de los precios de los productos en los mercados (Taušer & Čajka 2014); incrementan el riesgo. Es así como el presente estudio se concentró en evaluar el comportamiento de precios de mercados mayoristas de durazno y ciruela en el periodo 2006 a 2011, con el fin de identificar la presencia de tendencia, estacionalidad y volatilidad de los mismos.

Esta información se considera valiosa para los agroempresario de caducifolios, en la gestión de cada una de las áreas del negocio de acuerdo con las etapas y actividades productivas de los cultivos durazno y ciruela, (Puentes, 2006); estos poseen características muy definidas en su modelo de flujo de ingresos y egresos, por ser permanentes, con inversiones a largo plazo en donde se generan ingresos a partir del tercer año, que se van incrementando hasta el décimo año, luego se estabilizan y vuelven a decrecer en los 25 o 30 años (G Fischer & Miranda, 2012), aspectos que difieren de una agroempresa a otra; por este motivo el precio de venta por cada kilogramo de fruta y su comportamiento en el tiempo son factores determinantes en la viabilidad financiera al implementar estos proyectos productivos.

El aporte del estudio es la generación de modelos econométricos que permitan elaborar pronósticos del comportamiento de los precios de durazno y ciruela en distintos escenarios, con simulación estadística para suministrar información confiable que facilite la gestión de los agroempresarios y así tomen las mejores decisiones, dado que se minimiza la incertidumbre sobre el retorno de las inversiones en cultivos de caducifolios en el departamento de Boyacá, siendo un modelo que puede ser aplicable a otros productos agropecuarios

Capitulo 1. Contexto de los caducifolios en el mundo y en Colombia.

1.1 Los caducifolios en el ámbito mundial.

El término "caducifolios" hace referencia a plantas que pierden sus hojas al empezar las estaciones desfavorables. Cárdenas y Fischer (2013) anotan que entre los caducifolios se distinguen las pomáceas y los frutales drupáceas. Las pomáceas más importantes son el manzano (*Malus domestica* Borkh.), el peral (*Pyrus communis* L.) y el membrillero (*Cydonia oblonga* Mill.). De las drupáceas se destacan los durazneros (*Prunus persica* [L.] Batsch.) Y los ciruelos (japonés: *Prunus salicina* Lindl.; europeo: *Prunus domestica* L.).

Dentro de la distribución mundial de la producción, Asia es el continente que produce casi la mitad de fruta en el mundo, seguida por África con (3,4 %) y América (1,5 %), dentro del continente asiático se destacan China e India como los países con mayores niveles de producción, (Martínez & Gómez, 2009; citados por Patiño & Miranda, 2013, p. 9). En el continente americano Chile es reconocido como el abastecedor más importante de fruta fresca del hemisferio sur (ASVID, 2009; citado por Patiño & Miranda, 2013, p. 10).

Según datos estadísticos de FAOSTAT, la producción de frutales caducifolios (ciruelas, manzanas, peras y melocotón-durazno) en toneladas para el año 2010 a 2014, en américa fue 37, 676,835 que correspondió a 55.400 para Ecuador, 1.512.956 en Brasil (excluida ciruela) y 52.984 en Colombia.

1.2 Los frutales caducifolios en Colombia.

Puentes (2006) relata que con la llegada de los españoles a América ingresaron también diferentes especies vegetales, entre ellas los caducifolios, y para el caso de Colombia, las comunidades religiosas jugaron un papel importante en la introducción y desarrollo de estas especies.

Miranda, Fischer y Carranza (2013, p. 12) anotan que en la actualidad, las zonas de producción están dispersas por diferentes ecorregiones del país, con diversidad de cultivares en su mayoría de procedencia desconocida, con niveles de uso de tecnología variables entre las regiones y entre las mismas fincas. Los sistemas de producción, de igual manera, presentan variaciones y niveles de desarrollo contrastantes.

La producción de frutales de hoja caduca en Colombia para el año 2010 fue de 52.984 t. lo cual corresponde a un aumento del 17,4% en el volumen de producción en comparación al año 2009. La producción porcentual de duraznos-melocotón, ciruelas, peras y manzanas para el año 2010 fue 38,7; 26,9; 31,1 y 3,2%, respectivamente; donde, los principales aumentos porcentuales en volumen de producción en 2010 fueron registrados por melocotón y durazno (77%), pera (75%) y manzana (64%), en comparación al volumen de 2009 (FAOSTAT, 2012). Durante 2011, mercados como el de la Unión Europea, Reino Unido y Centroamérica recibieron una mayor cantidad de frutas frescas colombianas, por lo cual las cifras fueron positivas (Gerhard Fischer & Herrera, 2012).

La importancia de Boyacá en la explotación de los cultivos de caducifolios se fundamenta en avances en el modelo de manejo empresarial, introducción de nuevas variedades, innovaciones tecnológicas, infraestructura de riego, trabajo asociativo, incremento en el área cosechada, planeación de la producción acorde al mercado, y consolidación de la cadena productiva. Se destaca como práctica fundamental la programación de las

cosechas, la cual permite oferta de caducifolios en periodos de escases con mejores precios de mercado. (Puentes, 2006)

Los Unidades productivas de caducifolios en el Departamento de Boyacá, reúnen las siguientes características: área en promedio de 3,72 ha, altas pendientes 18,29% en el 62% de las fincas, con mínimo 0,48 ha de la fincas dedicada a este cultivo, 133 árboles/finca, edad promedio de 7,79 años, rendimiento de 27,47 ton/ha

Puentes, Rodríguez y Bermúdez, en investigación efectuada en el año 2008, destacan que los problemas de comercialización radican en la falta de asociatividad, diferenciación de los productos y oferta constante, perdiendo participación en el mercado frente las importaciones de estas frutas. Como alternativa se plantea el modelo de cosechas forzadas para garantizar la oferta constante, aprovechando así las ventajas comparativas de la zona y transformarlas en ventajas competitivas para los productores Lizarazo, 2004, citado por (Puentes et al., 2008).

Según un estudio realizado por Miranda en el año 2012 (p. 155), un análisis preliminar de los sistemas productivos de caducifolios en este departamento, se identifican dos problemas fundamentales: uno es la *baja productividad de los huertos*, y el uso de variedades convencionales; el otro tiene que ver con la *baja rentabilidad de los productores* por la alta intermediación en la venta de los productos finales.

1.2.1 El cultivo de la ciruela.

El cultivo de ciruela en el país ocupa 1.548 Ha. Con una producción anual de 12.099 Ton. Los principales departamentos productores de ciruela en el país son: Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Santander, Huila y Nariño, siendo el departamento de Boyacá el de mayor productor con participación del 77,5% (Minagricultura, 2012), entre

las variedades la más cultivada es la Horvin , la cual es apetecida por su alto valor nutricional y beneficios adicionales a la salud humana, es utilizada como antioxidante y de gran aceptación para el consumo en fresco (Arévalo Galarza, Muratalla Lúa, Pérez López, & Saucedo Veloz, 2004), estas características hacen que esta fruta sea un producto comercializable, la desventaja radica en ser un producto muy perecedero por su alto contenido de humedad y el desencadenamiento de indicadores de maduración como la liberación de etileno (Alfonso Parra Coronado, José Eugenio Hernández, & CamachoTamayo, 2008).

Los municipios con mayor producción de ciruela en el Departamento de Boyacá son Nuevo Colon con un rendimiento de 19 t./Ha que representa el 40% del total producido; seguido por Tibana y Jenesano quienes producen 17 t./Ha. y entre los dos suman el 30% del total producido; sigue Sotaquira con un rendimiento de 13 ton/ha. y representa el 13% del total producido; luego Tuta con 10 t/Ha. y registra el 10% de la producción total y los otros municipios registran el 7% restante con un rendimiento promedio de 8 t/ha (ASOHOFRUCOL, 2012).

La ciruela horvin *(Prunus domestica)* es un árbol caducifolio pequeño, arbustivo y puede llegar hasta 7 m de alto; tronco y ramas grisáceas o pardo-rojizas; copa casi piramidal; hojas de 3 a 8 cm de largo, sencillas, alternas, ovado/achatadas u oblongo/elípticas, usualmente aserradas (Hoyos, 1989**)**

1.2.2 El cultivo del durazno.

El durazno, corresponde al grupo de los cultivos caducifolios permanentes, caracterizado por que, luego de la siembra definitiva, tiene una duración de tres años para formar el árbol e iniciar la producción, tiene autopolinización alta, hasta del 90%, logra la formación de un gran número de frutos, que requieren prácticas de raleo, para reducir el número y así alcanzar el tamaño comercial, el fruto es una drupa, de forma globosa u ovoide,

semiesférico que tiene diámetros desde 4 a 10 cm de colores entre amarillos y rojos (Miranda 2012), piel lisa, pulpa suculenta y blanda, sabor dulce, olor perfumado, que cambia con la variedad. (Castro, 2012), la cosecha del durazno se presenta anualmente dependiendo de la variedad, ya que existen variedades tempranas, con cosechas hasta cada 8 a 9 meses, variedades intermedias con cosechas anuales y variedades tardías de 13 a 14 meses. (Castro, 2012), los rendimientos promedio por árbol están entre 20 y 30 kg, a partir del año cinco.

Los departamentos representativos en el cultivo de durazno, (Minagricultura, 2012), son Boyacá 60,5% de la producción, Cundinamarca 10,2%. Santanderes 29,1% y Meta 0.2%, con un área aproximada de 1.490 Ha. y una producción promedio de 19.849 toneladas año para el 2011, Actualmente, los retos para los cultivos de frutales caducifolios están relacionados con su capacidad competitiva, frente a la fruta importada, por consecuencia del cambio climático, la necesidad de reducción el uso de plaguicidas y suministro, manejo de la fruta en precosecha y poscosecha, y la necesidad para la logística para adaptarse a los diferentes mercados así como el control de plagas y enfermedades (Fachinello et al., 2011).

Capitulo 2. Algunos aspectos de los precios de los alimentos.

Anota el Banco Mundial (FAO., 2006), que reducir los costos de transacción y los riesgos en los mercados de alimentos básicos puede acelerar el crecimiento y beneficiar a los pobres, constituyéndose en un tema delicado el manejo de la volatilidad de los precios de alimentos básicos ya que estos productos representan una gran proporción del gasto de los consumidores en estratos bajos.

Los altos riesgos de volatilidad de los precios son persistentes tanto para los agricultores como para los consumidores de muchos países agrícolas y, por ende, es importante contar con redes de protección eficaces hasta que los mercados regulen su funcionamiento (CEPAL/FAO/IICA, 2011). De ahí la importancia del estudio sobre los efectos de la volatilidad y su relación con la inflación en los mercados de alimentos de origen agrícola, a fin de mejorar la capacidad de acceso a la información de comportamiento de precios por parte pequeños productores y lograr que se convierta en insumo indispensable en el proceso de toma de decisiones de inversión los agronegocios.

El conocimiento de la volatilidad se ha concentrado en los mercados financieros y cambiarios, tomando una gran fuerza como área de estudio en las últimas décadas, por ser un insumo para la evaluación de riesgos en el comportamiento a futuro de estos, la mayor parte de las investigaciones se concentran en su evolución y dinámica; el tema desde la econométria aborda dos tipos de modelos: los modelos de heterocedasticidad condicional autorregresiva [modelos ARCH, propuestos por Engle (1982) y los modelos GARCH, propuestos por Bollerslev (1986)] con todas las variantes que a partir de ellos han

ido surgiendo, además existen los modelos de volatilidad estocástica [modelos SV, propuestos por Taylor (1986)] y sus variantes.

Para el desarrollo del presente estudio se analizó la volatilidad en el precio de caducifolios que se cultivan en Boyacá, se aplicó inicialmente El Análisis Espectral Singular (AES) descrito por (Nuñez, C, & Ariza, 2012), el cual es empleado para análisis de series de tiempo, dado que permite la extracción de información dinámica por medio de la descomposición en la suma de componentes interpretables como tendencia, estacionalidad, elementos oscilatorios y ruido blanco, permitiendo el análisis de la serie de tiempo aun con datos faltantes; para posteriormente realizar los pronósticos a futuro aplicables a análisis de series de precios.

Con el fin de identificar la presencia de volatilidad se empleó la modelación por métodos ARIMA propuesta por Box y Jenkins, para (De Arce & Mahía, 2003) esta metodología permitió identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series de tiempo; en los que la variable tiempo fué fundamental, para evidenciar la presencia o ausencia de volatilidad dentro de la serie temporal.

De estos modelos, los más utilizados han sido los modelos ARCH, ya que son los más sencillos de estimar, dado que están implementados en la mayoría de los softwares econométricos. En los últimos años se ha incrementado el número de investigaciones acerca de la incidencia de la volatilidad en los precios de los *commodities,* por ser considerados como alternativas de inversiones diferentes a los activos financieros. Esta situación, según (Doporto Miguez & Michelena, 2011), se presenta por aspectos como la política monetaria de los Estados Unidos, que manejo tasas de interés cercanas a cero; la posibilidad de los *commodities* de diversificar los riesgos de los portafolios de inversión al poseer correlación con bonos y las acciones; la depreciación del dólar respecto de otras monedas y capitales que buscan mayores rentabilidades, entre otras.

La (FAO, 2010) describe como origen de la volatilidad las especulaciones en el mercado de alimentos en especial de los cereales y granos a nivel mundial, entendiendo que existe una función positiva en los mercados a futuros, al transferir el riesgo de los productores a los especuladores. Para (Sosa Nin, 2014) la explicación del incremento de precios de los alimentos entre 2007 y 2008 pudo ser una mezcla de fenómenos económicos, combinados con factores de los mercados financieros, los cuales estimularon los cambios en los precios de manera abrupta que generaron volatilidad en algunos *commodities*.

2.1 Causas de la volatilidad de los precios de alimentos.

Las variaciones en los precios de productos agrícolas surgen porque la producción y el consumo son variables, en donde se identifican dos tipos de esta, previsible e imprevisible, esta última es caracterizada por la presencia de *shocks, e*stos se pueden presentar por cambios repentinos en la producción o en el consumo, reflejándose en la variabilidad de los precios. La producción puede variar debido a cambios en el uso de los factores de producción, variaciones de rendimiento asociadas normalmente a los cambios climáticos. El consumo por su parte, varía debido a modificaciones en el nivel de ingresos, cambios en los precios de los sustitutos y nuevas tendencias o preferencias, se asume que en el precio de los alimentos no procesados el principal generador de *shock*, es el factor climático, así mismo, los *shocks* de la demanda, son generados por los cambios en el nivel de ingreso y por mutaciones políticas del entorno, (Gilbert & Morgan, 2010).

El impacto de los *shocks* de producción y consumo es reflejado en la volatilidad de los precios, esta incidencia depende de la elasticidad de la oferta y la demanda de los bienes afectados, la cual es el resultado de la capacidad de respuesta de los productores y los consumidores a los cambios en los precios.

Aunado a lo anterior, (Gilbert & Morgan, 2010), consideran que la especulación se da en los mercados de títulos futuros de productos agrarios o de otros contratos derivados, siendo otro factor que incide de manera negativa o positiva sobre la volatilidad. Un grupo significativo de inversionistas institucionales invierten en títulos valores de productos básicos en transacciones de intercambio como una estrategia de diversificación del portafolio.

(Cooper, Lawrence, Bosworth, & Houthakker, 1975) por su parte, aseguran que la volatilidad de los precios de alimentos surge de los *shocks* que pueden venir de varias fuentes, e impactan de forma diferente en cada mercado, En algunas ocasiones, estos *shocks* se correlacionan. Gilbert (2010b), dice que este parece haber sido el caso en 2007–2008, cuando la mayoría de los precios agrícolas y muchos precios de productos no agrícolas (energía, metales y tarifas de carga) se elevaron simultáneamente.

En el estudio de (Balcombe, 2009) mediante dos métodos econométricos para explorar la naturaleza y causas de la volatilidad de los precios de los productos básicos agrícolas en el tiempo, se concluyó que la volatilidad de un determinado precio es dependiente de las reservas, los rendimientos, la concentración de exportación y su relación con la volatilidad de otros precios, incluyendo los precios del petróleo, las tasas de cambio y las tasas de interés.

En el ámbito latinoamericano, entidades como la Cepal, FAO e IICA (2011, p. 12) informan que en estudios realizados en los últimos años (y citan a: Heady & Fan, 2008; Mitchell, 2008; Banco Mundial, 2008; Robles *et al.*, 2009; Baffes & Haniotis, 2010; Sinnot *et al.*, 2010; Shaun, 2010), se ha identificado que la crisis tiene un carácter estructural, siendo más que aspecto coyuntural el alza de precios observados en el periodo 2007-2008, esto amplio la visión sobre el comportamiento de los mercados de productos agrícolas y su volatilidad a largo plazo, en donde también se analizaron un conjunto de factores homogéneos identificados como causas potenciales de la crisis.

Es importante resaltar, que la mayoría de los estudios hacen un diagnóstico cualitativo, no cuantitativo, de esos factores, e incluso aquellos que presentan resultados empíricos son muy cautelosos a la hora de elaborar conclusiones. Las fuerzas que pudieron llevar a un aumento de la volatilidad en los mercados agrícolas son al menos de dos tipos: aquellos que hacen aún más inelásticas la oferta y la demanda de esos productos y aquellos que aumentan la frecuencia y la intensidad de los *shocks* (CEPAL/FAO/IICA, 2011).

Ambas fuerzas deben manejarse con políticas públicas y estrategias de gestión apropiadas, pero la complejidad de su evolución en los últimos años ha generado incertidumbre acerca de su correcta interpretación en los mercados de alimentos, para poder mitigar los impactos en la seguridad alimentaria de los países más pobres y en los ciudadanos con menores ingresos. La Cepal, FAO y el IICA (2011) distinguen entre *shocks* de oferta (variabilidad climática, políticas públicas) y *shocks* de demanda (cambios en los ingresos, nuevos usos para los productos agrícolas, “financierización” de los mercados de materias primas agrícolas, efectos de los mercados de divisas). Aspectos que por ser de importancia para el tema de este estudio, se analizan a continuación.

Por otra parte los *shock* de oferta también se dan partir de la aplicación de cambios a las políticas públicas, en especial las referentes al manejo de las exportaciones, importaciones y retenciones de inventarios, estas medidas pueden favorecer el aumento de la oferta interna de un país o región, y a su vez tener un impacto negativo en la oferta internacional, esto depende de la participación del país como productor o exportador de alimentos. (Cepal, FAO & IICA, 2011).

Así mismo, los shocks en la demanda están relacionados al nivel ingreso; es por esto importante anotar que el aumento de la capacidad de compra suele ser gradual, a diferencia de las caídas en el ingreso la cuales pueden darse de manera abrupta, en contextos de crisis económicas, por la reducción de programas sociales, o por una combinación ambas situaciones; la reducción del ingreso y su relación con la volatilidad de

los precios en los alimentos es diferente para cada producto, está determinada por la elasticidad en su demanda y es afectada por: la cultura de consumo; la disponibilidad valor de productos sustitutos; el descubrimiento de nuevos usos para los productos agrícolas; cambios sociales o ideológicos, entre otros. (Cepal, FAO & IICA, 2011).

Como factor determinante generador de volatilidad en los alimentos se ha identificado a los procesos de globalización, según diversos estudios (Robles *et al.*, 2009; Baffes & Haniotis, 2010; Sinnot *et al.*, 2010), citados por Cepal, FAO & IICA (2011). Entendiendo que la integración comercial va más allá de la unión que facilita el intercambio de bienes, y pasa a ser una mayor asociación de los mercados de bienes primarios, generando interdependencia entre los mercados de productos agrícolas, con los mercados financieros, haciendo que cualquier cambio en la oferta y la demanda, puede llegar a provocar el cambio repentino de precio, afectado al mercado global en su conjunto.

2.2 Consecuencias de la volatilidad de los precios de los alimentos.

El impacto de la volatilidad de los precios de los alimentos pueden evidenciarse en la economía en las relaciones entre productores y consumidores, de igual manera afecta la balanza comercial de las naciones en sus niveles de importación y exportación, de esta manera la volatilidad afecta los precios mundiales de alimentos y su disponibilidad al consumidor, esto depende de la capacidad productiva en el mercado del país y del nivel de globalización de su economía. (Gilbert & Morgan, 2010)

Las naciones importadoras, ven a la volatilidad como generadora de inflación en el precio de los alimentos, en especial las economías en crecimiento, el aumento en los precios mundiales de los alimentos, afecta de manera directa los niveles de precios internos

elevando el riesgo de desencadenar espirales de precios, y escases de víveres básicos (Bloch, Dockery, Morgan, & Sapsford, 2007).

(Mundlak & Larson, 1992) exploran la transmisión de los precios mundiales de productos agrícolas a niveles nacionales, este fenómeno puede llegar a ser mitigado por factores como: las tasas de cambio, los grados de competencia imperfecta en las cadenas de suministro doméstico y la proporción de ingresos dedicada a la alimentación; por este motivo es importante realizar una distinción en el impacto que tiene los países ricos, comparado con los países pobres, ya en los países con menores ingresos destinan mayor proporción a la compra de víveres de consumo básico.

En la medida que las cotizaciones de los productos agrícolas se elevan en mercados mundiales son trasmitidas a los precios pagados en los puntos de venta; la trasmisión a los sectores minoristas suelen rápida por las imperfecciones competitivas en estos mercados (Clarke, 2002) lo que afecta la mitigación del impacto de la volatilidad al consumidor final; de igual manera, para (Franco, Hopenhayn, & León, 2011) el crecimiento de la clase media e incremento de la capacidad adquisitiva de la población genera una presión por el incremento en la demanda haciendo más susceptibles de volatilidad a los precios de los alimentos.

La incidencia de los riesgos inherentes a la producción agrícola y la volatilidad de los precios de los alimentos resultante, en los países desarrollados son minimizados a través de una gama de diferentes mecanismos como los mercados a plazo (forward) futuros y seguros de cultivos. (Moschini & Hennessy, 2001) citados por (Gilbert & Morgan, 2010), Aunque estos acuerdos hacen muy poco para reducir la volatilidad de los precios, permiten a los productores enfrentar más eficazmente la incertidumbre. Por lo tanto, la volatilidad de precios de alimentos puede traer cierta incertidumbre a corto plazo, pero en términos globales el impacto en el bienestar de los productores de las naciones más ricas es relativamente menor.

Mientras que muchas naciones más pobres son importadores netos de productos alimenticios, para estos países, la proporción de los costos de importación que va en la comida es generalmente mucho más alta, especialmente los que componen la canasta básica como los granos, seguido de aceites vegetales, entre(Mundlak & Larson, 1992). En Asia, afirman (Dana, Gilbert, & Shim, 2006), la seguridad alimentaria se ve amenazada, en especial cuando se ven afectados los precios del arroz, mientras que en África meridional y oriental, el maíz blanco es el que desempeña este papel, otro ejemplo es la soja que está destinada para la alimentación animal y afecta la producción de carne, así la volatilidad en los precios de la soja se transfiere a los precios de las carnes, este factor es particularmente importante en China, que es el importador mundial de soja.

La volatilidad en los precios de los alimentos a nivel mundial es un generador de incertidumbre para las importaciones, las tendencias al alza de estos productos sumado a las incertidumbres cambiarias concomitantes, afectan las reservas de divisas de las naciones pobres, provocando escases e incluso agotamiento relativamente rápido con un repentino repunte en precios de los alimentos, mientras la elasticidad de la demanda de importaciones de alimentos es relativamente baja. (FAO, 2012)

Por esta razón muchos gobiernos de países en desarrollo actúan para estabilizar los precios internos de los alimentos básicos con el fin de evitar la importación de la volatilidad del mercado mundial. En la mayoría de los casos, se busca la sustitución de importaciones mediante la producción interna, entonces, la estabilización limitará al incentivo para los productores nacionales que responden a las señales del mercado mundial. Obligando a las naciones a destinar más recursos fiscales para la generación de subsidios a la producción interna para asegurar la estabilización acorto plazo; por lo tanto la volatilidad de los precios de alimentos, puede generar, inestabilidad en el gasto público (Gilbert & Morgan, 2010).

Los aumentos en los precios de los alimentos, pueden en llegar a generar desabastecimiento, hambrunas, desnutrición y enfermedad, malestar social, cuando los más pobres no están en capacidad de pagar por bienes básicos. Igualmente, como sucede con las naciones más ricas, también hay efectos potencialmente inflacionarios en las naciones más pobres. (Bellemare, 2015).

La (FAO, 2010, 2012) muestra la relación entre el aumento del índice de precios al consumidor (IPC) y aumentos de precios de alimentos, Los efectos del alza en los alimentos y su impacto en población son tema de interés prioritario para los gobiernos, los cuales por lo general acuden a dos estrategias básicas para minimizar los efectos negativos, algunos gobiernos han intentado limitar la escasez de alimentos mediante la prohibición de la exportación de productos básicos cultivados en su propio país (por ejemplo, los mercados de arroz en Vietnam, Camboya y Egipto) y otros compran en el mercado mundial para vender en el mercado interno a precios subsidiados. La dificultad con estas políticas es el incremento en el gasto fiscal que genera gran estrés en las finanzas del gobierno a medida que la diferencia entre los precios internos y los mundiales se hace más grande (Gilbert & Morgan, 2010).

En el ámbito latinoamericano, Cepal, FAO e IICA (2011) analizan los impactos de la volatilidad de los precios de los alimentos sobre el consumo y el bienestar de los hogares rurales, contemplando tanto el ingreso por concepto de venta de productos agrícolas como el gasto en alimentos. Específicamente para hogares agrícolas, el impacto en el bienestar del hogar (medido como cambios en el consumo) va a depender de la participación de la venta de productos agrícolas en el ingreso total del hogar en comparación con la participación del gasto en alimentos sobre el total de gastos del hogar. Ante esto, es de esperar que las familias rurales con altos niveles de pobreza, compradoras netas de alimentos, sean las más vulnerables a volatilidades en los precios de los alimentos.

2.3 Estacionalidad y volatilidad, factor para gestión de cultivos caducifolios.

Para (Aimin, 2010) el agricultor individual en finca, la estacionalidad y la volatilidad de precios hace parte del riesgo e incertidumbre propio de la actividad agropecuaria, esto se relaciona directamente con su liquidez y solvencia, en donde las decisiones sobre la producción agrícola tienen que hacerse con mucha antelación, por lo general no se conocen muchos aspectos, entre ellos los precios y mercados en el momento de la selección delos cultivos, esto incrementa el grado de incertidumbre, el fruticultor, para minimizar el riesgo diversifica o intercala otros cultivos entre explotaciones, práctica que se hace por tradición y que garantiza un nivel de ingresos aceptable al productor.

Las evaluaciones de alternativas de inversión para la toma de decisiones estratégicas, se realiza bajo dos enfoques metodológicos predominantes, el primero, flujos de caja proyectados descontados FCD, en el cual asume que las condiciones del entorno donde se desarrolló del proyecto no varían, siendo un modelo estático que no refleja la incertidumbre ni el riesgo sobre las inversiones, por otra parte, existe el modelo de aplicaciones reales ,el cual considera el riesgo y las volatilidades en la ejecución del proyecto, (Fernández, María, & Tamayo Bustamante, 2009) ajustándose al entorno cambiante de las condiciones del mercado e incertidumbre del entorno, donde el valor de un proyecto no depende solo del valor presente de los activos, sino del valor presente delas opciones actuales y futuras de crecimiento, utilidad y retorno de la inversión.(Mejía Carvajal, 2003).

Las unidades productivas de caducifolios en Colombia se caracterizan por una extensión menor a 5 Ha, lo cual las cataloga dentro de la categoría de minifundios, en la actualidad, este sistema ha tenido avances importantes en cuanto al manejo empresarial, introducción de nuevas variedades, innovaciones tecnológicas, infraestructura de riego, mentalidad de trabajo asociativo, mayores extensiones,

planificación de cultivos teniendo en cuenta los requerimientos del mercado y el trabajo bajo el enfoque de cadena productiva (Puentes, 2006), los cultivos de caducifolios en esta zona del país requiere de altas inversiones, dado su carácter perenne. La implementación de los mismos se hace generalmente sin un plan de negocios definido, razón por la cual difícilmente recobran la inversión realizada, al no cuantificar de manera objetiva el riesgo de la producción agrícola, para (Zuluaga & Madrid, 2010). Esto hace que los productores agrícolas respondan de manera inadecuada a los cambios en las fuerzas de la demanda y la oferta, por la escasa aplicación de modelos de gestión para los agronegocios.

Según definición de (Guerra & Valdés, 1997), este fenómeno es causado por el bajo nivel de organización empresarial de las unidades productivas, que no permite generar economías de escala, provocando una baja competitividad del sector agrícola, lo que impide el acceso a mercados globalizados. Por esto para (La Gra et al., 1993) es muy importante consolidar el modelo de agronegocios, que mejoren la capacidad de acceso a nuevos mercados con mejores márgenes de ganancia, más aún, cuando se trata de cultivos permanentes, ya que dadas sus características se conciben con un horizonte mayor a 20 años, requiriendo por parte de los productores asumir grandes inversiones, en entornos con alta incertidumbre sobre el retorno de su capital, requiriendo para la planeación de la empresa información sobre el comportamiento estacional y volatilidad de los precios de mercado, para la proyección de ingresos acorde al comportamiento histórico de los mercados.

Aunado a lo anterior (Chombart de Lauwe, Tirel, & García, 1965)afirma que el empresario agrícola encuentra muchas limitaciones en sus decisiones que generalmente vienen definidas por los precios, dado que los precios definen casi todo en cuanto a los beneficios esperados¸ estos varían continuamente, con la coyuntura que cada vez se hacen más inestables, de tal manera que una buena gestión no da más que soluciones provisionales, “ las modificaciones de las relaciones de precios desplazan los umbrales de rentabilidad” , es así como en las funciones de producción se buscan los beneficios máximos y los óptimos son susceptibles de desplazarse en la medida que exista variación de los precios.

Capitulo 3. Evaluación econométrica.

3.1 Análisis Espectral Singular.

El Análisis Espectral Singular (AES) es una técnica no paramétrica de reciente desarrollo para analizar series de tiempo, la cual incorpora estos elementos con enfoque clásico, estadística multivariada, sistemas dinámicos, algebra lineal y análisis funcional (Ramirez, Juárez, & Ariza, 2012). A continuación se presenta la descripción del algoritmo del análisis Espectral Singular.

Considere la serie de tiempo real $Z = (z_0, \dots, z_{N-1})$, de longitud $N > 2$. El AES consiste de dos etapas complementarias: descomposición reconstrucción de Z. A continuación se presenta estas etapas:

Primera etapa:

- Paso 1: Transformación.

Se mapea la serie de tiempo original en una secuencia de vectores del siguiente modo. Sea L la longitud de ventana, $1 < L < N$, se forman $K = N - L + 1$ vectores de retraso

$$\mathrm{X}_t = (z_{i-1}, \dots, z_{i+L-2})^T, \quad 1 \leq i \leq K.$$

Cada uno de dimensión L. Con los vectores de retraso (de la serie Z) como columnas se construye una matriz $\mathbf{X}$,

$$\mathbf{X} = [\mathbf{X}_1 : \dots : \mathbf{X}_k],$$

Esto es,

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} z_0 & z_1 & z_2 & \cdots & z_{K-1} \\ z_1 & z_2 & z_3 & \cdots & z_K \\ z_2 & z_3 & z_4 & \cdots & z_{K+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{L-1} & z_L & z_{L+1} & \cdots & z_{N-1} \end{pmatrix}$$

Por su estructura, la matriz $\mathbf{X}$ es conocida con la matriz de Hankel, pero también se llama matriz de trayectoria.

– Paso 2: Descomposición en valores singulares (DVS).

Sea $\mathbf{X}$ la matriz de trayectoria y $\mathbf{S} = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$**.** Por consiguiente $\boldsymbol{S}$ es una matriz semidefinida positiva, por los que sus eigenvalores son no negativos. Considere los eigenvalores de $\boldsymbol{S}$ en orden decreciente $\lambda_1 \geq \cdots \geq \lambda_L \geq 0$ y denótese a los eigenvectores respectivos por $\mathbf{U}_1, \dots, \mathbf{U}_L$.

Definición 1. Sea $d = max\{i, tal\ que\ \lambda_i > 0\}$ el rango de $\mathbf{S}$**.**

Si $\mathbf{V}_i = \mathbf{X}^T\mathbf{U}_i/\sqrt{\lambda_i}$, $(i = 1, \dots, d)$, entonces la matriz trayectoria se puede escribir como una suma de matrices de rango 1,

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_1 + \cdots + \mathbf{X}_d, \qquad (\mathbf{1})$$

Donde $\mathbf{X}_i = \sqrt{\lambda_i}\mathbf{U}_i\mathbf{V}_i^T$. La expresión (1) es la Descomposición en Valores Singulares (DVS) de $\mathbf{X}$. La terna $\left(\sqrt{\lambda_i}, \mathbf{U}_i, \mathbf{V}_i\right)$ se llama eigenterna i de la DVS de $\mathbf{X}$.

Segunda etapa:

- Paso 3: Agrupación.

Una vez que se ha obtenido la DVS definida en (1), se realiza el procedimiento de agrupación, el cual consiste en lo siguiente. En este paso se particiona al conjunto de índices $\{1, \dots, d\}$ en m subconjuntos disjuntos $I_1, I_2, \dots, I_m$.

Definición 2. Sean $I = \{i_1, \dots, i_p\}$ un subconjunto de índices y $\mathbf{X}_I = \mathbf{X}_{i_1} + \cdots + \mathbf{X}_{i_p}$ la matriz resultante.

Obsérvese que para $I = I_1, \dots, I_m$ se tiene,

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_{I_1} + \cdots + \mathbf{X}_{I_m} \qquad (\mathbf{2})$$

Al procedimiento de elegir los conjuntos $I_1, \dots, I_m$ se llama agrupamiento de las eigenternas.

- Paso 4: Promediación diagonal.

El último paso en el AES consiste en transformar cada matriz de la descomposición agrupada en (2) en una nueva serie de tiempo de longitud N. Sea $\mathbf{Y}$ una matriz de

tamaño $L \times K$ con elementos $y_{ij}, 1 \leq i \leq L, 1 \leq j \leq K, L^* = \min(L, K), K^* = \max(L, K)$ y $N = L + K - 1$. Además $y_{ij}^* = y_{ij}$ si $L < K$ y $y_{ij}^* = y_{ij}$ en otro caso(Ramirez et al., 2012).

3.2 Exploración de la Serie con Loess.

La Regresión Loess (inicialmente Lowess: Locally wighted scatterplot smoothing) es un modelo de regresión no paramétrica que regresa Y_i versus x_i, pero no asume un modelo global fijo, es decir, no asume un intercepto y una pendiente fijas sino variables, de manera local. Aquí local significa una ventana móvil que contiene un número determinado de datos de la variable independiente.

La descripción del algoritmo Loess es la siguiente. Suponga $(x_i, Y_i), i = 1, \dots, n$. EL objetivo del Loess es calcular una función de regresión local $g(x)$ que el análogo de, $a + bx$, es decir $Y_i = g(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$. Suponga $x_{(1)} \leq x \leq x_{(n)}$, entonces $g(x)$ se calcula así:

1. Se escogen $q \in \mathbb{Z}^+$ tal que $q \leq n$.
2. Se escogen los q valores x_i más cercanos a x
3. Defina $w(x) = \begin{cases} (1 - x^3)^3 & , \ 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & , \ x \geq 1 \end{cases}$
4. Defina $\lambda_q(x)$ la distancia de x al x_i más alejado entre los q escogidos.
5. Defina $v_i(x) = w\left(\frac{|x_i - x|}{\lambda_q(x)}\right)$, para cada x_i escogido.
6. Ajuste $Y_i = a + bx_i$ ó $Y_i = a + bx_i + c{x_i}^2$ con MCP ponderando cada x_i con $v_i(x)$.
7. Defina $g(x)$ como el valor estimado de la regresión en x.

En series de tiempo se toma, por ejemplo, (Y_i, t_i), es decir, $x_i = t_i$. En cada t se reemplaza por $\hat{Y}_i = \hat{g}(t)$¡ Error! Marcador no definido..

STL: Método de Descomposición Basada en Regresión Loess:

De acuerdo con (Giraldo, 2006), STL es un método para estimar las componentes T_t y S_t con base en Regresión Loess, desarrollado por (Cleveland, Cleveland, McRae, & Terpenning, 1990). STL consiste en una secuencia de dos aplicaciones iteradas de Regresión Loess.

3.3 Metodología de Box y Jenkins de los modelos ARIMA.

En esta sección se describieron las fases que esquematizaron Box & Jenkins en el modelado de series de temporales de acuerdo con Pérez(2006). Básicamente estas fases se resumen en la identificación del modelo ARIMA adecuado de los datos de la serie (recogida de los datos de la serie, representación gráfica, análisis de la estacionariedad, transformaciones adecuadas para conseguir estacionariedad, eliminación de la tendencia si es necesario e identificación efectiva del modelo asociándolo a la estructura ARIMA adecuada), estimación del modelo previamente identificado (cálculo de los estimadores del modelo y residuales), validación del modelo (contrastes para ver si el modelo es adecuado) y predicción (selección de los modelos de predicción y cálculo de estadísticos para evaluar la capacidad predictiva).

Modelos Autorregresivos AR(p)

Un modelo autorregresivo (AR) describe una clase particular de proceso en el que las observaciones en un momento dado son predecibles a partir de las observaciones previas más un término de error. El caso más simple es el ARIMA (1,0,0), o AR(1) o de primer orden, cuya expresión matemática es:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + a_t$$

El proceso autorregresivo de orden p, representado por ARIMA(p,0,0), o simplemente por AR(p) toma la forma:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \cdots + \Phi_p X_{t-p} + a_t$$

que puede ponerse, mediante el operador de cambio retroactivo B, en la forma:

$$\left(1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \cdots - \Phi_p B^p\right) X_t = a_t, \qquad B^k(X_t) = X_{t-k}$$

Modelos de Medias Móviles MA(q):

Un modelo de *medias móviles (MA)* también describe una serie temporal estacionaria. En este modelo el valor actual puede predecirse a partir de la componente aleatoria de este momento y, en menor medida, de los impulsos anteriores. El modelo ARIMA(0,0,1), también denotado por MA(1), viene dado por la expresión:

$$X_t = a_t - \mathrm{v}_1 a_{t-1}$$

El proceso de medias móviles de orden q, representado por ARIMA(0,0,q), o también por MA(q), viene dado por la siguiente expresión:

$$X_t = a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \cdots - v_q a_{t-q}$$

que puede ponerse, mediante un operador de cambio retroactivo B, en la forma:

$$X_t = \left(1 - v_1 B - v_2 B^2 - \cdots - v_q B^q\right) a_t$$

Modelos ARMA(p,q):

Una expresión natural de los modelos *AR(p)* y *MA(q)* es un tipo de modelos que incluyen tanto términos autorregresivos como de medias móviles y se definen como ARMA(*p,q*) o también como ARIMA(*p,0,q*). Se representan por la ecuación:

$$\left(1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \cdots - \Phi_p B^p\right) X_t = \left(1 - v_1 B - v_2 B^2 - \cdots - v_q B^q\right) a_t$$

Modelo ARIMA(p,d,q):

El modelo general ARIMA(*p,d,q*) denominado proceso autorregresivo integrado y de medias móviles de orden *p,d,q,* toma la siguiente expresión:

$$\left(1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \cdots - \Phi_p B^p\right)(1 - B)^d Y_t = \left(1 - v_1 B - v_2 B^2 - \cdots - v_q B^q\right) a_t$$

Un modelo ARIMA (*p,d,q*) permite describir una serie de observaciones después de que hayan sido diferenciadas *d* veces, a fin de extraer posibles fuentes de no estacionalidad.

El modelo ARIMA puede generalizarse aún más para considerar el efecto de la estacionalidad. En ese caso, se habla de un modelo SARIMA (*seasonal autoregressive integrated moving average*).

3.4 Modelos Estacionales Generales

Un modelo estacional general será de la forma ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)s donde p, d y q son los parámetros de la forma regular y P, D y Q son los parámetros de la parte estacional. Su ecuación general podrá expresarse en términos del operador diferencias B de la siguiente forma:

$$(1-\phi_1 B^s-\phi_2 B^{2s}-\cdots-\phi_P B^{Ps})\left(1-\Phi_1 B-\Phi_2 B^2-\cdots-\Phi_p B^p\right)(1-B^s)^D(1-B)^d X_t$$
$$=\left(1-\Theta_1 B^s-\Theta_2 B^{2s}-\cdots-\Theta_Q B^{Qs}\right)\left(1-v_1 B-v_2 B^2-\cdots-v_q B^q\right)a_t$$

3.4.1 Diagnostico, validación o contraste de los modelos

Algunos test, aplicados a los residuos, van encaminados a comprobar si los residuos obtenidos son consistentes con el supuesto de ruido blanco (aleatorios). El propósito es verificar si el modelo elegido se ajusta correctamente al conjunto de datos:

Lugin y Box proponen el siguiente estadístico:

$$Q' = n(n+2)\sum_{k=1}^{m} r_k^2 /(n-k),$$

Que se distribuye como una *Chi-cuadrada* con $m - p - q$ grados de libertad, donde m es el número de observaciones, p el número de parámetros autorregresivos y q el número de parámetros de medias móviles.

Otra forma de evaluar el modelo, es inspeccionar ***los gráficos de los residuales.*** Si los residuos provienen de un proceso de ruido aleatorio, deben estar incorrelacionados entre sí, lo que les hará alternar en signo, sin ningún criterio obvio(Pérez, 2006).

Para investigar la volatilidad de los precios para ambos modelos, se evaluó el correlograma de los residuales al cuadrado. Se descartó una evidencia de la volatilidad cuando los residuos al cuadrado no se correlacionaron en la mayoría de los retrasos(Cowpertwait & Metcalfe, 2009).

Capitulo 4. Diseño metodológico.

El estudio se basó en una investigación documental y en un análisis econométrico, aplicando una metodología de tipo correlacional, entendiendo las posibles interacciones de sentido entre la variable independiente precio y las dependientes tendencia, estacionalidad y volatilidad en precio, para hacer aportes de explicativos de tipo inductivo, (Sampieri, Collado, & C Baptista Lucio, 2006), el análisis se apoyó en datos cualitativos y cuantitativos, determinando el grado de relación existente entre dos o más categorías, o variables en un contexto particular; esto limitó el alcance de manera parcial a la relación existente entre las variables a un contexto de los mercados mayoristas de; Bogotá, Bucaramanga, Medellín y Tunja, así se garantizó que las mediciones de precios mayoristas del durazno y ciruela fueran uniformes según los parámetros seleccionados.

Lo anterior con el objetivo de determinar la tendencia, estacionalidad en los precios y su volatilidad dentro de las series históricas de precios; en primer lugar, se identificaron las principales centrales mayoristas del país, que comercializan durazno y ciruela cultivados en Boyacá; se recurrió a la información estadística del Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA), en el Componente de Precios Mayoristas, el cual captura información de productos frescos en 57 mercados de 20 departamentos, se halló que solo 21 plazas comercializan ciruela roja y 14 plazas comercializan durazno a nivel nacional.

De este grupo se identificaron los mercados más representativos para el durazno y ciruela, teniendo en cuenta el factor de continuidad en la oferta, es así como se seleccionaron para el caso del tres centrales mayoristas que comercializan Durazno:, Bogotá - Corabastos,

Medellín - Central Mayorista de Antioquia y Tunja - Reten Sur, de igual manera, se seleccionaron tres centrales representativas que comercializan ciruela: Bucaramanga - Centro Abastos, Medellín - Central Mayorista de Antioquia y Tunja - Reten Sur, para el análisis de precios.

Siendo estos los mercados que presentaron el mayor número de datos de precio por Kg/mes, en el periodo comprendido entre 2006 al 2011(SIPSA 2015). Se estandarizo una base de datos con 72 valores de precios Kg/mes en cada mercado, por cada uno de los tres mercados relacionados por producto, durante 6 años, para un total 216 observaciones, con esta información se construyó un modelo econométrico estimativo del precio del durazno, siguiendo la misma metodología y con igual número de datos se elaboró el modelo estimativo de precio para la ciruela, a continuación las series de tiempo se normalizaron y analizaron de la siguiente manera:

Se partió de la revisión bibliográfica para establecer la fundamentación teórica de técnicas exploratorias, tomando como base, el Análisis Espectral Singular (AES) según (Ramirez-Nuñez, Ariza-Hdez, & C., 2012) y complementándolo con el método de Loess de acuerdo con (Giraldo-Gómez, 2006) para identificación de tendencias, empleando la función stl()[1]y el AES con paquete Rssa[2] del software libre R-project.

Por medio de exploración se pudo establecer el componente de tendencia, estacionalidad e irregularidad de cada una de las series de tiempo de los precios en cada uno de los mercados mayoristas. Luego se aplicó la metodología de Box-Jenkins, para explicar el comportamiento de los precios del durazno y ciruela en los mercados seleccionados; los pasos a desarrollar en cada uno de los modelos fueron:

---

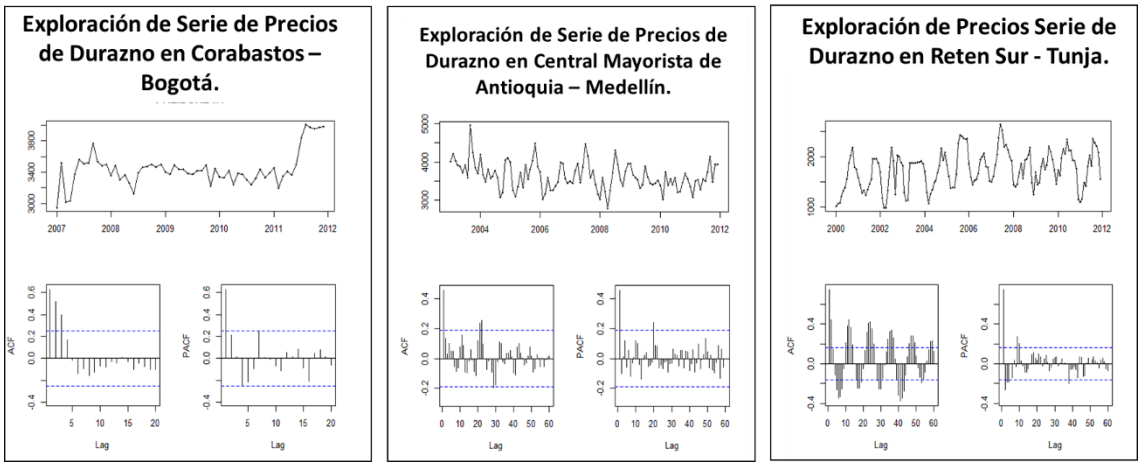
[1] Disponible en: http://www.inside-r.org/r-doc/stats/stl
[2] Disponible en: https://cran.r-project.org/web/packages/Rssa/Rssa.pdf

Primero, se categorizaron los datos según su origen para cada una de las especies en cada mercado mayorista, luego se normalizaron los datos de precios de Kg/mes, imputando los datos faltantes en cada una de las series de tiempo con el promedio de los datos adyacentes en el periodo, se decidió no deflactar los precios ya que el Índice de Precios al Consumidor (IPC), para el renglón de alimentos no tuvo una variación significativa, y al ser aplicado suaviza en comportamiento de la serie de tiempo, lo cual afecta el comportamiento y sesgar la información para su análisis.

Luego se realizó observación exploratoria ver ilustración 1. Modelación series de tiempo de precios de durazno 2006 - 2011 e ilustración 2. Modelación series de tiempo de precios de ciruela 2006 - 2011, por medio del Análisis Espectral Singular (AES) y método de Loess, de esta manera se identificó la existencia o ausencia de tendencia y estacionalidad en la serie de tiempo, de igual manera se verificó la validez del modelo elegido por la metodología de Box & Jenkins.

Se probaron modelaciones de tipo: AR, MA, ARMA, ARIMA y SARIMA, seleccionado la más adecuada para la exploración de la serie, a continuación el modelo se ajustó para cada uno de los mercados fin de observar gráficamente su comportamiento, aceptando el modelo para cada mercado que presenta el criterio de información de Akaike (AIC) con los valores más pequeños y que cumpliera con supuestos de varianza con errores no autocorrelacionados, normalidad y ruido blanco, requeridos para darle valides al modelo.

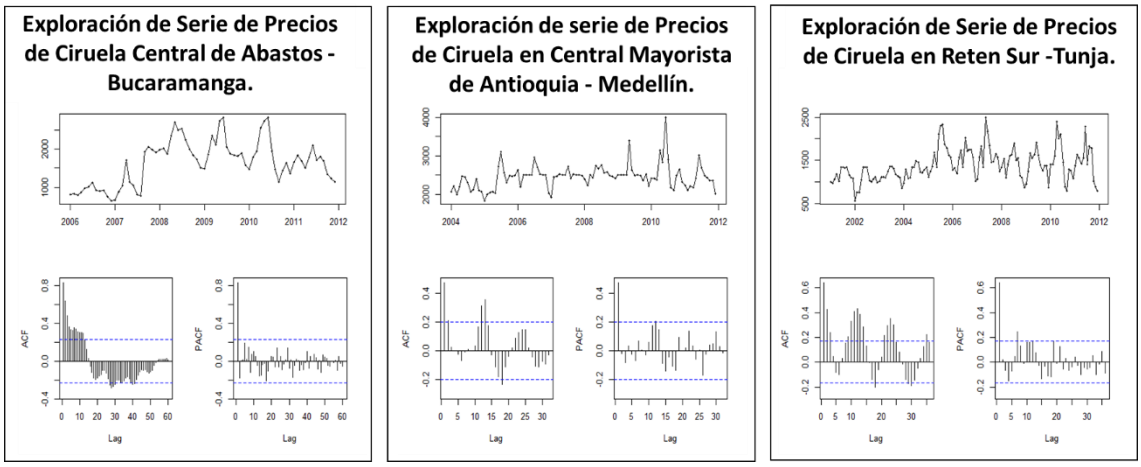
Ilustración 1. Modelación Series de tiempo de precios de durazno 2006-2011.



Fuente: Elaboración Propia.

Cada ilustración se compone de tres partes, la primera son la serie de tiempo completa con los datos imputados desde los precios adyacentes, la segunda el grado de auto correlación y la tercera prevalencia dentro de la serie de la estacionalidad y la duración del ciclo.

Ilustración 2. Modelación Series de tiempo de precios de ciruela 2006-2011.



Fuente: Elaboración Propia.

Para la evaluación de la volatilidad en la serie se elaboró el correlograma de los residuales al cuadrado, por el cual se identificó la presencia de correlación entre los residuos al cuadrado, que excedían el intervalo de confianza y su prevalencia sobre los demás datos dentro del modelo, así se logró identificar la existencia o ausencia de volatilidad dentro de los valores de la serie de tiempo.

La percepción general del comportamiento de los precios de los alimentos es que son productos con precios estacionales y volátiles, en este aspecto convergen varios autores (Gilbert & Morgan, 2010; GOȘA & FEHER, 2011; Onour & Sergi, 2011; Viñas, 2011), por tal motivo la actividad agropecuaria es considerada de alto riesgo, siendo implementada en escenarios de alta incertidumbre para los productores. Por este motivo (Aimin, 2010) asegura las pequeñas unidades productivas buscan optimizar sus ingresos mediante la diversificación de cultivos, con el fin de asegurar un nivel óptimo de ingresos.

Para el caso de un proyecto de inversión en frutales caducifolios, uno de los interrogantes grandes que se le presenta al empresarios seria: ¿qué precio se debe asignar al Kg,/de Fruta para hallar los ingresos durante el horizonte del proyecto?, la respuesta debe considerar las características propias del sistema de producción “cultivo permanente” , mercado destino de los productos y el comportamiento de los precios mayoristas (Puentes et al., 2008).

En este estudio se recurrió a información de datos históricos de precios de mercados mayoristas en un lapso de seis años, con mediciones mensuales. Razón por la cual se decide estudiar el comportamiento de los mismos con el objetivo de comprobar si existía tendencia, estacionalidad y volatilidad, en los mercados estudiados.

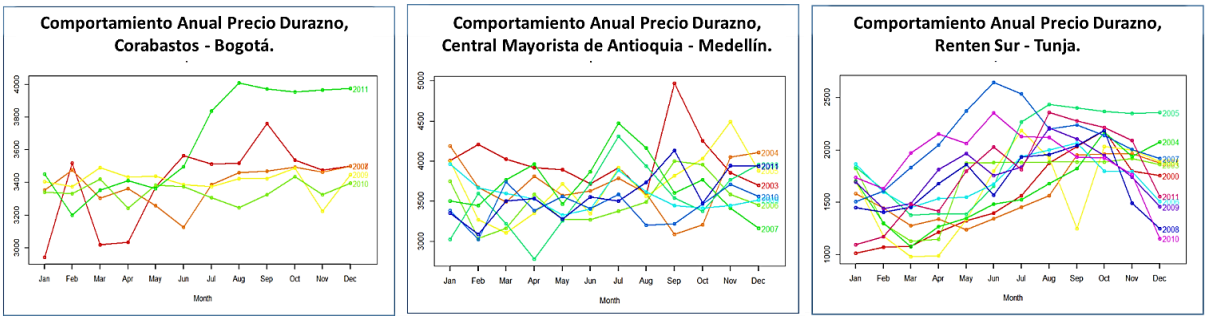
Los resultados encontrados fueron importantes dado que cambian la percepción que tienen los empresarios, profesionales y técnicos del sector, acerca de la afirmación “que

los productos agrícolas presentan altas variaciones de precios de manera repentina en los mercado mayorista", lo cual no se cumplió de manera estricta para el caso de la durazno y la ciruela en los mercados de Bogotá, Bucaramanga Medellín y Tunja.

4.1 Tendencia y estacionalidad de precios de durazno.

En una primera instancia la labor del análisis estuvo centrada en graficar la serie de tiempo de los precios del durazno y explorarla con mediante AES y Método de Loess, identificando que el comportamiento estacional y de tendencia no está presente en los mercados de Corabastos Bogotá y Central Mayoristas de Antioquia en Medellín, comportándose de manera diferenciada el mercado de Reten Sur donde hay presencia de Estacionalidad no muy definida y no hay tendencia clara, los resultados se presentan en Ilustración 3. Comportamiento Anual de Precios de Durazno.

Ilustración 3. Comportamiento Anual de Precios de Durazno.



Fuente: Elaboración Propia.

Se empleó análisis descriptivo de los datos como punto departida para la identificación del comportamiento histórico, analizando la homogeneidad o disparidad de las series de tiempo de precios en los mercados seleccionados para el estudio, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 1. Análisis descriptivo de precios de durazno.

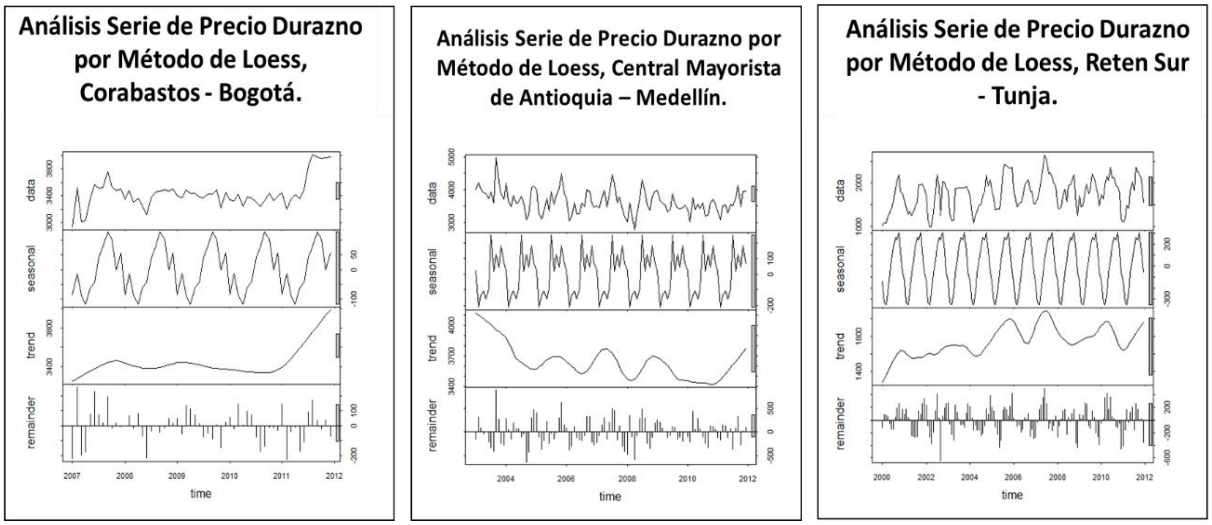
PLAZA	MÍNIMO	1° CUARTIL	MEDIA	3° CUARTIL	MÁXIMO	MEDIANA	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIABILIDAD
Precios Durazno Bogotá	$ 2.942	$ 3.348	$ 3.422	$ 3.494	$ 4.009	$ 3.440	47.709,5	218,4	6,35%
Precios Durazno Medellín	$ 2.779	$ 3.406	$ 3.584	$ 3.890	$ 4.970	$ 3.637	126.666,6	355,9	9,79%
Precios Durazno Tunja	$ 982	$ 1.455	$ 1.800	$ 2.000	$ 2.644	$ 1.747	136.106,5	368,9	21,11%

Fuente: Elaboración Propia.

Se identifica que los precios del durazno son homogéneos en los tres mercados analizados, presentando mayor variabilidad en el mercado de Tunja. Es relevante poner en evidencia que los mercados grandes presentan una mayor homogeneidad en sus datos en relación a los mercados pequeños, esto es debido a que poseen una oferta de ciruela y durazno más constante con relación a los mercados pequeños. Igualmente el mercado Plaza Reten Sur en la ciudad de Tunja, el cuales es el más cercano a las zonas de producción presenta un los precios más bajos, en relación a los mercados más distantes, en los cuales el precio es más elevando.

Tanto por AES como por el método de Loess, ratifican el comportamiento identificado en la modelación de la series de tiempo para los tres mercados seleccionados, en la Ilustración. Análisis Serie Precio Durazno en por medio método de Loess, se ilustra la presencia de ruido en las gráficas de estacionalidad, especialmente en los mercados de Bogotá y Medellín, siendo menor en el mercado de Tunja.

Ilustración 4. Análisis Serie Precio Durazno en por medio método de Loess.



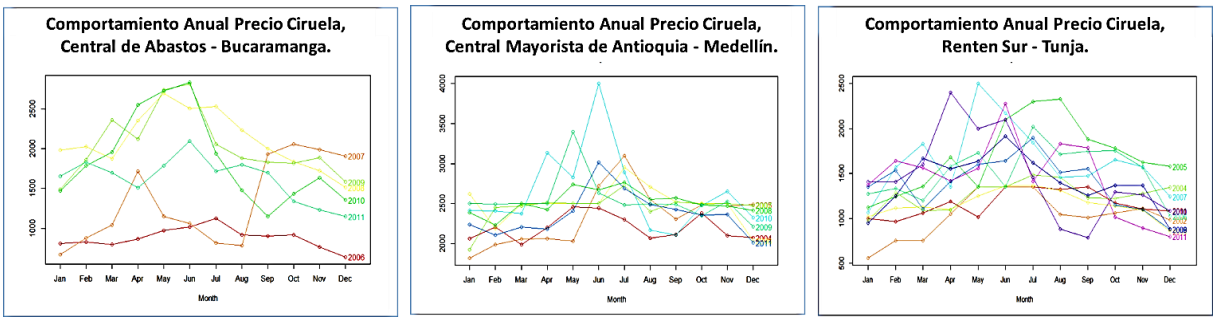
Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso del precio del durazno, el método de loess, no se identifica una tendencia definida en el periodo analizado en ninguno de los tres mercados analizados, hallando estacionalidad únicamente en el mercado de Reten Sur de la ciudad de Tunja, a diferencia de los mercados de Medellín y Bogotá los cuales poseen un comportamiento no estacional, dado que no se observan comportamientos cíclicos.

4.2 Tendencia y estacionalidad de precios de ciruela.

El comportamiento de las series históricas del precio en ciruela tiene un comportamiento similar al documentado anteriormente en el precio del durazno, se encuentra evidencia de tendencia únicamente en el mercado de Reten Sur en la Ciudad de Tunja.

Ilustración 5. Comportamiento Anual de Precios de Ciruela.



Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, en los tres mercados hay evidencias de presencia de estacionalidad, siendo más acentuada en el mercado de Reten Sur en la ciudad de Tunja. A continuación se presta el análisis descriptivo de los precios de ciruela.

Tabla 2. Análisis descriptivo de precios de ciruela.

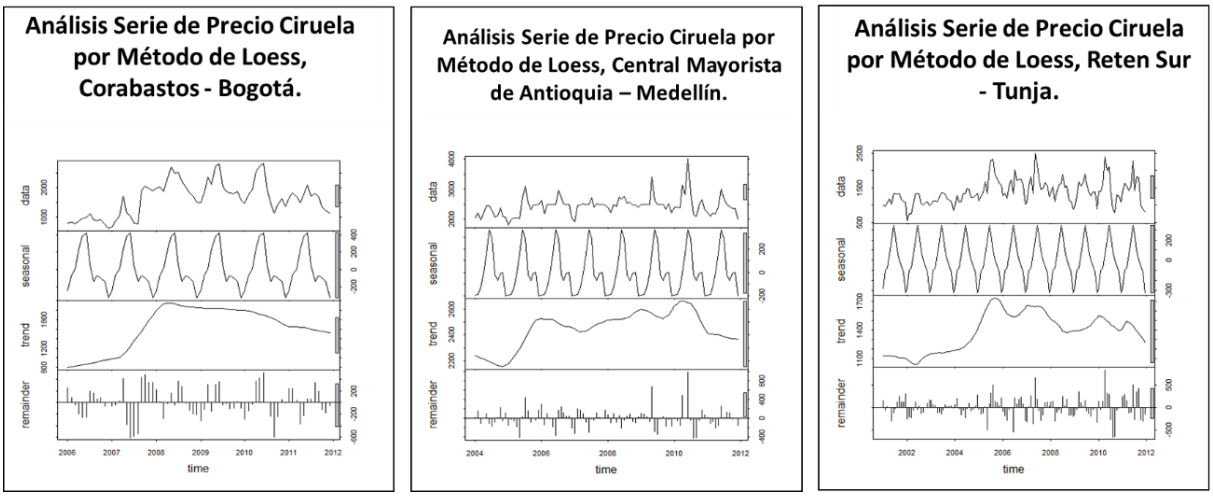
PLAZA	MÍNIMO	1° CUARTIL	MEDIA	3° CUARTIL	MÁXIMO	MEDIANA	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIABILIDAD
Precios Ciruela Bucaramanga	$ 641	$ 1.118	$ 1.706	$ 1.986	$ 2.831	$ 1.631	343.468,5	586,06	35,94%
Precios Ciruela Medellín	$ 1.820	$ 2.236	$ 2.476	$2.518	$ 4.000	$ 2.448	98.324,8	313,57	12,81%
Precios Ciruela Tunja	$ 559	$ 1.098	$ 1.345	$ 1.604	$ 2.500	$ 1.387	145.579,9	381,55	27,51%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 2. Análisis descriptivo de precios de ciruela, se identifica una la presencia de variabilidad en los datos analizados en los mercados de Bucaramanga y Tunja, la cual está

por encima del 30%, dado que los datos no son homogéneos, en contraste con la plaza de Medellín donde los datos son uniformes.

Ilustración 6. Análisis Serie Precio Ciruela en por medio método de Loess.

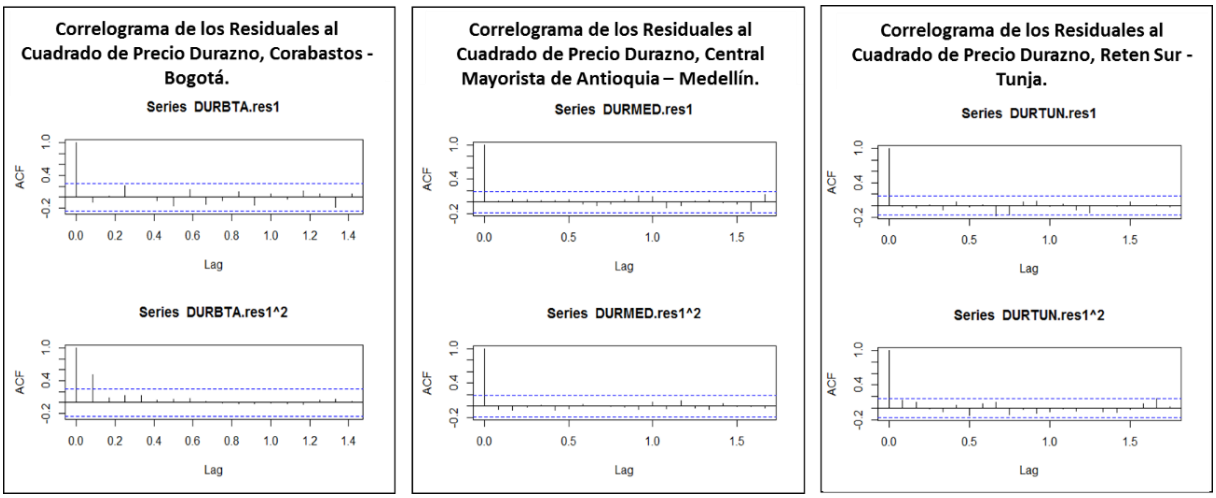


Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Volatilidad en precios de durazno y ciruela.

En el análisis posterior se concentró en la identificación de la presencia o ausencia de volatilidad en las series de tiempo para los mercados seleccionados, por medio del análisis de los correlogramas de cada producto, en los mercados seleccionados, No existe una clara evidencia de la volatilidad, ya que los residuos al cuadrado no se correlacionan en la mayoría de los retrasos en ninguno de las series de tiempo de los dos productos analizados.

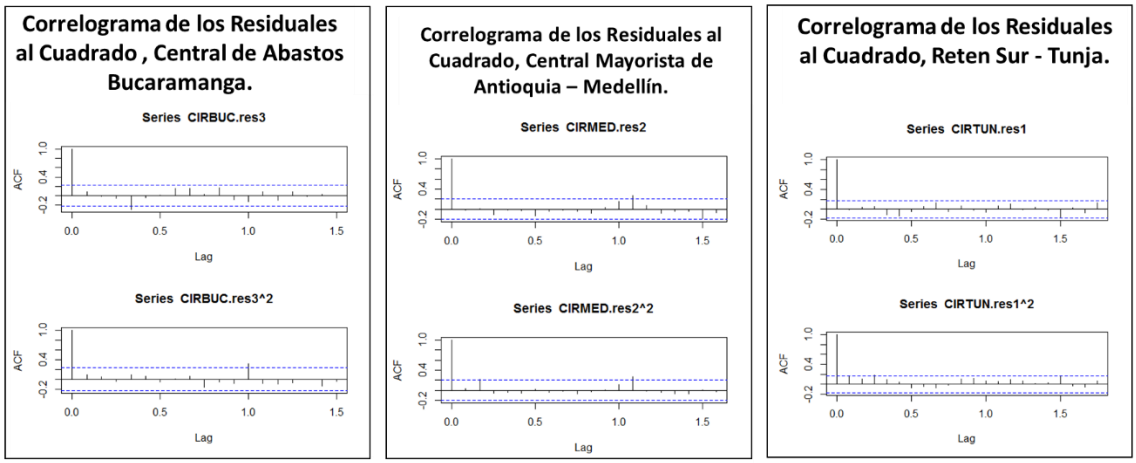
Ilustración 7. Análisis de Correlograma de Precios de Durazno



Fuente: Elaboración Propia.

En las ilustraciones 7. Análisis de correlograma de Precios de Durazno y 8 Análisis de correlograma de Precios de ciruela., no se grafican presencia recurrente de shocks de mercados para ninguno de los mercados analizados.

Ilustración 8. Análisis de Correlograma de Precios de Ciruela



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de resultados.

Al explorar las posibles causa del por qué no predomina la estacionalidad y volatilidad dentro de las series de tiempo de los precios de durazno y ciruela, en las centrales mayoristas analizadas, se hace relevante enunciar los siguientes hechos; para (G Fischer & Miranda, 2012) la implementación de paquetes tecnológicos en la producción de durazno con la técnica de cosecha forzada ha permitido la reelección de fruta durante todo el año, de igual manera, se han incrementado las áreas de producción en el país, garantizando una provisión constante en los mercados más grandes, evitando que se presenten periodos de escases.

Entendiendo que la volatilidad de los precios mide la variación o fluctuación de los precios en un periodo de tiempo (FAO, 2012), se hace una reflexión de cómo estas frutas en seis años no han tenido verdaderos incrementos en los precios de mercado, dado que su oferta es permanente en los mercados estudiados, esta situación mitiga la presencia de shocks en el mercado generados por la especulación y la estacionalidad de la producción, este aspecto resulta favorable para el consumidor pero afecta a los productores por los altos costos de producción, a la reducción de los ingresos y las utilidades de los agroempresarios.

Se plante que es debido a que este grupo de frutas poseen elasticidades altas lo cual indica que a mayores cambios en el precio varía el volumen demanda y ofertado, ya que los consumidores desisten de su consumo o suplen sus necesidades con productos sustitutos (Andreyeva et al., 2010), obligando a los precios a retomar su equilibrio, para el caso del durazno y la ciruela esta situación genera que los precios no presentan volatilidad, ya que

las fuerzas de mercado ejercen rápida acción y establecen rápidamente el nivel óptimo de precios, evitando la aparición de shocks en estos mercados.

En los mercados estudiados, la ausencia de estacionalidad y volatilidad puede presentarse por que la demanda del durazno y la ciruela, en las de plazas mayoristas analizadas, tienen volúmenes de comercialización elevados, y durante los periodos de escases de la producción existan numerosos oferentes que satisfacen la demanda evitando la presencia ciclos estacionales y volatilidad en los mercados; siendo mercados lo más parecido a un modelo de competencia perfecta, donde convergen múltiples oferentes y de mandantes los cuales fijan los precios por la leyes de demanda y oferta.

Es así que por medio de la metodología de Box y Jenkis según lo planteado por (De Arce & Mahía, 2003) es posible la elaboración de modelaciones econométricas de precio en mercados con presencia de incertidumbre, siendo una herramienta para el proceso de planeación de la producción, como lo expone (Hadjigeorgalis, 2004) los productores están en un entorno de inseguridad en el momento planear su siembra y cosecha, lo cual hace que el proceso de toma de decisiones sea bajo la expectativa de ingresos más que en un plan a largo plazo, esta situación es propia de la producción agropecuaria la cual posee riesgos por la incidencia de eventos fortuitos, dado que afectan los costos de producción y así elevan el grado de incertidumbre. El análisis de estos elementos aleatorios que se reflejan en los precios de mercado, puede ser modelado y proyectado a futuros con una mayor certeza, lo cual reduce el grado de incertidumbre de ingresos, y el impacto del riesgo en los costos de producción.

La modelación econométrica de comportamientos de precios por medio la Metodologías de AES y de Box y Jenkins en las series de tiempo de precios de mercados mayoristas, es una herramienta para la gestión de las agroempresa dedicadas al cultivo de durazno y ciruela en el departamento de Boyacá, dado que permite al reducir la incertidumbre y proyectar el comportamiento del precio a futuro en rangos de valores más acertados,

facilitando así la elaboración de análisis de sensibilidad sobre los ingresos y la formulación de estrategias para cada escenario con un grado de confianza mejorado frete a las expectativas coyunturales de los mercados agropecuarios.

La aplicación de estos modelos econométricos predictivos de comportamiento de precio de productos de origen agropecuario, en los procesos de: planeación de la producción, formulación de proyectos de inversión, diseño de estrategias de mercadeo, y la toma de decisiones, repercute directamente el mayores ingresos de los cultivadores, en cuanto se hace más eficiente la gestión de la agroempresa, al permitir la planeación estratégica y financiera a largo plazo.

Discusión.

El objetivo principal de la presente investigación fue identificar el índice de volatilidad y la estacionalidad, en los precios de mercados de caducifolios de mayor importancia económica para el departamento de Boyacá (durazno *"prunus pérsica",* ciruelo *"prunus salicina"*), en tres plazas mayoristas, se logró determinar que los precios no poseen un tendencia definida en el periodo analizado, de igual manera, no se comportan de manera estacional y no son volátiles dentro de la series de tiempo analizadas.

Estos resultados son congruentes con lo expuesto por (Andreyeva et al., 2010) donde el grupo de frutas posee un alta elasticidad de precio, siendo susceptible a grandes cambios en su demanda cuando se presentan pequeños cambios en su valor, limitando la frecuencia e intensidad de los shocks y en consecuencia la volatilidad, para (Gilbert & Morgan, 2010), la volatilidad está asociada a su inelasticidad de los productos de alimenticios de primera necesidad, y a la capacidad de ingreso de los consumidores, excluyendo a los caducifolios de esta categoría por su fácil sustitución en los mercados por el consumo de otras frutas.

El estudio de la volatilidad a partir de la crisis de 2008 y 2009 se ha concentrado en efecto que tienen el incremento súbito del valor de los alimentos de primera necesidad y su efecto en la seguridad alimentaria en las naciones en vía de desarrollo, en especial las entidades FAO, CEPAL, El Banco Mundial, entre otras, las cuales abordan el tema desde la perspectiva del acceso a fuentes adecuadas de nutrición por parte de los más pobres; limitando y concentrando la producción científica referente al estudio de precios de los grupos cereales, aceites y carnes. Dejando de lado el estudio del comportamiento de los

precios de mercado y la volatilidad en otros productos agropecuarios que no hacen parte de la canasta.

El principal aporte del presente estudio es la aplicación de modelos econométricos, que analizan el comportamiento histórico de las series de tiempo de precios de mercados mayoristas en durazno y ciruela, los cuales se pueden emplear para la elaboración de modelos predictivos de ingresos, dotando de una herramienta necesaria en la evaluación financiera de estos proyectos de cultivos de tardío rendimiento como lo son los caducifolios, con el fin de minimizar el riesgo sobre la toma de decisiones por parte de los agricultores, los cuales realizan grandes inversiones en su implementación y mantenimiento, en entorno de gran incertidumbre.

La modelación de comportamientos de mercados mayoristas en el país, aplicada a la gestión de las agroempresas, facilita el desarrollo de estrategias organizacionales adecuadas a los mercados locales, permitiendo realizar evaluaciones financieras más ajustadas a los contextos de nacionales, haciendo más completiva la agricultura colombiana.

A. Anexo: Históricos de precios.

Histórico de precios de durazno Corabastos - Bogotá

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	**Bogotá ($/Kg)**	**Bogotá ($/Kg)**	**Bogotá ($/Kg)**	**Bogotá ($/Kg)**	**Bogotá ($/Kg)**	**Bogotá ($/Kg)**
Ene	$0	$2.942	$3.352	$3.404	$3.341	$3.452
Feb	$0	$3.518	$3.476	$3.374	$3.330	$3.198
mar	$0	$3.017	$3.302	$3.491	$3.421	$3.351
Abr	$0	$3.034	$3.361	$3.433	$3.242	$3.411
may	$0	$3.371	$3.257	$3.438	$3.383	$3.362
Jun	$0	$3.563	$3.125	$3.386	$3.375	$3.496
Jul	$0	$3.511	$3.387	$3.375	$3.306	$3.836
ago	$0	$3.518	$3.461	$3.422	$3.244	$4.009
set	$0	$3.762	$3.470	$3.422	$3.324	$3.973
oct	$3.101	$3.538	$3.494	$3.489	$3.434	$3.955
nov	$2.943	$3.476	$3.464	$3.222	$3.326	$3.966
dic	$2.954	$3.500	$3.501	$3.449	$3.395	$3.961

Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

Histórico de precios de durazno Central Mayorista de Antioquia – Medellín

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)
ene	$3.746,00	$3.500,00	$3.021,00	$3.964,00	$3.382,00	$3.351,00
feb	$3.033,00	$3.443,00	$3.599,00	$3.669,00	$3.023,00	$3.087,00
mar	$3.163,00	$3.767,00	$3.218,00	$3.596,00	$3.742,00	$3.503,00
abr	$3.584,00	$3.961,00	$2.779,00	$3.530,00	$3.384,00	$3.536,00
may	$3.268,00	$3.463,00	$3.255,00	$3.323,00	$3.556,00	$3.273,00
jun	$3.270,00	$3.866,00	$3.725,00	$3.400,00	$3.408,00	$3.553,00
jul	$3.379,00	$4.472,00	$4.308,00	$3.889,00	$3.583,00	$3.500,00
ago	$3.488,00	$4.163,00	$3.935,00	$3.618,00	$3.202,00	$3.738,00
set	$4.000,00	$3.600,00	$3.543,00	$3.445,00	$3.217,00	$4.132,00
oct	$3.957,00	$3.766,00	$3.379,00	$3.416,00	$3.462,50	$3.476,00
nov	$3.581,00	$3.412,00	$3.765,00	$3.446,00	$3.708,00	$3.942,00
dic	$3.452,00	$3.159,00	$3.956,00	$3.517,00	$3.557,00	$3.939,29

Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

Histórico de precios de durazno Reten Sur – Tunja.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)
ene	$1.867,00	$1.507,00	$1.447,00	$1.694,00	$1.737,00	$1.096,00
Feb	$1.598,00	$1.609,00	$1.404,00	$1.440,00	$1.630,00	$1.170,00
mar	$1.447,00	$1.831,00	$1.455,00	$1.489,00	$1.972,00	$1.484,00
Abr	$1.535,00	$2.046,00	$1.678,00	$1.813,00	$2.154,00	$1.418,00
may	$1.551,00	$2.371,00	$1.860,00	$1.964,00	$2.062,00	$1.800,00
Jun	$1.674,00	$2.644,00	$1.568,00	$1.756,00	$2.353,00	$2.027,00
Jul	$1.939,00	$2.533,00	$1.932,00	$1.837,00	$2.130,00	$1.815,00
ago	$2.000,00	$2.200,00	$1.956,00	$2.209,00	$2.121,00	$2.357,00
set	$2.067,00	$2.238,00	$2.044,00	$2.104,00	$1.933,00	$2.276,00
oct	$1.800,00	$2.138,00	$2.186,00	$1.947,00	$1.923,00	$2.213,00
nov	$1.794,00	$2.005,00	$1.490,00	$1.742,00	$1.766,00	$2.089,00
dic	$1.509,00	$1.916,00	$1.248,00	$1.458,00	$1.153,00	$1.556,67

Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

Histórico de precios de ciruela Centro Abastos-Bocamanga.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	Bucaramanga ($/Kg)	Bucaramanga ($/Kg)	Bucaramanga ($/Kg)	Bucaramanga ($/Kg)	Bucaramanga ($/Kg)	Bucaramanga ($/Kg)
ene	$810,00	$670,00	$1.984,00	$1.488,00	$1.468,00	$1.652,00
feb	$829,00	$879,00	$2.026,00	$1.860,00	$1.784,00	$1.828,00
mar	$795,00	$1.043,00	$1.872,00	$2.358,00	$1.955,00	$1.699,00
abr	$866,00	$0,00	$2.354,00	$2.119,00	$2.548,00	$1.507,00
may	$974,00	$1.147,00	$2.696,00	$2.736,00	$2.726,00	$1.788,00
jun	$1.020,00	$1.059,00	$2.501,00	$2.816,00	$2.831,00	$2.093,00
jul	$1.125,00	$816,00	$2.528,00	$2.058,00	$1.939,00	$1.714,00
ago	$917,00	$782,00	$2.233,00	$1.878,00	$1.475,00	$1.801,00
set	$901,00	$1.928,00	$2.003,00	$1.832,00	$1.149,00	$1.696,00
oct	$916,00	$2.054,00	$1.839,00	$1.817,00	$1.431,00	$1.337,00
nov	$762,00	$1.990,00	$1.724,00	$1.885,00	$1.637,00	$1.230,00
dic	$641,00	$1.906,00	$1.513,00	$1.583,00	$1.356,00	$1.147,14

Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

Histórico de precios de ciruela Central Mayorista de Antioquia – Medellín.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)	Medellín ($/Kg)
ene	$2.624,00	$1.922,00	$2.388,00	$2.500,00	$2.417,00	$2.237,00
feb	$2.189,00	$2.453,00	$2.235,00	$2.493,00	$2.406,00	$2.105,00
mar	$2.496,00	$2.469,00	$2.500,00	$2.500,00	$2.376,00	$2.208,00
abr	$2.500,00	$2.517,00	$2.427,00	$2.500,00	$3.137,00	$2.182,00
may	$2.500,00	$2.500,00	$2.742,00	$3.400,00	$2.828,00	$2.410,00
jun	$2.500,00	$2.500,00	$2.669,00	$2.636,00	$4.000,00	$3.015,00
jul	$2.952,00	$2.728,00	$2.765,00	$2.486,00	$2.893,00	$2.687,00
ago	$2.708,00	$2.404,00	$2.551,00	$2.497,00	$2.171,00	$2.487,00
set	$2.521,00	$2.521,00	$2.568,00	$2.488,00	$2.106,00	$2.428,00
oct	$2.504,00	$2.497,00	$2.485,00	$2.353,00	$2.380,00	$2.355,00
nov	$2.500,00	$2.500,00	$2.472,00	$2.528,00	$2.654,00	$2.362,00
dic	$2.037,00	$2.479,00	$2.416,00	$2.211,00	$2.323,00	$2.012,50

Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

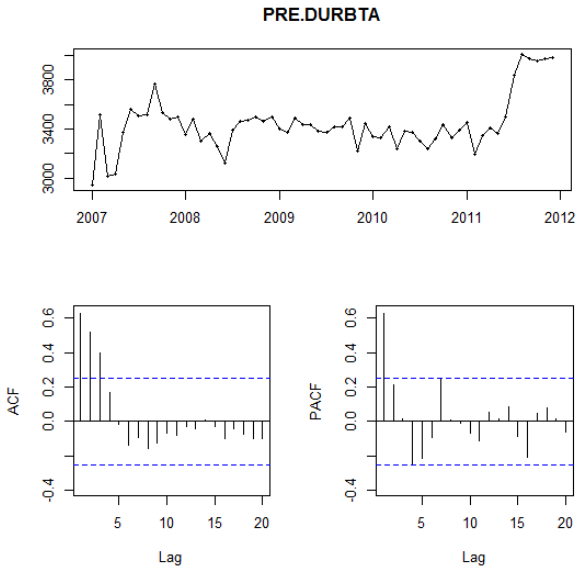
Histórico de precios de durazno Reten Sur – Tunja.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MES	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)	Tunja ($/Kg)
ene	$1.275,00	$1.068,00	$1.350,00	$951,00	$1.404,00	$1.375,00
feb	$1.334,00	$1.566,00	$1.533,00	$1.250,00	$1.404,00	$1.638,00
mar	$1.202,00	$1.833,00	$1.102,00	$1.666,00	$1.599,00	$1.560,00
abr	$1.578,00	$2.166,50	$1.414,00	$1.554,00	$2.400,00	$1.417,00
may	$1.728,00	$2.500,00	$1.600,00	$1.633,00	$2.000,00	$1.558,00
jun	$1.874,00	$2.169,00	$1.642,00	$1.917,00	$2.100,00	$2.276,00
jul	$2.020,00	$1.840,00	$1.900,00	$1.618,00	$1.459,00	$1.413,00
ago	$1.713,00	$1.459,00	$1.513,00	$1.393,00	$883,00	$1.831,00
set	$1.747,00	$1.476,00	$1.552,00	$1.255,00	$788,00	$1.788,00
oct	$1.755,00	$1.653,00	$1.147,00	$1.369,00	$1.295,00	$1.013,00
nov	$1.569,00	$1.573,00	$1.099,00	$1.369,00	$1.259,00	$892,00
dic	$1.024,00	$1.243,00	$877,00	$881,00	$1.081,00	$799,22

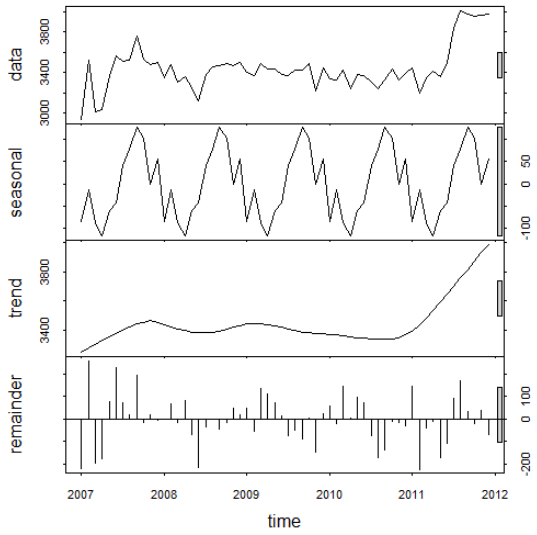
Fuente: Elaborado por AGRONET con base en: Arias Segura, Joaquin - IICA -. Análisis técnico de precios - Nota técnica. Bogotá, octubre de 2005. Hernández, Elsa y Sánchez, Herbert. Modelo para el análisis técnico de precios - CCI - Bogotá, agosto de 2005. Precios reportados por Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario - Corporación Colombia Internacional.

B. Anexo: Memorias de cálculo de para identificación de la estacionalidad y volatilidad de precios de mercado.

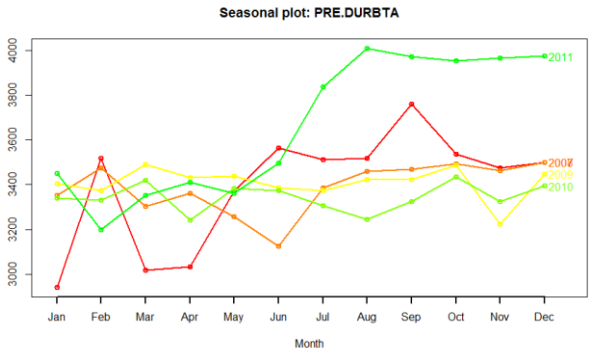
Resultados series de tiempo para mercado de durazno Corabastos - Bogotá.



Exploramos la serie mediante Loess. Se obtienen los siguientes resultados:



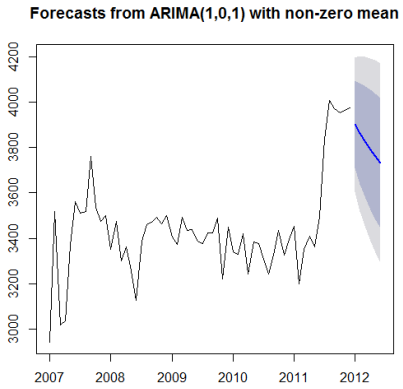
Evaluamos estacionalidad



De acuerdo al análisis exploratorio anterior, se concluye que la serie no tiene tendencia y no se aprecia estacionalidad, mismo diagnóstico.

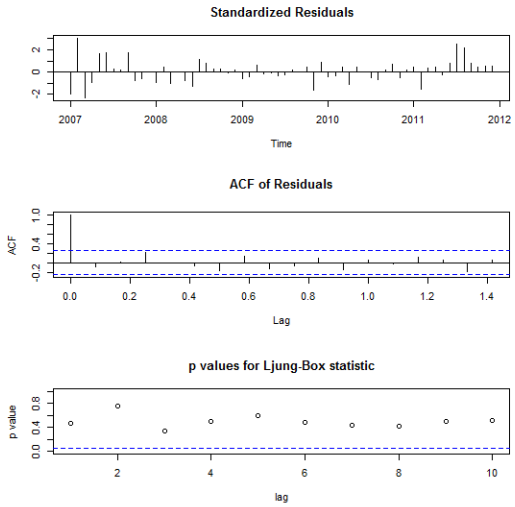
Ajuste de modelo.

Después de ajustar diferentes modelos, se eligió el modelo con el AIC más pequeño, este modelo cumple con los supuestos de normalidad y ruido blanco. Los resultados son:




```
> fit1 <- Arima(PRE.DURBTA, order=c(1,0,1))
> plot(forecast(fit1, h=6))
> fit1
Series: PRE.DURBTA
ARIMA(1,0,1) with non-zero mean

Coefficients:
         ar1      ma1  intercept
      0.9078  -0.3171   3460.495
s.e.  0.0829   0.1386    127.055

sigma^2 estimated as 22652:  log likelihood=-386.56
AIC=781.12   AICc=781.84   BIC=789.49
```

La funcion «`tsdiag`» elabora gráficos de residuos, *FAS* de residuos, y valores *p* de Ljung-Box para cada retardo.



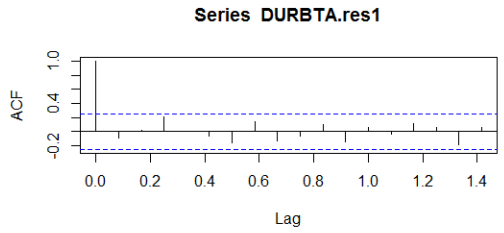
En el gráfico de residuos tipificados se pudo comprobar para ambos modelos como la mayoría son pequeños. El grafico *ACF* no debe mostrar autocorrelaciones importantes. Al observar los *p*-valores correspondientes a la prueba de Ljung-Box, para todos los retardos no se rechaza la hipótesis de que las autocorrelaciones estimadas son normales con media cero y varianza $1/n$. Todos los *p* valores deben estar por encima de la línea azul punteada del 5% (Guisande et al., 2013). En R que realiza un test conjunto para contrastar la hipótesis nula de que se trata de ruido blanco.

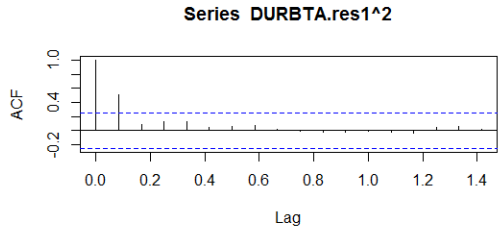
```
> Box.test(fit1$resid, type="Ljung")


        Box-Ljung test


data:  fit1$resid
X-squared = 0.5079, df = 1, p-value = 0.4761
```

Se puede aceptar que se trata de ruido blanco y por lo tanto, los residuos no conservan una estructura que deba ser explicada mediante un modelo más complejo. Evaluamos la normalidad de los errores:

```
> jarque.bera.test(fit1$residuals) # Si pasa

        Jarque Bera Test

data:  fit1$residuals
X-squared = 3.7595, df = 2, p-value = 0.1526
```

Para investigar la volatilidad de los precios para ambos modelos, observamos el correlograma de los residuales al cuadrado:

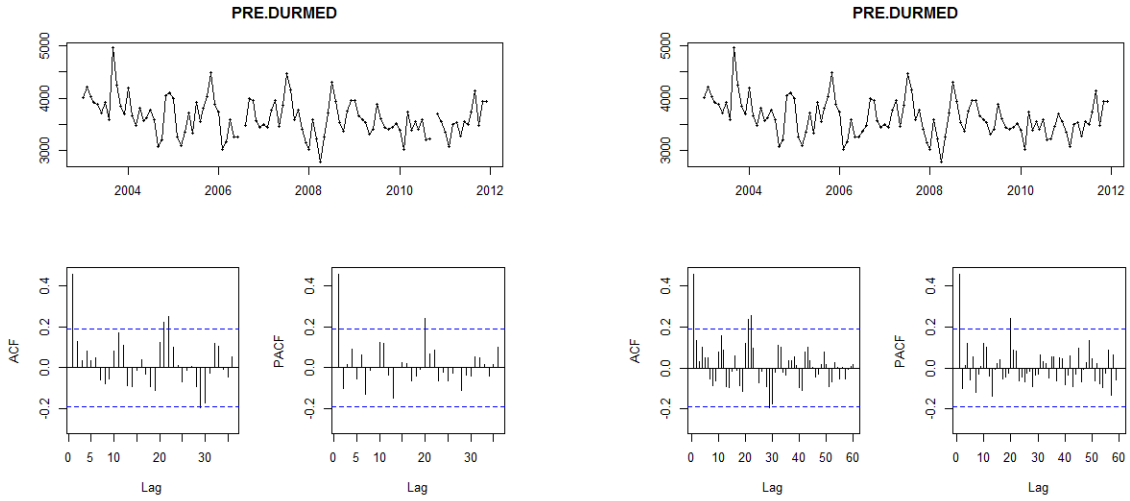




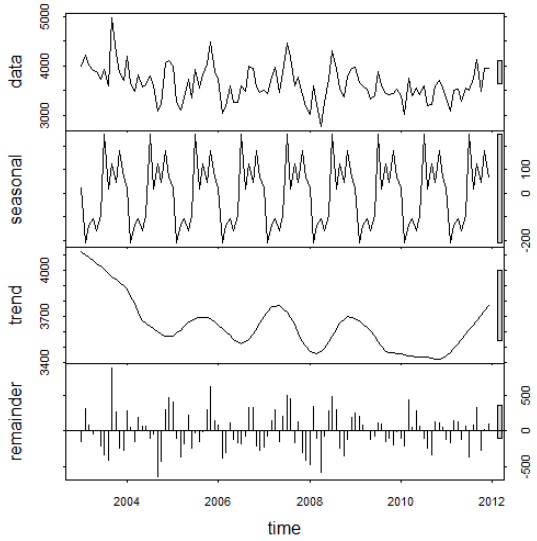
No existe una clara evidencia de la volatilidad, ya que los residuos al cuadrado no se correlacionan en la mayoría de los retrasos.

Resultados series de tiempo para mercado de durazno Central Mayosrista de Antioquia - Medellín.

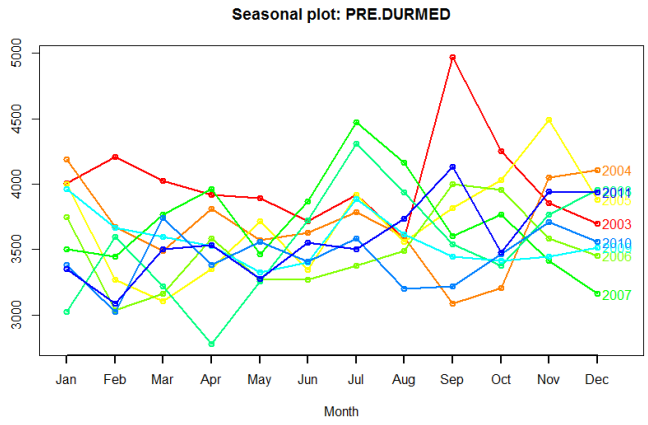
Exploración gráfica de la serie



Exploración de la serie mediante Loess. Se obtienen los siguientes resultados:



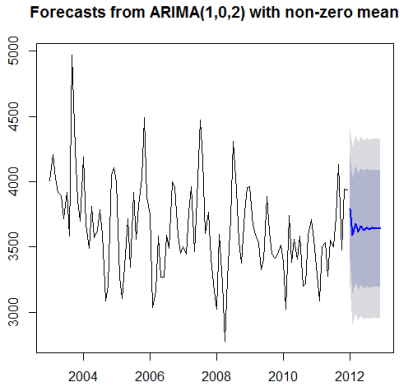
Evaluación de la estacionalidad

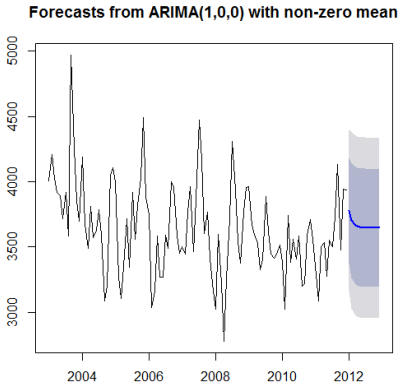


De acuerdo al análisis exploratorio anterior, se concluyó que la serie no tiene tendencia y no es evidente estacionalidad.

Ajuste de modelo.

Los resultados son:






```
> fit4 <- Arima(PRE.DURMED, order=c(1,0,2))

> plot(forecast(fit4, h=12))

> fit4

Series: PRE.DURMED

ARIMA(1,0,2) with non-zero mean
```

```
Coefficients:
          ar1     ma1     ma2  intercept
      -0.6739  1.1747  0.4497  3641.5584
s.e.   0.2913  0.2748  0.1167    46.7093

sigma^2 estimated as 96456:  log likelihood=-773.17
AIC=1556.34   AICc=1556.93   BIC=1569.76

> fit5 <- Arima(PRE.DURMED, order=c(1,0,0))
> plot(forecast(fit5, h=12))
> fit5
Series: PRE.DURMED
ARIMA(1,0,0) with non-zero mean

Coefficients:
         ar1  intercept
      0.4531  3644.7295
s.e.  0.0858    54.9632

sigma^2 estimated as 99004:  log likelihood=-774.52
AIC=1555.04   AICc=1555.27   BIC=1563.08
```

La funcion «`tsdiag`» elabora gráficos de residuos, *FAS* de residuos, y valores *p* de Ljung-Box para cada retardo.

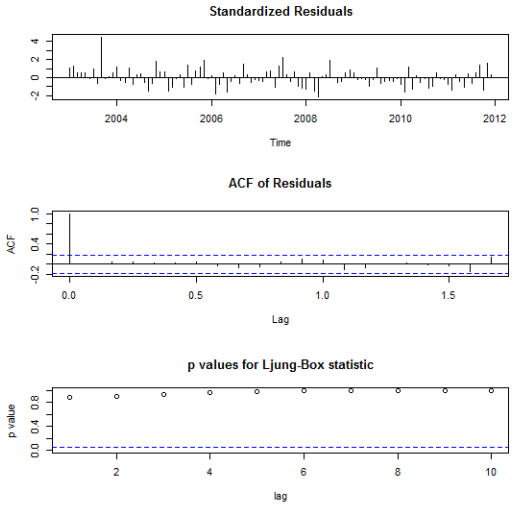


Figura 1. Ajuste fit4

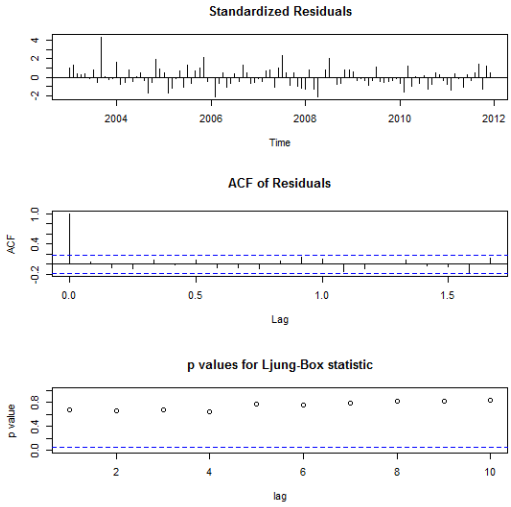


Figura 2. Ajuste fit5

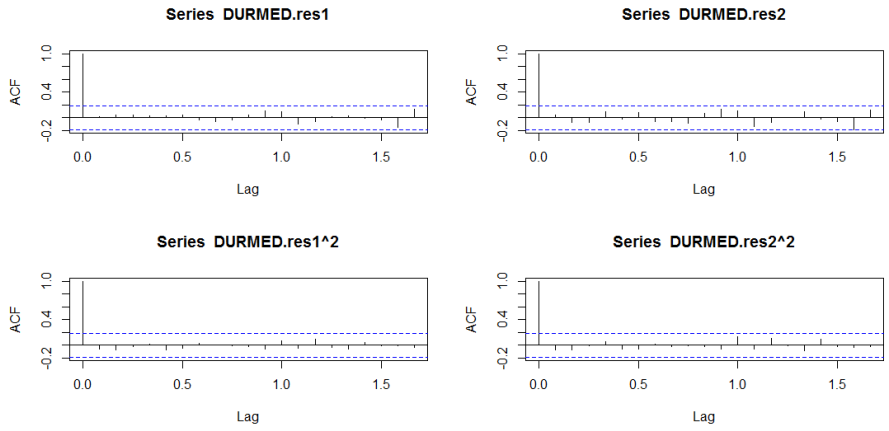
En el gráfico de residuos tipificados se pudo comprobar para ambos modelos que la mayoría son pequeños. El grafico *ACF* no debe mostrar autocorrelaciones importantes. Al observar los *p*-valores correspondientes a la prueba de Ljung-Box, para todos los retardos no se rechaza la hipótesis de que las autocorrelaciones estimadas son normales con media cero y varianza $1/n$. Todos los *p* valores deben estar por encima de la línea azul punteada del 5% (Guisande et al., 2013). En R que realiza un test conjunto para contrastar la hipótesis nula de que se trata de ruido blanco

```
> Box.test(fit4$resid, type="Ljung")


        Box-Ljung test


data:  fit4$resid
X-squared = 0.0226, df = 1, p-value = 0.8804



> Box.test(fit5$resid, type="Ljung")
```

```
        Box-Ljung test

data:  fit5$resid
X-squared = 0.1707, df = 1, p-value = 0.6795
```

Se puede aceptar que se trata de ruido blanco y por lo tanto, los residuos no conservan una estructura que deba ser explicada mediante un modelo más complejo.

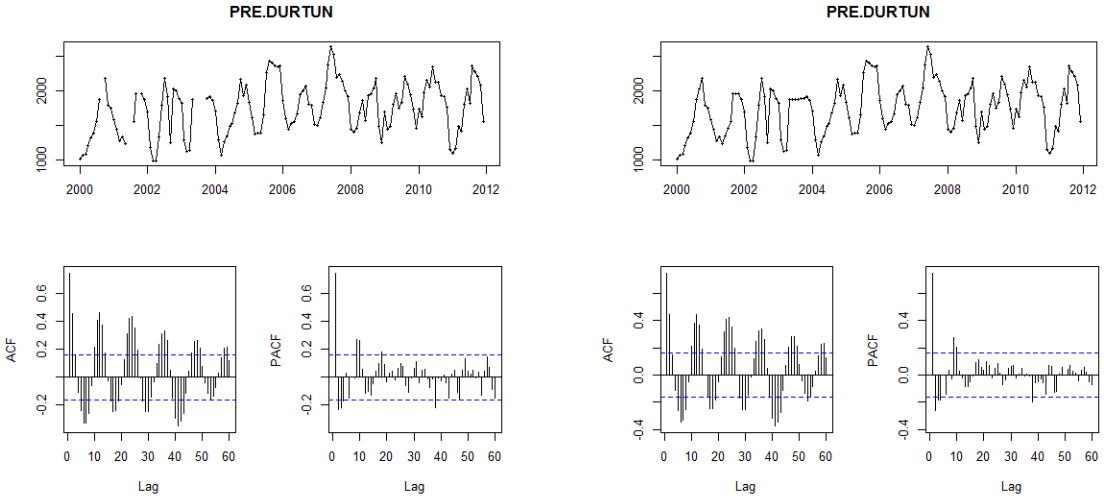
Para investigar la volatilidad de los precios para ambos modelos, evaluamos el correlograma de los residuales al cuadrado.



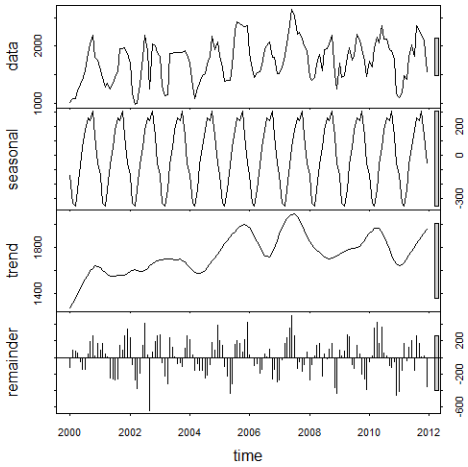
No existe una clara evidencia de la volatilidad, ya que los residuos al cuadrado no se correlacionan en la mayoría de los retrasos.

Conclusión: Seleccionamos el modelo AR(1), es decir “fit5”

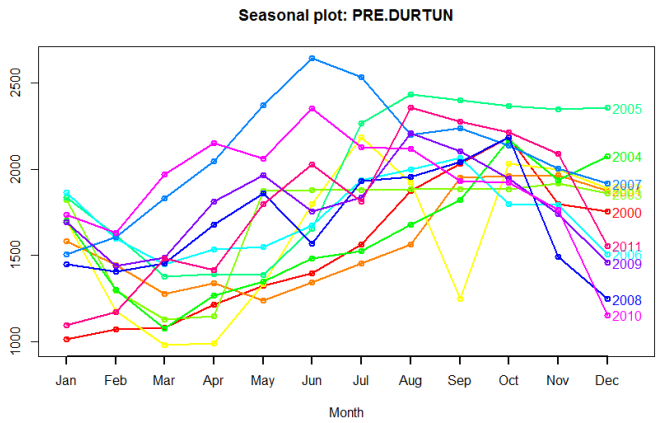
Resultados series de tiempo para mercado de durazno Reten Sur – Tunja.



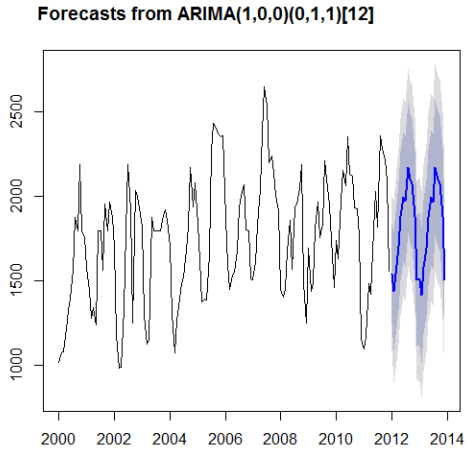
Exploración de la serie con Loess

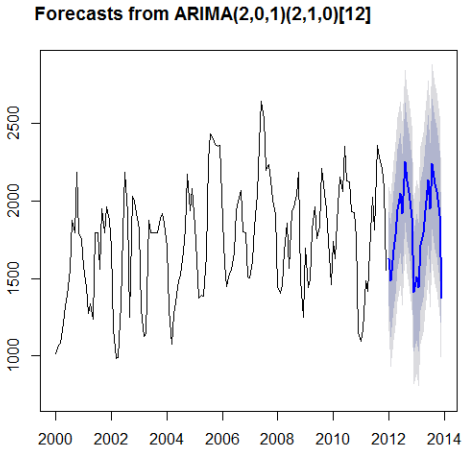


Evaluación de tendencia y estacionalidad



De acuerdo al diagnóstico anterior, se concluye que la seire no tiene tendencia y tiene estacionalidad anual.Se ajustan los siguientes modelos.





Los resultos de los modelos son:

```
> fit1 <- Arima(PRE.DURTUN, order=c(1,0,0), seasonal=c(0,1,1))

> plot(forecast(fit1, h=24))

> fit1

Series: PRE.DURTUN

ARIMA(1,0,0)(0,1,1)[12]
```

```
Coefficients:
         ar1     sma1
      0.6639  -0.6993
s.e.  0.0675   0.0857

sigma^2 estimated as 51125:  log likelihood=-907.19
AIC=1820.37   AICc=1820.56   BIC=1829.02

> fit2 <- Arima(PRE.DURTUN, order=c(2,0,1), seasonal=c(2,1,0))
> plot(forecast(fit2, h=24))
> fit2
Series: PRE.DURTUN
ARIMA(2,0,1)(2,1,0)[12]

Coefficients:
          ar1     ar2     ma1     sar1     sar2
      -0.2344  0.5462  0.9668  -0.5538  -0.3191
s.e.   0.0884  0.0871  0.0399   0.0869   0.0929

sigma^2 estimated as 52145:  log likelihood=-907.48
AIC=1826.95   AICc=1827.62   BIC=1844.25
```

Ajuste del modelo.

Evaluación de los supuestos del modelo

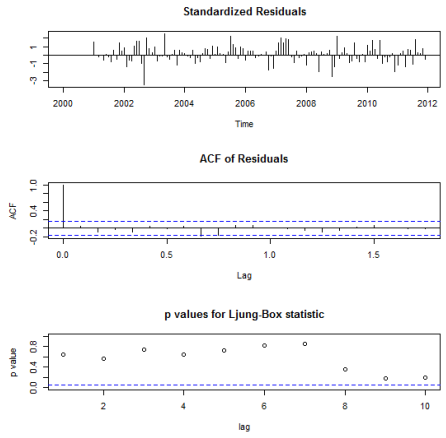


Figura 3. Ajuste fit 1

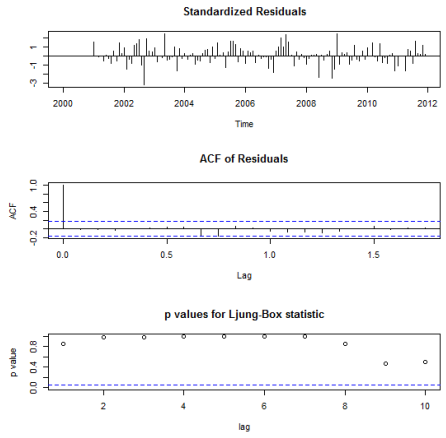
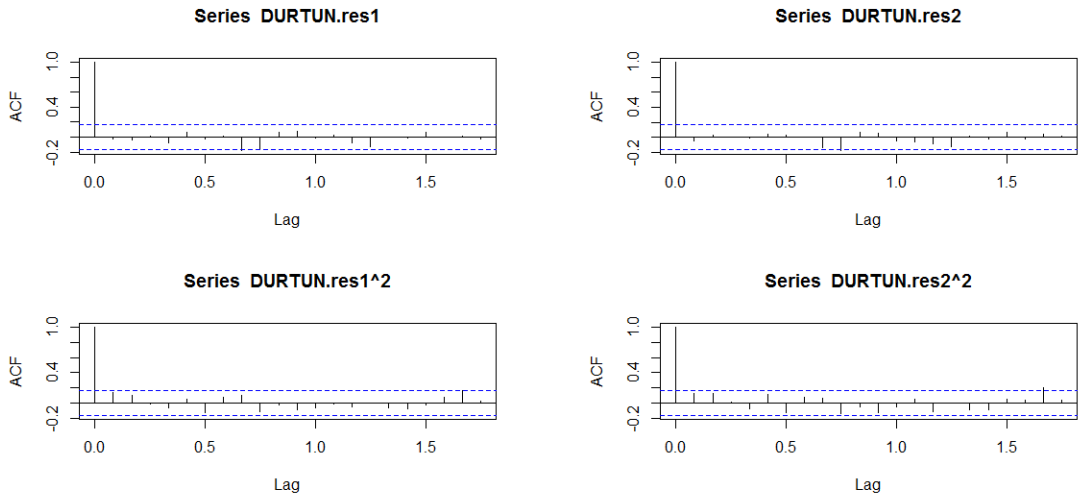


Figura 4. Ajuste fit 2

El test de Ljung Box comprueba que los errores son ruido blanco

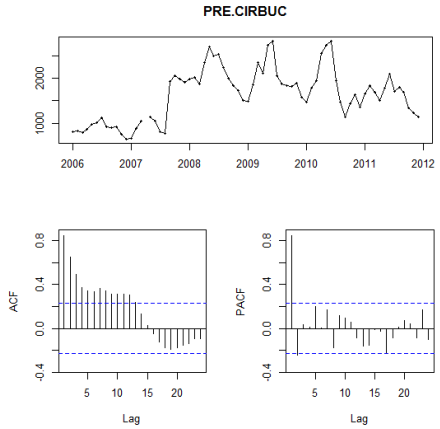
```
> Box.test(fit1$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit1$resid
X-squared = 14.0107, df = 12, p-value = 0.3



> Box.test(fit2$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit2$resid
X-squared = 9.9429, df = 12, p-value = 0.621
```

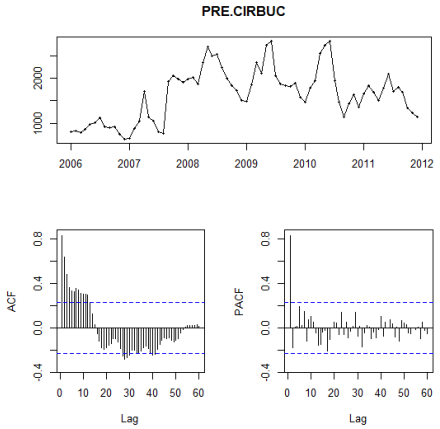
En ambos se comprueba que los errores tienen una estructura de ruido blanco. Evaluación de la volatilidad:



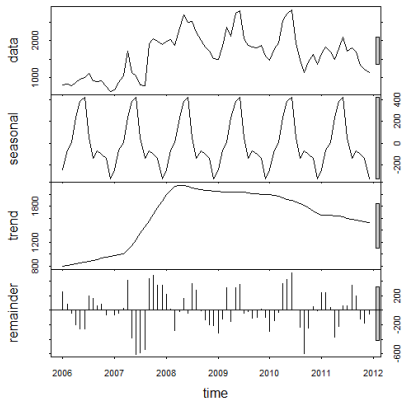
Se descarta volatilidad para el precio del durazno en Tunja, se selecciona el modelo “fit1”.

Resultados series de tiempo para mercado de ciruela Centroabastos – Bucaramanga.

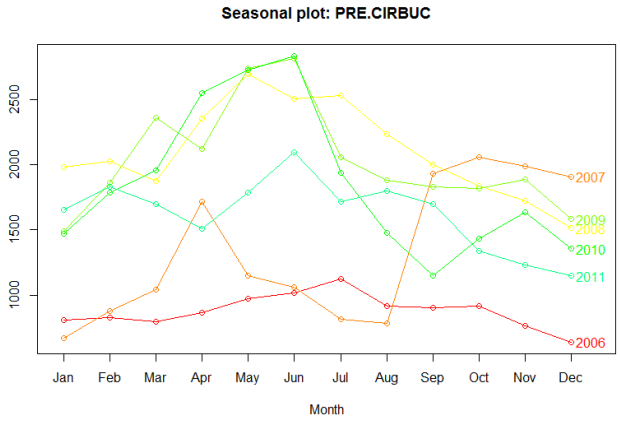




Exploración de la serie con Loess

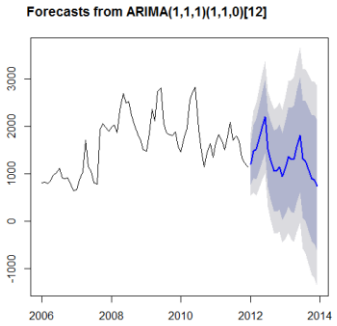


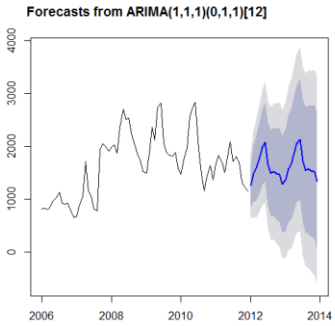
Evaluación de la tendencia y estacionalidad

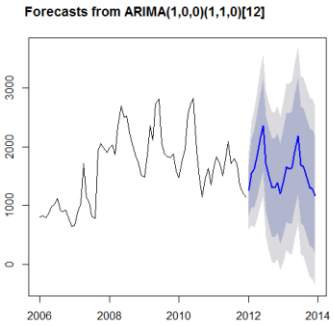


Ajsute del modelo.

Se realizaron los siguientes ajsutes a los modelos planteados.





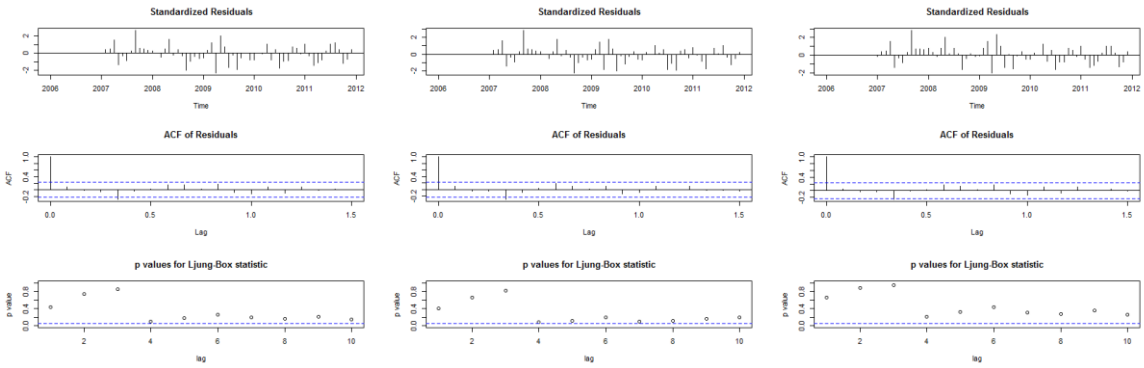


Los resultos de los modelos son:

```
> fit3 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,1,1), seasonal=c(1,1,0))
> plot(forecast(fit3, h=24))
> fit3
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,1,1)(1,1,0)[12]


Coefficients:
         ar1      ma1     sar1
      0.6814  -0.8612  -0.5767
```

```
s.e.  0.1656   0.1104   0.1106

sigma^2 estimated as 115333:  log likelihood=-430.17
AIC=868.35   AICc=869.09   BIC=876.66

> fit3.1 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,1,1), seasonal=c(0,1,1))
> plot(forecast(fit3.1, h=24))
> fit3.1
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,1,1)(0,1,1)[12]

Coefficients:
         ar1      ma1     sma1
      0.6870  -0.8442  -0.7850
s.e.  0.1787   0.1299   0.2523

sigma^2 estimated as 98465:  log likelihood=-428.45
AIC=864.9   AICc=865.64   BIC=873.21

> fit4 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,0,0), seasonal=c(1,1,0))
> plot(forecast(fit4, h=24))
> fit4
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,0,0)(1,1,0)[12]

Coefficients:
         ar1     sar1
      0.8652  -0.5540
s.e.  0.0650   0.1139
```

```
sigma^2 estimated as 114636:  log likelihood=-437.42
AIC=880.84   AICc=881.27   BIC=887.12
```



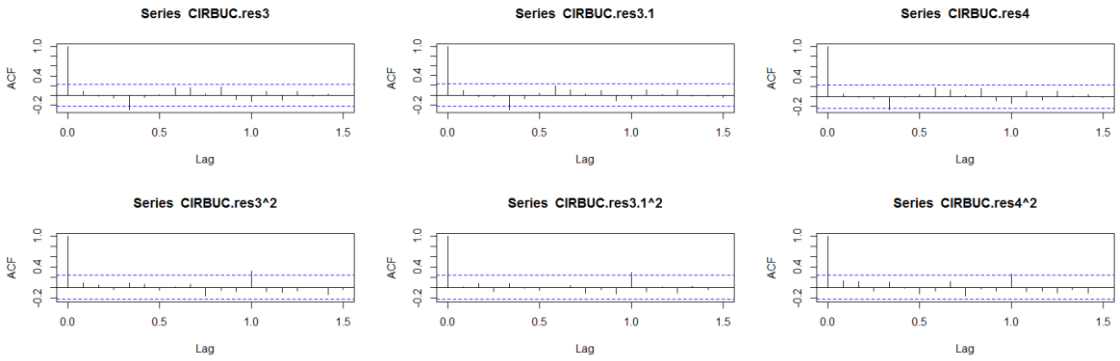
El test de Ljung Box comprueba que los errores son ruido blanco

```
> Box.test(fit3$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit3$resid
X-squared = 16.4966, df = 12, p-value = 0.1695

> Box.test(fit3.1$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit3.1$resid
X-squared = 15.3689, df = 12, p-value = 0.2219
```

```
> Box.test(fit4$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit4$resid
X-squared = 14.7456, df = 12, p-value = 0.2556
```

Prueba de normalidad de los residuales

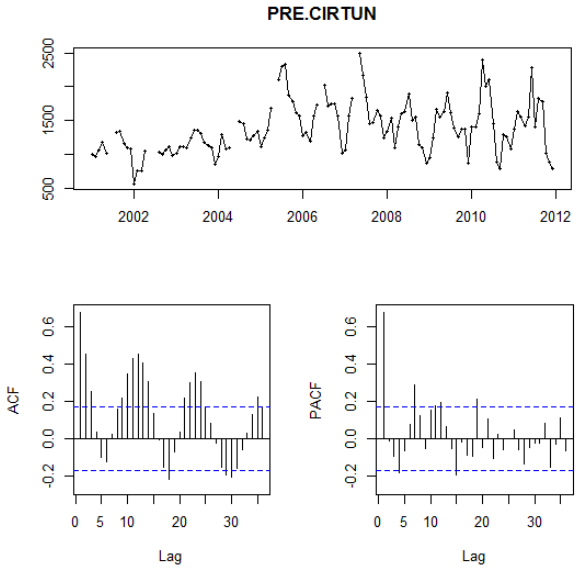
```
> jarque.bera.test(fit3$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit3$residuals
X-squared = 1.6086, df = 2, p-value = 0.4474

> jarque.bera.test(fit3.1$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit3.1$residuals
X-squared = 3.0754, df = 2, p-value = 0.2149

> jarque.bera.test(fit4$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit4$residuals
X-squared = 2.0539, df = 2, p-value = 0.3581
```



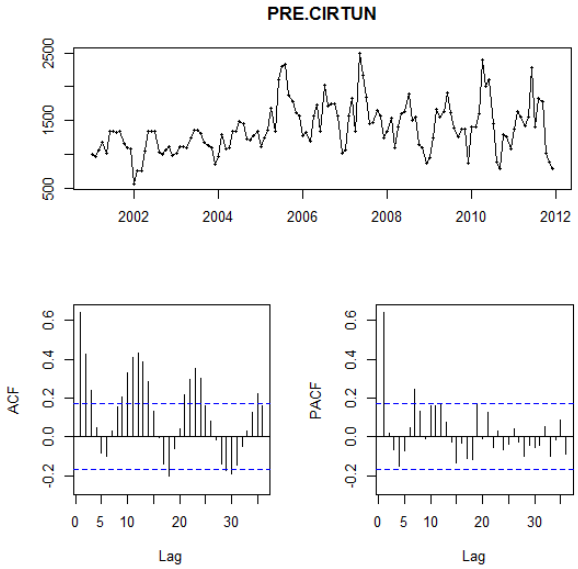
Se descarta volatilidad para el precio de la ciruela en Bucaramanga.

Resultados series de tiempo para mercado de ciruela Reten Sur – Tunja.

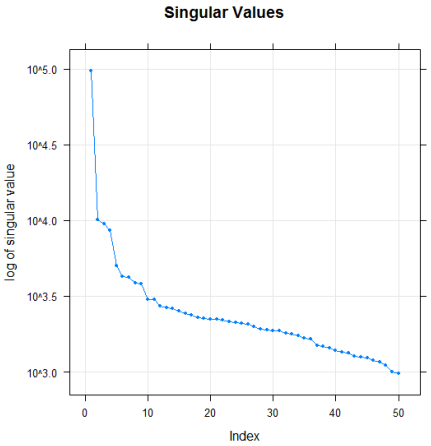
Exploración gráfica de la serie

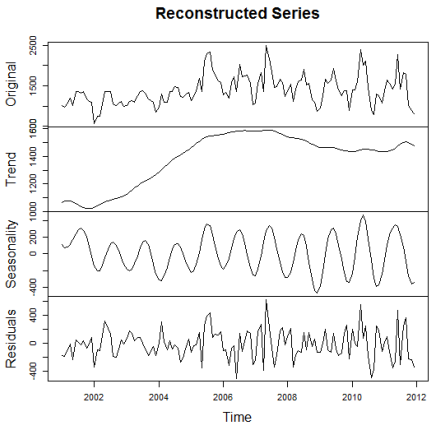


Se observan datos faltantes, imputamos datos con la mediana

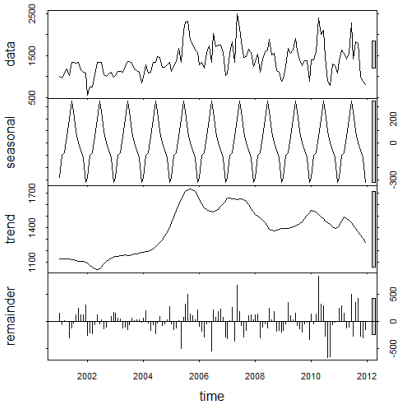


Exploración de la serie mediante análisis espectral singular y Loess. Se obtienen los siguientes resultados:

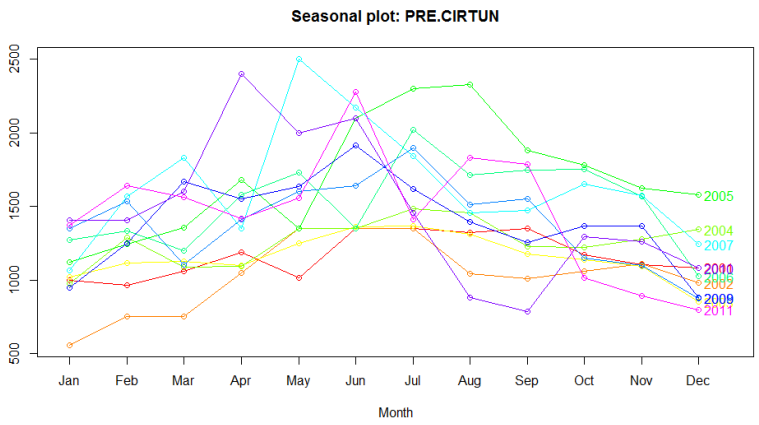




Resultados con Loess



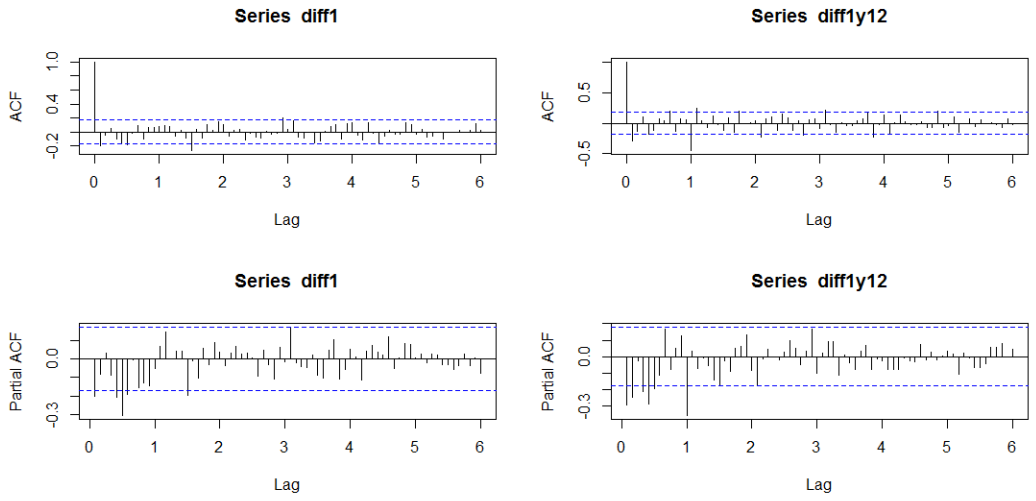
Evaluación de la estacionalidad



De acuerdo al análisis exploratorio anterior, con dos técnicas diferentes, se concluye que la serie tiene tendencia y estacionalidad, mismo diagnóstico.

Ajuste de modelo.

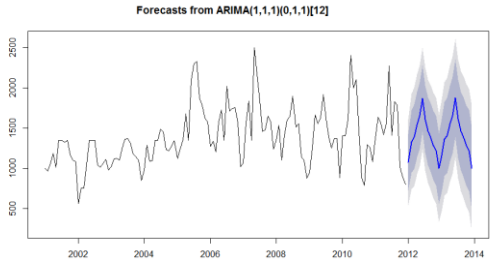
Teniendo en cuenta que la serie tiene tendencia y estacionalidad, empleamos diferencia de orden 1 para la parte regular y diferencia de orden 12 para la parte estacional.

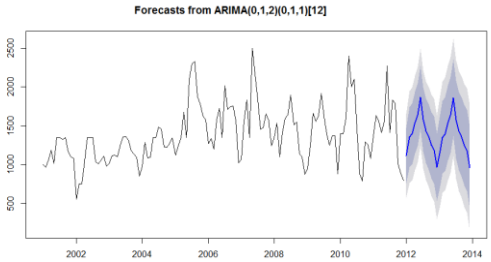


Después de observar las gráficas de autocorrelación simple y autocorrelación parcial de la serie doblemente diferenciada, ajustamos los siguientes modelos, evaluando en cada paso la significancia de los parámetros. Se eligieron los modelos con el AIC más pequeño. También se empleó la función `get.best.arima` (Cowpertwait, 2009)

SARIMA(1,1,1)X(0,1,1)_12

SARIMA(0,1,2)X(0,1,1)_12






```
> fit1 <- Arima(PRE.CIRTUN, order=c(1,1,1), seasonal=c(0,1,1))
> plot(forecast(fit1, h=24))
> fit1
Series: PRE.CIRTUN
ARIMA(1,1,1)(0,1,1)[12]

Coefficients:
         ar1      ma1     sma1
      0.3838  -0.9052  -0.7971
s.e.  0.1026   0.0500   0.1073

sigma^2 estimated as 73908:  log likelihood=-842.67
AIC=1693.35   AICc=1693.7   BIC=1704.46
> t(confint(fit1))
             ar1        ma1       sma1
2.5 %  0.1827867 -1.0032302 -1.0074139
97.5 % 0.5849093 -0.8071464 -0.5866983


> fit5 <- Arima(PRE.CIRTUN, order=c(0,1,2), seasonal=c(0,1,1))
> plot(forecast(fit5, h=24))
```

```
> fit5
Series: PRE.CIRTUN
ARIMA(0,1,2)(0,1,1)[12]

Coefficients:
          ma1      ma2     sma1
      -0.5564  -0.2648  -0.7782
s.e.   0.0857   0.0850   0.1016

sigma^2 estimated as 76102:  log likelihood=-843.82
AIC=1695.64   AICc=1695.99   BIC=1706.76
> t(confint(fit5))
              ma1        ma2       sma1
2.5 %  -0.7244411 -0.4313450 -0.9772654
97.5 % -0.3883082 -0.0982712 -0.5791198
```

La funcion ≪`tsdiag`≫ elabora gráficos de residuos, *FAS* de residuos, y valores *p* de Ljung-Box para cada retardo.

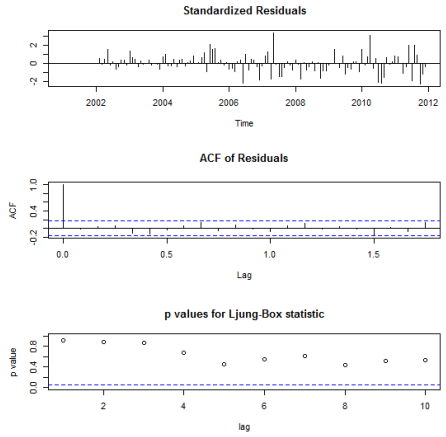


Figura 5. Ajuste modelo 1 (fit1)

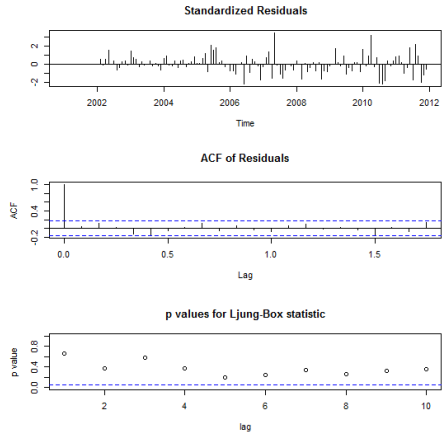


Figura 6. Ajuste modelo 2 (fit5)

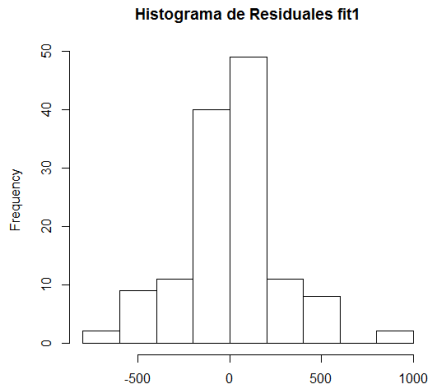
En el gráfico de residuos tipificados se puede comprobar para ambos modelos como la mayoría que son pequeños. El grafico *ACF* no debe mostrar autocorrelaciones importantes. Al observar los *p*-valores correspondientes a la prueba de Ljung-Box, para

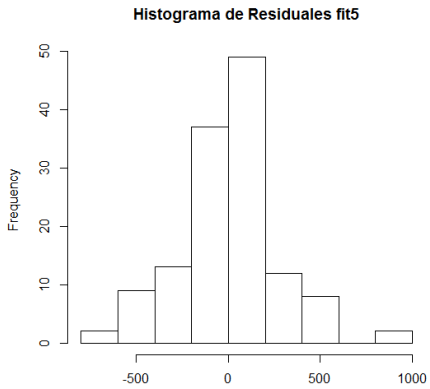
todos los retardos no se rechaza la hipótesis de que las autocorrelaciones estimadas son normales con media cero y varianza $1/n$. Todos los *p* valores deben estar por encima de la línea azul punteada del 5% (Guisande et al., 2013). En R que realiza un test conjunto para contrastar la hipótesis nula de que se trata de ruido blanco

```
> Box.test(fit1$resid, 12, type = "Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit1$resid
X-squared = 9.5582, df = 12, p-value = 0.6547
```

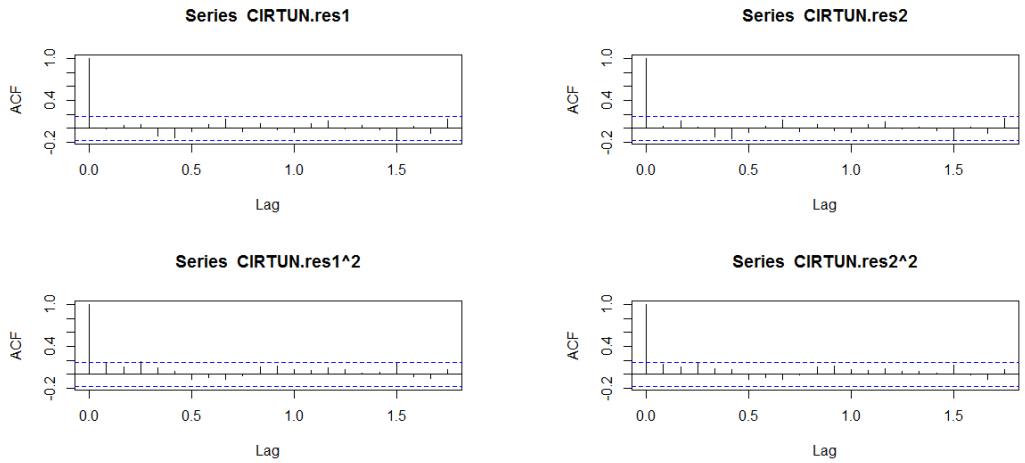
```
> Box.test(fit5$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit5$resid
X-squared = 11.5902, df = 12, p-value = 0.4791
```

En ambos casos, indica que se puede aceptar que se trata de ruido blanco y por lo tanto, los residuos no conservan una estructura que deba ser explicada mediante un modelo más complejo.





Para investigar la volatilidad de los precios para ambos modelos, se evalua el correlograma de los residuales al cuadrado

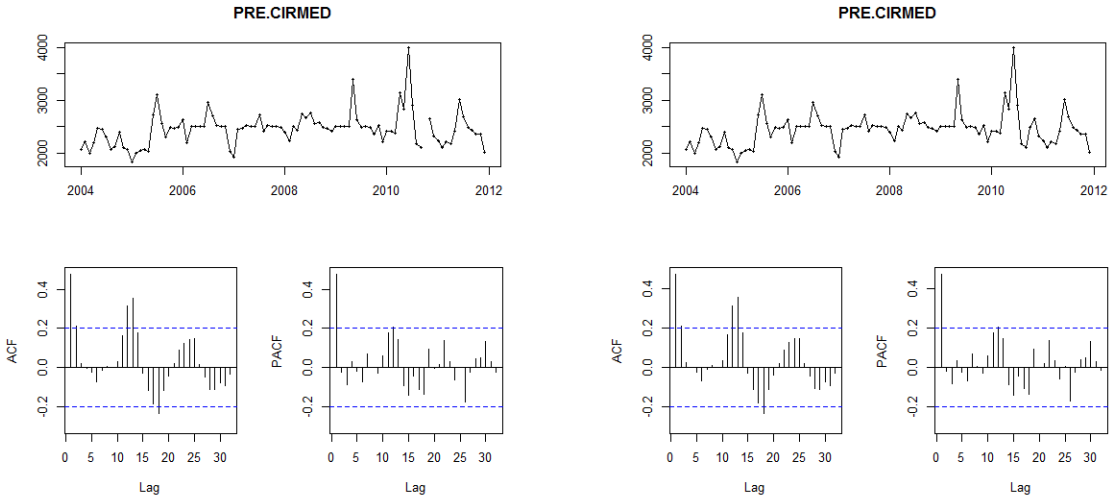


No existe una clara evidencia de la volatilidad, ya que los residuos al cuadrado no se correlacionan en la mayoría de los retrasos.

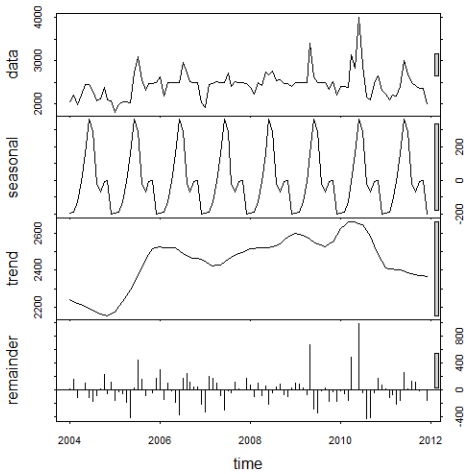
Conclusión: Teniendo en cuenta que el modelo "fit1" tiene un valor más pequeño de AIC, se elige este modelo.

Resultados series de tiempo para mercado de ciruela mercado Central – Mayorista de Antioquia – Medellín.

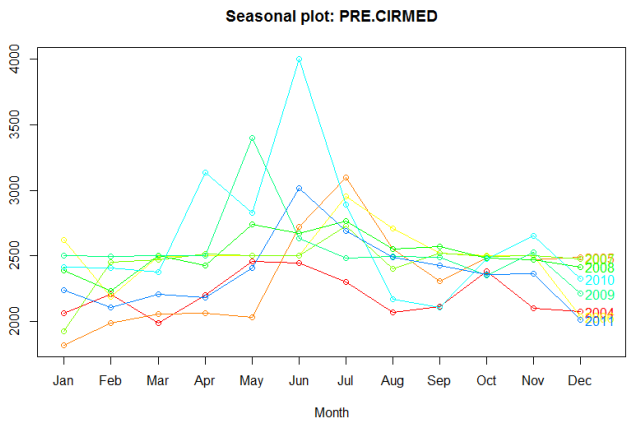
Observación de la serie e imputación datos faltantes



Exploración de la serie con Loess

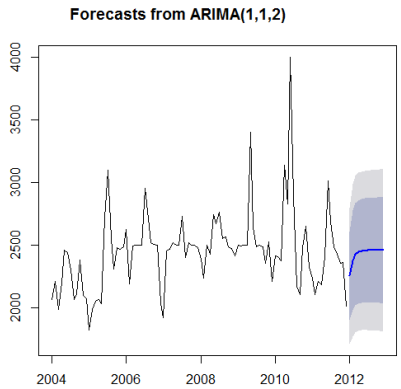


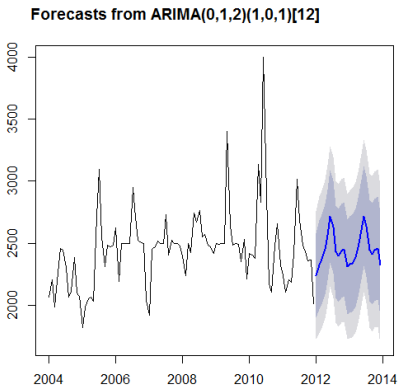
Exploración de la estacionalidad de la serie



Ajuste del modelo.

Se emplea las funciones best.model y auto.arima para ajustar dos modelos.






```
> fit4 <- Arima(PRE.CIRMED, order=c(1,1,2))
> plot(forecast(fit4, h=12))
> fit4
Series: PRE.CIRMED
ARIMA(1,1,2)

Coefficients:
         ar1      ma1      ma2
      0.3971  -0.8817  -0.0655
```

```
s.e.  0.2022   0.2082   0.1831

sigma^2 estimated as 76348:  log likelihood=-669.59
AIC=1347.18   AICc=1347.63   BIC=1357.4
> t(confint(fit4))
                ar1        ma1        ma2
2.5 %  0.0008114991 -1.2896283 -0.4244974
97.5 % 0.7932971733 -0.4736861  0.2934168

> fit5 <- Arima(PRE.CIRMED, order=c(0,1,2), seasonal=c(1,0,1))
> plot(forecast(fit5, h=24))
> fit5
Series: PRE.CIRMED
ARIMA(0,1,2)(1,0,1)[12]

Coefficients:
          ma1      ma2    sar1     sma1
      -0.6259  -0.2568  0.9709  -0.8745
s.e.   0.0951   0.0937  0.1390   0.3300

sigma^2 estimated as 68644:  log likelihood=-667.27
AIC=1344.54   AICc=1345.21   BIC=1357.31
> t(confint(fit5))
              ma1        ma2      sar1       sma1
2.5 %  -0.8122219 -0.4403265 0.6985362 -1.5212402
97.5 % -0.4395495 -0.0732178 1.2433039 -0.2278414
```

La funcion ≪`tsdiag`≫ elabora gráficos de residuos, *FAS* de residuos, y valores *p* de Ljung-Box para cada retardo

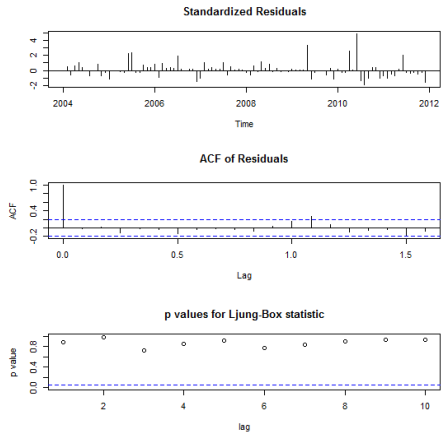


Figura 7. Fit 4

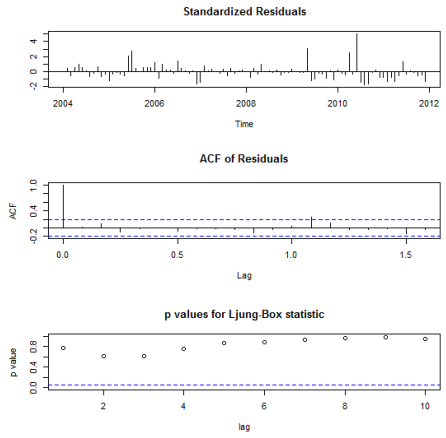


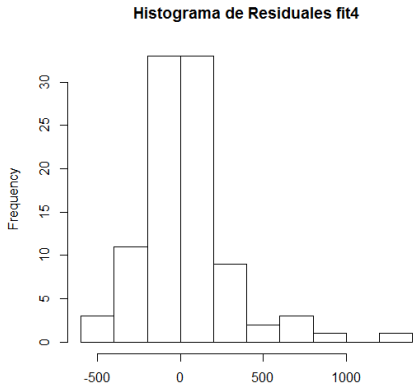
Figura 8. Fit 5

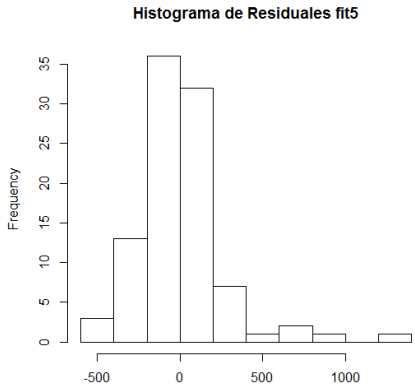
Al observar los *p*-valores correspondientes a la prueba de Ljung-Box, para todos los retardos no se rechaza la hipótesis de que las autocorrelaciones estimadas son normales con media cero y varianza $1/n$.

```
>     Box.test(fit4$resid,     12,
type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit4$resid
X-squared = 7.2589, df = 12, p-value
= 0.84
```

```
>     Box.test(fit5$resid,     12,
type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit5$resid
X-squared = 4.1672, df = 12, p-value
= 0.9802
```

En R que realiza un test conjunto para contrastar la hipótesis nula de que se trata de ruido blanco. En ambos casos se puede observar que se trata de Ruido blanco.





Pruebas de normalidad para los errores

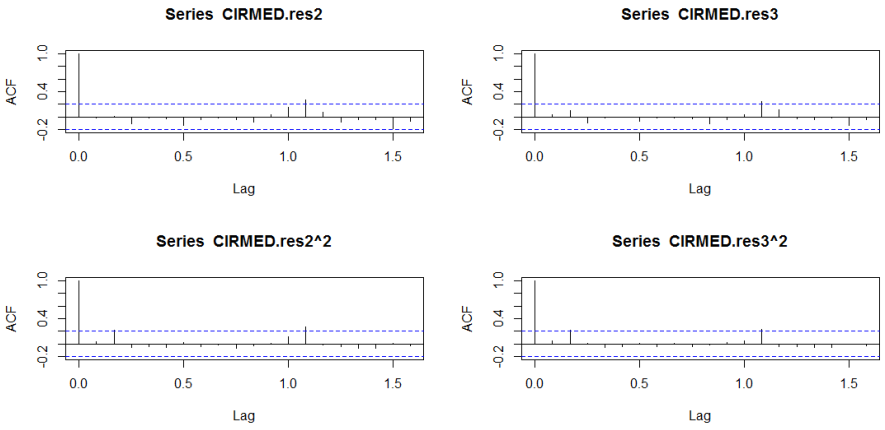
```
> jarque.bera.test(fit4$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit4$residuals
X-squared = 166.0691, df = 2, p-value < 2.2e-16

> jarque.bera.test(fit5$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit5$residuals
X-squared = 219.7101, df = 2, p-value < 2.2e-16
```

En ambos casos se llega a la conclusión que los errores no siguen distribuciones normales.

Comprobación de la volatilidad

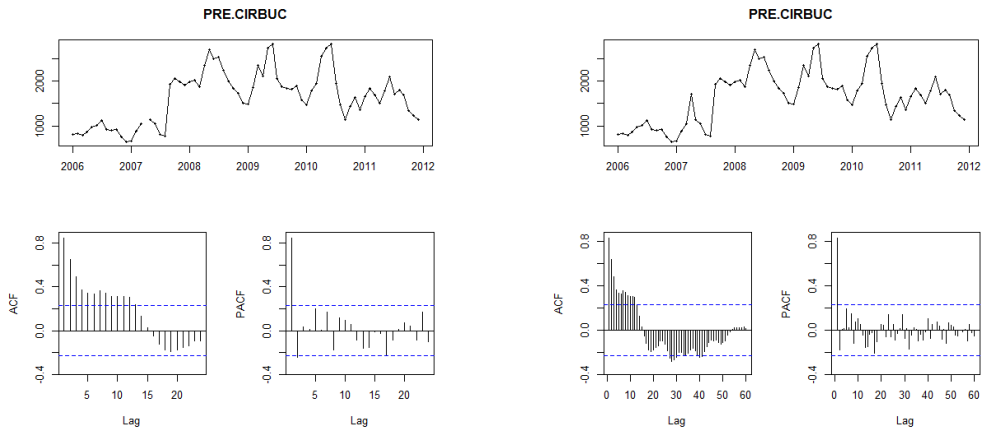
```
> CIRTUN.res2 <- resid(fit4)
```

```
> layout(1:2)
> acf(CIRTUN.res2)
> acf(CIRTUN.res2^2)

> CIRTUN.res3 <- resid(fit5)
> layout(1:2)
> acf(CIRTUN.res3)
> acf(CIRTUN.res3^2)
```

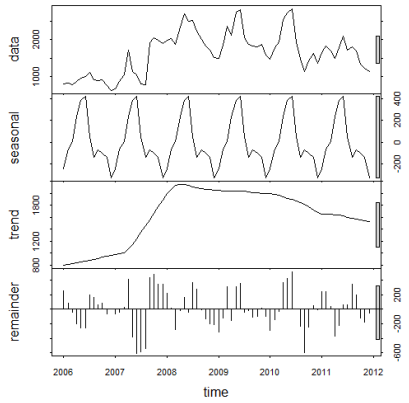


Se descarta volatilidad en los precios de ciruela en Medellín.

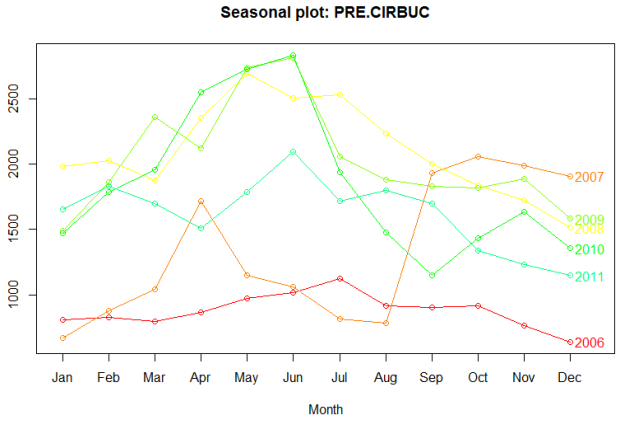
Resultados series de tiempo para mercado de ciruela Centroabastos – Bucaramanga.



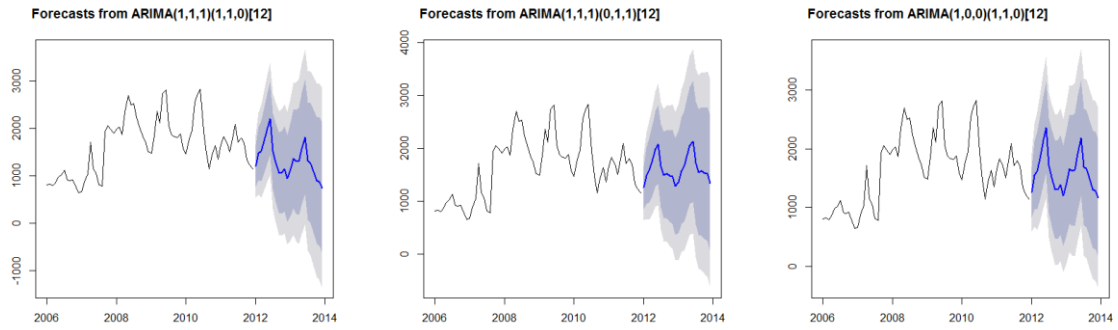
Exploración de la serie con Loess



Evaluación de la tendencia y estacionalidad



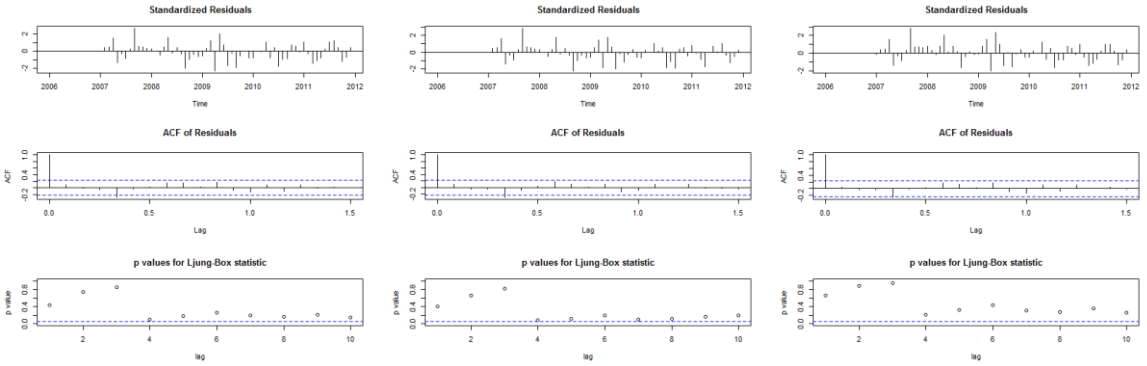
Ajuste de los siguientes modelos



Los resultos de los modelos son:

```
> fit3 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,1,1), seasonal=c(1,1,0))
> plot(forecast(fit3, h=24))
> fit3
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,1,1)(1,1,0)[12]

Coefficients:
         ar1      ma1     sar1
      0.6814  -0.8612  -0.5767
s.e.  0.1656   0.1104   0.1106

sigma^2 estimated as 115333:  log likelihood=-430.17
AIC=868.35   AICc=869.09   BIC=876.66

> fit3.1 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,1,1), seasonal=c(0,1,1))
> plot(forecast(fit3.1, h=24))
> fit3.1
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,1,1)(0,1,1)[12]
```

```
Coefficients:
         ar1      ma1     sma1
      0.6870  -0.8442  -0.7850
s.e.  0.1787   0.1299   0.2523

sigma^2 estimated as 98465:  log likelihood=-428.45
AIC=864.9   AICc=865.64   BIC=873.21

> fit4 <- Arima(PRE.CIRBUC, order=c(1,0,0), seasonal=c(1,1,0))
> plot(forecast(fit4, h=24))
> fit4
Series: PRE.CIRBUC
ARIMA(1,0,0)(1,1,0)[12]

Coefficients:
         ar1     sar1
      0.8652  -0.5540
s.e.  0.0650   0.1139

sigma^2 estimated as 114636:  log likelihood=-437.42
AIC=880.84   AICc=881.27   BIC=887.12
```



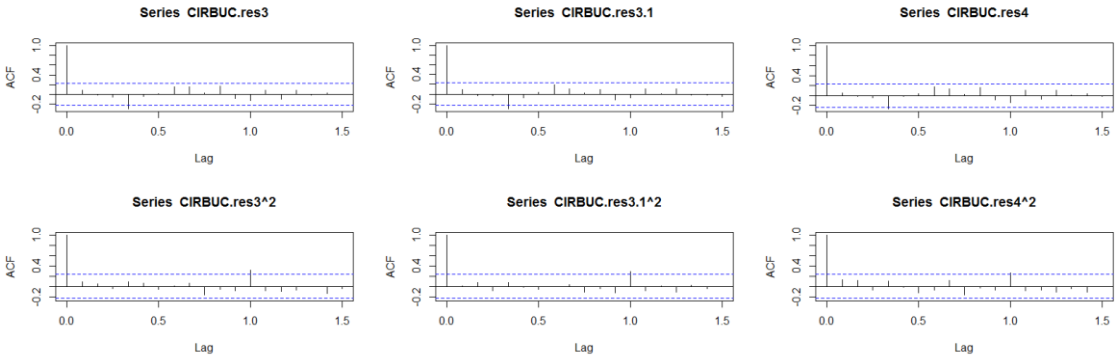
El test de Ljung Box comprueba que los errores son ruido blanco

```
> Box.test(fit3$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit3$resid
X-squared = 16.4966, df = 12, p-value = 0.1695


> Box.test(fit3.1$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test

data:  fit3.1$resid
X-squared = 15.3689, df = 12, p-value = 0.2219


> Box.test(fit4$resid, 12, type="Ljung")

        Box-Ljung test
```

```
data:  fit4$resid
X-squared = 14.7456, df = 12, p-value = 0.2556
```

Prueba de normalidad de los residuales

```
> jarque.bera.test(fit3$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit3$residuals
X-squared = 1.6086, df = 2, p-value = 0.4474

> jarque.bera.test(fit3.1$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit3.1$residuals
X-squared = 3.0754, df = 2, p-value = 0.2149

> jarque.bera.test(fit4$residuals)

        Jarque Bera Test

data:  fit4$residuals
X-squared = 2.0539, df = 2, p-value = 0.3581
```



Se descarta volatilidad para el precio de la ciruela en Bucaramanga.

Bibliografía

[1]. Aimin, H. (2010). Uncertainty, risk aversion and risk management in agriculture. *Agriculture and agricultural science procedia, 1*, 152-156.

[2]. Alfonso Parra Coronado, José Eugenio Hernández, & CamachoTamayo, J. H. (2008). Estudio fisiológico poscosecha y evaluación de la calidad de la ciruela variedad Horvin (prunus domestica l.) bajo tres condiciones de almacenamiento refrigerado. *Ingeniería e Investigación, 28*(1), 99-104.

[3]. Andreyeva, T., Long, M. W., & Brownell, K. D. (2010). The impact of food prices on consumption: a systematic review of research on the price elasticity of demand for food. *American journal of public health, 100*(2), 216-222.

[4]. Arévalo Galarza, M., Muratalla Lúa, A., Pérez López, A., & Saucedo Veloz, C. (2004). Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (Spondias purpurea L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*.

[5]. Balcombe, K. (2009). The nature and determinants of volatility in agricultural prices: An empirical study from 1962-2008. MP n 24819. *Reading University*.

[6]. Bellemare, M. F. (2015). Rising food prices, food price volatility, and social unrest. *American Journal of Agricultural Economics, 97*(1), 1-21.

[7]. Bloch, H., Dockery, A. M., Morgan, C. W., & Sapsford, D. (2007). Growth, commodity prices, inflation and the distribution of income. *Metroeconomica, 58*(1), 3-44.

[8]. CEPAL/FAO/IICA. (2011). Volatilidad de precios en los mercados agrícolas (2000-2010):

[9]. implicaciones para América Latina y opciones de políticas. *Boletín CEPAL/FAO/IICA Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe, 2011*.

[10]. Volatilitad de los precios y seguridad alimentaria, 1 Cong. Rec. (2011).

[11]. Clarke, R. (2002). *Buyer power and competition in European food retailing* (Vol. 10): Edward Elgar Publishing.

[12]. Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., & Terpenning, I. (1990). STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics, 6*(1), 3-73.

[13]. Cooper, R. N., Lawrence, R. Z., Bosworth, B., & Houthakker, H. S. (1975). The 1972-75 commodity boom. *Brookings Papers on Economic Activity, 1975*(3), 671-723.

[14]. Cowpertwait, P., & Metcalfe, A. (2009). *Introductory Time Series with R*. New York: Springer.

[15]. Chombart de Lauwe, J. P., Tirel, J., & García, J. R. (1965). *Moderna gestión de las explotaciones agrícolas*.

[16]. Dana, J., Gilbert, C. L., & Shim, E. (2006). Hedging grain price risk in the SADC: Case studies of Malawi and Zambia. *Food Policy, 31*(4), 357-371.

[17]. De Arce, R., & Mahía, R. (2003). Modelos Arima. *Programa Citius-Técnicas de previsión de variables financieras. UDI Economía e Informática. Recuperado de: http://www. uam. es/personal_pdi/economicas/anadelsur/pdf/box-jenkins. pdf*.

[18]. Doporto Miguez, I., & Michelena, G. (2011). La volatilidad de los precios de los commodities: el caso de los productos agrícolas. *Revista del Centro de Economía Internacional (CEI) del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de la Nación, 19*.

[19]. FAO. (2010). La volatilidad de precios en los mercados agrícolas. *Perspectivas Económicas y Sociales, Informes de Política 12*.

[20]. FAO. (2012). Volatilidad de los precios desde una perspectiva mundial. *Documento técnico de referencia para la reunión de alto nivel sobre: "La volatilidad de los precios de los alimentos y el papel de la especulación"*.

[21]. FAO. (2006). Seguridad alimentaria. *Informe de políticas*.

[22]. Fernández, C., María, A., & Tamayo Bustamante, V. (2009). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales, 25*(111), 107-126.

[23]. Fischer, G., & Herrera, J. Á. (2012). Caducifolios en Colombia-Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo que in-forma sobre el estado de estos cultivos en el país y sirve para la planeación de nuevos proyectos y cultivos de hoja caduca. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, Vol. 6*.

[24]. Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Manual para el Cultivo de Frutales en el Trópico. *Produmedios, Bogotá, Colombia*.

[25]. Franco, R., Hopenhayn, M., & León, A. (2011). Crece y cambia la clase media en América Latina: una puesta al día. *Revista cepal*.

[26]. Gilbert, C. L., & Morgan, C. W. (2010). Food price volatility. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 365*(1554), 3023-3034.

[27]. Giraldo-Gómez, N. D. (2006). *Series de Tiempo con R* (U. N. d. Colombia Ed.).

[28]. Giraldo, N. (2006). *Notas de Clase - Series de Tiempo con R*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

[29]. GOȘA, V., & FEHER, A. (2011). INFLATION AND THE PRICE OF AGRICULTURAL PRODUCTS. *Agricultural Management/Lucrari Stiintifice Seria I, Management Agricol, 13*(3).

[30]. Guerra, G., & Valdés, A. A. (1997). *Economía del agronegocio*: Editorial Limusa SA De CV.

[31]. Hadjigeorgalis, E. (2004). Comerciando con incertidumbre: los mercados de agua en la agricultura chilena. *Cuadernos de economía, 41*(122), 3-34.

[32]. La Gra, J., Ordinola, M. S., CIP, L. P., Herrera, J., Hanneman Jr, R., Montaldo, A., . . . Hide, G. (1993). *Una metodología de evaluación de cadenas agro-alimenticias para la identificación de problemas y proyectos (MECA)*: Universidad de Idaho, Idaho (EUA). Instituto para la Post-cosecha de Productos perecederos. Facultad de AgriculturaIICA, San José (Costa Rica).

[33]. Mejía Carvajal, O. D. (2003). Para medir la flexibilidad se deben usar opciones reales: Una visión global. *Estudios Gerenciales, 19*(87), 95-111.

[34]. Minagricultura, M. d. A. y. D. R. (2012). *Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas 2006 - 2011 y sus Calendarios de Siembras y Cosechas* (D. d. P. S.-G. S. d. Información. Ed.).

[35]. Miranda, D., Fischer, G., & Carranza, C. (2012). Los frutales caducifolios en Colombia: situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas (SCCH), Bogota*.

[36]. Mundlak, Y., & Larson, D. F. (1992). On the transmission of world agricultural prices. *The World bank economic review, 6*(3), 399-422.

[37]. Nuñez, A. R., C, S. F. J., & Ariza, F. J. (2012). *Análisis Espectral Singular de Series de Tiempo: Aplicaciones del Análisis Espectral Singular*: Editorial Académica Española.

[38]. Onour, I. A., & Sergi, B. S. (2011). Modeling and Forecasting Volatility in the Global Food Commodity Prices (Modelování a Prognózování Volatility Globálních cen Potravinářských Komodit). *Agricultural Economics-Czech, 57*(3), 132-139.

[39]. Pérez, C. (2006). *Econometría de las Series Temporales*. Madrid: PEARSON Prentice Hall.

[40]. Puentes, G. A. (2006). Sistema de producción de frutales caducifolios en el departamento de Boyacá. *Equidad & Desarrollo*(5), 39-46.

[41]. Puentes, G. A., Rodríguez, L., & Bermúdez, L. (2008). Análisis de grupo de las empresas productoras de frutales caducifolios del departamento de Boyacá. *Agron. Col, 26*(2), 146-154.

[42]. Ramirez-Nuñez, A., Ariza-Hdez, F. J., & C., S. F. J. (2012). *Análisis Espectral Singular de Series de Tiempo: Aplicaciones del Análisis Espectral Singular*: Editorial Académica Española.

[43]. Ramirez, A., Juárez, S., & Ariza, F. (2012). *Análisis Espectral Singular de Series de Tiempo - Aplicaciones del Análisis Espectral Singular*: Editorial Académica Española.

[44]. Sampieri, H., Collado, R. F., & C Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (9701057538). Retrieved from

[45]. Sosa Nin, J. (2014). Especulación financiera en el Mercado Agrícola de Commodities: causas y consecuencias para una Argentina post default.

[46]. Taušer , J., & Čajka , R. (2014). Hedging techniques in commodity risk management. *Agricultural Economics–Czech, 60*, 174-182.

[47]. Viñas, J. M. S. (2011). Volatilidad de los mercados agrarios y crisis alimentaria. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*(229), 11-35.

[48]. Zuluaga, I. A., & Madrid, L. Á. (2010). Gestión Gerencial en El Sector Agropecuario Tradicional Colombiano. *Civilizar de Empresa y Economía, 1*(1), 7-22.