

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Volatilidad del precio de la panela al por mayor en Colombia para el periodo 2014-2018

Erika Yecenia Zambrano Caicedo

Trabajo de grado para obtener el título de Economista

Directora

Eddy Johanna Fajardo Ortiz

Doctora en Estadística

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias Económicas y Administrativas

Facultad de Economía

2020

Contenido

	Pág.
Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
1. Objetivos	11
1.1 Objetivo General	11
1.2 Objetivos Específicos	11
2. Justificación.....	11
3. Marco Referencial	13
3.1 Marco Teórico.	17
4. Metodología	21
4.1 Técnica estadística.....	23
4.1.1 Procesos ARMA	23
4.1.2 Modelos ARCH	25
4.1.3 Modelos GARCH	26
4.2 Fuente y procesamiento de la información.....	27
5. Análisis de los datos.....	28
5.1 Recolección de información	28

5.2 Estimación y diagnóstico del modelo	38
5.3 Resultados Modelo Garch	44
5.3 Pronóstico modelo GARCH.....	48
6. Conclusiones	49
Referencias Bibliográficas	51

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Mercados mayoristas de panela cuadrada blanca en Colombia 2014-2018</i>	28
Tabla 2. <i>Test Dickey Fuller</i>	33
Tabla 3. <i>Test Dickey-Fuller transformación logarítmica</i>	37
Tabla 4. <i>Modelo 1</i>	38
Tabla 5. <i>Modelo 2.</i>	39
Tabla 6. <i>Modelo 3</i>	39
Tabla 7. <i>Modelo 4</i>	40
Tabla 8. <i>Test de Box- Ljung</i>	43
Tabla 9. <i>Test Box-Ljung GARCH</i>	44
Tabla 10. <i>Modelo ARIMA (1,1) GARCH (1, 0)</i>	45
Tabla 11. <i>Modelo ARMA (1,1) GARCH (1,1)</i>	46
Tabla 12. <i>Modelo ARMA (1,1) GARCH (1,2)</i>	46
Tabla 13. <i>Test Box-Ljung Modelo GARCH</i>	48

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Precio de la panela blanca en Colombia 2014-2018</i>	30
Figura 2. <i>Análisis gráfico preliminar</i>	31
Figura 3. <i>Transformación Box-Cox</i>	32
Figura 4. <i>Correlograma simple y parcial de la serie precio de la panela blanca</i>	33
Figura 5. <i>Serie transformada precio de la panela cuadrada blanca</i>	34
Figura 6. <i>Primeras diferencias precio de la panela cuadrada blanca</i>	35
Figura 7. <i>Descomposición de la serie temporal</i>	36
Figura 8. <i>Correlación simple y parcial de las primeras diferencias logarítmicas</i>	37
Figura 9. <i>Estandarización de los residuos</i>	41
Figura 10. <i>Correlograma de los residuos</i>	42
Figura 11. <i>Comportamiento residual</i>	42
Figura 12. <i>Distribución normal de los residuos, histograma y densidad</i>	43
Figura 13. <i>Correlograma de los residuos al cuadrado</i>	45
Figura 14. <i>Residuos del Modelo GARCH</i>	47
Figura 15. <i>Predicción Modelo GARCH</i>	49

Resumen

La panela se encuentra dentro de los principales productos agrícolas cuya actividad económica llega a representar el 12% del empleo de la población económicamente activa de la población rural. Por tal motivo, la estabilidad y solidez de este mercado es clave para el desarrollo de regiones del país que dependen de este producto agrícola. No obstante, este producto en particular se ve afectado por fenómenos marcados de volatilidad en el precio que se deben a cambios climáticos y cambios en los patrones de consumo.

En ese sentido, el objetivo de presente trabajo es analizar la volatilidad del precio de la panela al por mayor de los principales mercados del país en el periodo 2014-2018, empleando la información de los precios de los principales mercados mayoristas de panela blanca. Los datos se analizan mediante un modelo GARCH de series de tiempo, resultando un modelo compuesto por un componente autorregresivo y uno de media móvil, ajustado a las series de tiempo con características de volatilidad.

Finalmente se presentan las predicciones de la serie en el periodo de tiempo definido y la evidencia de volatilidad del precio de la panela, a partir de la cual se plantean unas recomendaciones de política pública de esta industria en el país.

Palabras Clave: Volatilidad, GARCH, precios, panela, economía, series de tiempo.

Abstract

Panela is within the main agricultural products which economic activity represents 12% of the economically active rural population. As such, stability and economic strength in this market is important for the development to all areas that depend on panela. However, panela is affected by market volatility in prices due to climatic change and changes in consumption patterns.

In this context, the objective of this work is analyzing the volatility of the price of wholesale panela from the National main markets of the country during the 2014-2018. Data base is analyzing through the application of time series, the outcome is a model structured by an autoregressive and a moving average component, adapted to the time series with volatility characteristics.

Finally, predictions in the time series in the defined period and the evidences are presented, as well as the evidence for panela price volatility from which, recommendations on national public policy are proposed.

Key Words: Volatility, GARCH, prices, panela, economy, time series.

Introducción

En Colombia, la producción de panela, después del café y el azúcar, es la tercera actividad económica agroindustrial más importante según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2016). En el presente, más de 350 mil familias colombianas viven de la producción de panela, generando alrededor de 846 mil empleos indirectos y directos, estos últimos representan un 12% de la población económicamente activa en el sector rural. De igual manera, la siembra de caña panelera ocupa 205 mil hectáreas en 28 departamentos, puntualmente en 511 municipios a nivel nacional. Para el mercado interno se destina el 99% de la producción panelera y el restante 1% es destinado a la exportación (MADR, 2016)

Actualmente en el país el gremio panelero está atravesando una crisis generada por la caída de los precios de la panela blanca, por tal motivo se plantea realizar una estimación de los precios al por mayor en los principales mercados del país con una línea de tiempo semanal desde el año 2014 hasta el 2018, con la finalidad de crear un modelo estadístico que le permita a los productores de panela tomar decisiones, ejerciendo control sobre la cantidad de producción futura en base a la variabilidad del precio. Lo anterior se justifica en la presente caída de los precios de la panela y la relevancia que tiene el sector panelero en la agroindustria colombiana.

En el estudio se revisa la literatura académica que permita analizar el comportamiento del precio de la panela; posteriormente se presenta un modelo estadístico desarrollado mediante series de tiempo. En este apartado se elabora un análisis gráfico y exploratorio que permite caracterizar la serie y observar su tendencia. Seguidamente, se desarrollan metodologías de transformación y suavizamiento de la serie que permitan su adecuado ajuste. Consecutivamente, se presenta la

técnica del modelo GARCH¹ el cual es empleado para explicar el comportamiento de series cuya característica es la volatilidad como es el caso del precio de la panela.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2011), subraya la necesidad de investigar en materia agrícola, debido a que el conocimiento de información permite tomar mejores decisiones. Adicionalmente, fortalece las transferencias tecnológicas, intercambio de conocimiento y tecnificación en las prácticas de producción; además, menciona la importancia del sistema de información en el sector agrícola de manera oportuna y de calidad, con el fin de coordinar mejor las respuestas y acciones en tiempos de crisis.

Por su parte, la Superintendencia de Industria y Comercio (2012), mediante el diagnóstico realizado sobre la libre competencia en el sector panelero, se determinó que, desde el punto de vista de la oferta, no existe poder de mercado por parte de los productores de panela, puesto que los productores son alrededor de 39.961, mientras que el número de comercializadores o intermediarios es menor, es decir, se presenta un oligopsonio, ejerciendo poder de mercado sobre el precio de la panela.

De igual forma, Barajas (2012), en un estudio sobre la competitividad de la panela en el municipio de Mogotes, señala que el sector tiene deficiencias en el poder de negociación con los clientes, generando fluctuaciones en los precios de la panela; otro factor de desventaja es la ausencia de instituciones que velen por el desarrollo de este sector. A su vez sostiene que los precios de la panela no son competitivos y en la transformación de la caña a panela se recurren en altos costos de producción y de comercialización. En Colombia, las empresas agroindustriales

¹ Modelo Autorregresivo con heterocedasticidad condicional

carecen de inversión tecnológica, afectando la competitividad del sector panelero, específicamente a las empresas tradicionales o de baja producción.

En una propuesta de reforma realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2014) para la transformación del campo, se señalan algunos de los riesgos a los que están sujetos los productores en el sector agrícola como lo son: los cambios climáticos, plagas, enfermedades y las variables económicas que generan inseguridades en las inversiones, y específicamente, en la volatilidad de los precios, el cual impide la proyección del ingreso esperado. Frente a la creciente dificultad de que los paneleros adquieran rentabilidad, el Congreso de la República, llevó a cabo una audiencia, donde se habló del preocupante estado de los productores de panela y así lo mencionó Pedro Leónidas Gómez, ex senador de la República de Colombia, citado por Villota (2018):

Uno de los sectores de la economía con mayor historia del país y que involucra departamentos como Boyacá, Santander, Cundinamarca, Tolima y Nariño, está en su más aguda crisis, como consecuencia de la entrada en vigencia de varios Tratados de Libre Comercio, entre ellos con la Unión Europea y Estados Unidos (p. 2).

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo analizar la volatilidad de los precios al por mayor de los principales mercados del país, con el fin de generar nuevas proyecciones de precios para que los productores de panela del país puedan contar con una herramienta econométrica que les sirva para tomar decisiones en cuanto a la viabilidad de los cultivos de caña panelera y por consiguiente la producción de panela.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Estudiar la volatilidad del precio promedio semanal de la panela al por mayor para el periodo 2014-2018 en los principales mercados de Colombia, a través de un modelo econométrico.

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de la literatura académica que permita analizar el comportamiento del precio de la panela en Colombia durante el periodo 2014 y 2018.
- Elaborar un modelo estadístico que explique mediante series de tiempo, la volatilidad del precio de la panela en el mercado mayorista en los periodos de estudio establecidos.
- Pronosticar mediante un modelo de series de tiempo el precio estimado de la panela para un conjunto de periodos sucesivos.

2. Justificación

La presente investigación permite estimar los precios de la panela, con el fin de ayudar en la toma de decisiones del productor colombiano. Con este estudio, se pretende dar un aporte importante a las entidades del país en materia de política pública en el sector primario, como lo son: el Ministerio de Agricultura y la Federación Nacional de Productores de Panela (FEDEPANELA) y

contribuir con unos lineamientos básicos que ayuden a los productores colombianos al momento de cultivar caña de azúcar y transformarla en panela, teniendo en cuenta que el sector panelero está atravesando una crisis debido a que el costo de producción se sitúa por encima del precio del mercado.

Dentro del grupo alimentos prioritarios expuestos por el Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (OSAN) en el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012-2019 se encuentra la panela. Este alimento fue incluido en la clasificación del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural como básico para la producción alimentaria del país. Pertenecer a este grupo de alimentos significa que corresponden al mínimo sobre el cual se establecen políticas de producción, abastecimiento y consumo (Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2013).

Del mismo modo, esta investigación se justifica por tres aspectos: en primer lugar, un enfoque práctico, donde se plantea analizar la volatilidad semanal de los precios de la panela del mercado mayorista en los principales mercados del país para el periodo 2014 – 2018. En la actualidad, no existen estudios previos que le aporten a los productores de panela información sobre el comportamiento del precio para la toma de decisiones. Específicamente, no presentan un análisis cuantitativo de las fluctuaciones del precio de la panela.

En segundo lugar, se considera la volatilidad desde un punto de vista teórico, siendo esta la que permite analizar las variaciones de los precios y comprender algunos factores que influyen en los cambios de producción y por lo tanto en los precios.

Por último, desde el punto de vista metodológico se implementará la metodología de Box, Jenkins & Reinsel (2008), la cual permite identificar la volatilidad, las tendencias estacionales y

analizar el comportamiento de los precios en los principales mercados de las diferentes ciudades y municipios productores de panela en Colombia. Esto con el fin de proporcionar resultados estadísticos que ayuden a la predicción del comportamiento de los futuros precios de la panela, para que los productores realicen una programación de la cosecha de caña de azúcar y la producción de panela, evitando que se presente una sobre oferta que afecte los precios del mercado y donde el gremio panelero no siga presentando pérdidas económicas. Con la ayuda de estas metodologías se obtienen predicciones futuras del precio, que pueden servir para mitigar el riesgo, la incertidumbre y contribuir a la viabilidad financiera para los grandes y pequeños productores de panela, producto insignia del país.

Adicionalmente, un conocimiento adecuado de los patrones de la variabilidad de los precios de los productos básicos y las fuerzas que lo respaldan ayudaría a los responsables políticos a proporcionar un entorno propicio para las buenas prácticas de gestión de riesgos y ayudaría a los agricultores a comprender y gestionar mejor sus precios.

3. Marco Referencial

En este apartado se presenta una revisión de la literatura académica sobre las diferentes investigaciones realizadas a nivel internacional y nacional; donde los principales objetivos son: la volatilidad de los precios de los productos básicos, los factores que influyen sobre la volatilidad y la política regulatoria sobre los precios de los productos internos. Específicamente, analizan estudios desarrollados en el ámbito agroindustrial con metodologías que permitieron estimar los

precios de los productos, siendo un insumo necesario para la toma de decisiones en el momento de invertir en un cultivo.

En términos generales se encuentran los estudios de Huchet-Bourdon (2011) quienes han estado interesados en comprender si los altos precios entre 2006 y 2009 de los productos agrícolas están asociados con la volatilidad de los precios internacionales del petróleo crudo, fertilizante y los tipos de cambio euro-dólar utilizando una metodología de media móvil de una medida usando tres medidas distintas de volatilidad. Otros estudios como los de Balcombe (2009) han estado interesados en métodos econométricos para explorar la naturaleza y las causas de la volatilidad de los productos básicos de los precios agrícolas a lo largo del tiempo.

En la investigación realizada por Jordaan, Grové, Jooste & Alemu (2007) en Sudáfrica, tenía como propósito cuantificar componentes estocásticos de los precios de los cultivos de maíz amarillo y blanco, trigo, semillas de girasol y soja, con el fin de brindar información a los productores, para influir en la toma decisiones de los cultivos a producir. De igual manera, este estudio sirvió para determinar los factores que influyen sobre la volatilidad de los precios. Posteriormente, en el estudio se llevó a cabo un modelo Autoregresivo con Heterocedasticidad Condicional (GARCH, por sus siglas en inglés), teniendo como base de información los precios diarios de South African Futures Exchange (SAFEX, por sus siglas en inglés) y datos de comercialización desde el 5 de noviembre de 1997 hasta el 28 de febrero de 2006. Finalmente, los autores concluyen que los factores que intervienen en las fluctuaciones de los precios son la oferta, la demanda, las condiciones climáticas, los cambios en los volúmenes de negociación y el tipo de cambio. Por otro lado, los autores determinaron que los cambios de cultivo dependen de las actitudes de riesgo personal, las estrategias de mercadeo y la cobertura que cada cultivo requiere,

de manera que los productores necesitan protección de las caídas del precio, toda vez que los cambios de producción a corto plazo llevan una mayor exposición al riesgo.

Asimismo, Pop, Rovinaru & Rovinaru (2013) realizaron un estudio que tuvo como objetivo analizar las particularidades del mercado del azúcar y la reciente volatilidad de los precios del azúcar en el mercado de Rumania, del Instituto Nacional de Estadística de Rumania (RNIS, por sus siglas en inglés) en comparación con el mercado internacional, del Fondo Monetario Internacional (FMI). La metodología usada por los investigadores fue un análisis estadístico de series de tiempo, por medio de un modelo GARCH, con datos mensuales entre enero de 2001 hasta diciembre de 2012. Se llegó a la conclusión, que las principales razones relacionadas con la volatilidad del precio del azúcar son las importaciones, la inestabilidad interna, falta de madurez en la estructura del mercado y la alineación con los requisitos de la Unión Europea. También las políticas regulatorias que están a cargo de la Unión Europea (UE) generan choques externos, creando dependencia de los precios regionales e internacionales.

Igualmente, el estudio realizado por Hamulczuk & Szainer (2015) el cual se desarrolló en un análisis empírico del cambio en los precios del azúcar en Polonia y la tendencia de los precios al productor y al por menor y su interrelación con los precios del mercado internacional y de la Unión Europea (UE). Con el fin de cumplir el objetivo, los autores utilizaron los precios mensuales del azúcar de Polonia, de la UE y del mundo, desde enero del 2000 hasta diciembre de 2014, unificando los precios en moneda polaca por kilogramo, una vez unificada la variable del precio se utilizó un método estadístico de series de tiempo dividido. Los componentes de la base de datos se separaron en función de los modelos ARIMA, - autorregresivos y medias móviles - (por sus siglas en inglés), por tal motivo esta metodología permitió observar las características anormales

y la significación de los ajustes estacionales. Por último, los autores determinan que los factores del mercado que distorsionan los precios del azúcar y la producción están determinados por el sistema de regulación del mercado, las relaciones de oferta (producción, importación) y las relaciones de demanda (consumo, exportación).

Alonso, Arcila & Montenegro (2015) estudiaron si el Fondo de la Estabilización de Precios del Azúcar (FEPA)² durante su vigencia en Colombia aisló los choques internacionales, de manera que estos no afectaron los precios internos del azúcar (refinada y morena). Para demostrarlo, los autores implementaron ocho series de tiempo, de las cuales seis fueron nacionales y dos internacionales, cada una con una periodicidad mensual, en el lapso de tiempo de enero del 2001 a abril de 2015. Los investigadores tuvieron en cuenta a nivel nacional los Índices de Precios al Consumidor (IPC), obtenidos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y a nivel internacional se contó con información proveniente del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y del New York Board of Trade. Se llegó a la conclusión, que el FEPA, durante su vigencia cumplió a cabalidad el objetivo de evadir los efectos externos sobre el precio interno del azúcar; por lo tanto, a nivel nacional los precios del azúcar no se relacionan con los mercados internacionales.

Por su parte, Kim, Park, Myung & Han (2018) analizan las tendencias de tiempo relativas de los precios de los alimentos saludables frente a los no saludables, de manera mensual, desde enero de 1995 hasta diciembre de 2015. Posteriormente, los autores implementaron un análisis de series de tiempo, con el fin de examinar las tendencias de los precios de los alimentos agrupados de la

² Mecanismo para la estabilización de precios.

siguiente manera: granos, verduras, carnes, dulces, especias, comidas rápidas y bebidas no alcohólicas, teniendo como base de información los precios nominales de los informes mensuales de los Índices Precios al Consumidor (IPC). Entre los principales hallazgos, los investigadores encontraron que el aumento del consumo de comida saludable está relacionado con el precio, donde el Estado debe propiciar regulaciones que favorezcan a la comida saludable y disminuir el crecimiento de consumo de alimentos procesados y bebidas azucaradas porque la obesidad representa un problema importante en la salud pública de la población. El aumento de consumo de alimentos no saludables se evidencia en mayor proporción en los países en desarrollo, sin olvidar que la integración de alimentos saludables está relacionada con la ingesta tradicional.

En conclusión, identificar las causas y los factores que intervienen en las fluctuaciones de los precios de los productos agrícolas ha sido la base de los estudios citados. Es así, como se ha pasado de investigaciones sobre volatilidad a partir de modelos de medias móviles para explicar las alzas en los precios, pasando por modelos econométricos específicos tales como el GARCH como una herramienta para analizar los factores que inciden en el comportamiento de los precios de los productos agrícolas en un horizonte determinado. Todo esto con el fin, de tomar decisiones que repercutan en la producción de cultivos agrícolas específicos.

3.1 Marco Teórico.

La panela, es uno de los principales productos de consumo humano en los países de América Latina, especialmente en Colombia donde constituye una de las principales actividades generadoras de ingresos para más de 70.000 familias (FAO, 2004). La Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación FAO en su documento “Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina” expone importantes indicadores que datan dicha significancia: contribuye con el 6,7% a la formación del PIB agrícola e involucra directa e indirectamente 350.000 personas entre productores, trabajadores, comerciantes y otros actores. Genera el equivalente a 120.000 empleos permanentes.

De acuerdo con la FAO (2010) la volatilidad es producto de la interacción de dos variables; la variabilidad y la incertidumbre, entendida la primera como la variación total y la segunda como fluctuaciones impredecibles. De la misma manera, se observa un aparente aumento de la volatilidad en mercados agrícolas producto de la inflación y cambios climáticos; al tiempo que, las variaciones extremas de los precios asumen una amenaza para la seguridad alimentaria (FAO, 2010). Siguiendo este orden de ideas, la volatilidad incluye aspectos referentes a la velocidad, magnitud y cambios de dirección en las tasas de variación de los precios. Además, aclaran que estadísticamente un precio es más volátil en la medida en que mayor sea la magnitud de su tasa de cambio (Cepal, FAO, e IICA, 2012).

Es tal el impacto que genera en los productores la volatilidad de los precios con las fluctuaciones, al punto que la producción como la rentabilidad agrícola se ven afectadas. Es decir, mayores niveles de volatilidad ocasionan menores rentabilidades agrícolas, y asociado a ellas, menores niveles de producción, que a la vez hace que la demanda por insumos disminuya (Robinson, Bary & Torero, 2010, citado por FAO, CEPAL 2011).

En este sentido la volatilidad representa un problema cuando afecta las expectativas y lleva a subóptimos a los agentes del mercado, especialmente a los productores, y se da cuando esta

representa una volatilidad extrema o excesiva de los precios. En el seguimiento que hace la FAO a los productos alimenticios se ha identificado desde el 2000 un crecimiento en la volatilidad de los precios de los alimentos a nivel mundial, tal y como lo muestra el índice de precios mundial de los alimentos reales y nominales.

En este sentido, las frecuentes variaciones climáticas extremas junto a la integración de mercado, el uso agroindustrial y energético de productos básicos alimenticios, el comercio internacional, los costes de transporte, la estructura industrial, hace que el componente de incertidumbre en los precios de los alimentos básicos como la panela resulta cada vez más importante (FAO, 2011).

La volatilidad es una medida de la variación de precios desde el período $t - 1$ hasta el período de tiempo t . Si hay una gran variación de precios desde el período $t - 1$ hasta t , entonces el retorno³ es grande (sin importar si es positivo o negativo) y hablamos de grandes retornos o gran volatilidad. Por lo tanto, los valores extremos de los rendimientos reflejan una variación extrema de los precios (volatilidad) y viceversa (FAO, 2011, p.43).

La volatilidad es una de las características más importantes de los mercados agrícolas se dan principalmente por tres aspectos mutuamente relacionados: primero, la producción agrícola varía de un período a otro debido a los shocks naturales como el clima y las plagas, en segundo lugar, las elasticidades de la demanda son relativamente pequeñas con respecto al precio y las elasticidades de la oferta también son bajas (al menos a corto plazo), por lo cual los precios deben

³Retorno: Sea P_t el precio de un producto agrícola en el período de tiempo t (t puede representar días, meses, etc.) El retorno en el período de tiempo t se define como $R_t = (P_t - P_{t-1}) / P_{t-1}$

presentar muchas variaciones hasta equilibrarse, especialmente si los stocks de producto son pequeños. Y, en tercer lugar, debido a que el ajuste de la producción lleva un tiempo considerable en la agricultura, la oferta no puede responder rápidamente a los cambios de precios en el corto plazo, aunque puede hacer mucho más una vez que se completa el ciclo de producción (FAO, 2011).

Ahora en lo particular del mercado de la panela, este guarda una relación importante con el mercado del azúcar y el alcohol carburante, que también pueden estar experimentando variaciones en la volatilidad, puede influir en la volatilidad de los productos agrícolas (Piot-Lepetit & M'Barek, 2011). Los productos agrícolas son diferentes de la mayoría de las series financieras, ya que los niveles de producción de estos productos junto con los niveles de existencias pueden ser un factor importante en la determinación de sus precios de mercado y la volatilidad de estos precios en un momento dado.

En general, los precios de los productos agrícolas responden rápidamente y anticipan cambios en las condiciones de oferta y demanda. Sin embargo, ciertas características de los mercados de productos agrícolas los distinguen de la mayoría de los precios volátiles de los bienes y servicios no agrícolas. Tres características notables de los cultivos agrícolas incluyen la estacionalidad de la producción, la naturaleza derivada de su demanda y la demanda inelástica de precios y las funciones de oferta (Schnepf, 2006).

4. Metodología

En la literatura estadística sobre el análisis de series temporales económicas, es una práctica común clasificar los tipos de movimientos que caracterizan una serie temporal como tendencia, cíclica, estacional e irregular de sus componentes (Piot-Lepetit & M'Barek, 2011): a) una tendencia describe el movimiento a largo plazo en la media de la serie, b) los efectos estacionales describen las fluctuaciones cíclicas relacionadas con el calendario anual, c) los ciclos se refieren a otras fluctuaciones cíclicas no vinculadas al calendario anual; y d) los componentes residuales o irregulares reúnen fluctuaciones aleatorias o sistemáticas.

No obstante, si bien la volatilidad de una serie temporal es un tema, es común estudiarla en series temporales, Balcombe (2009) menciona que puede haber varias medidas potenciales diferentes de la volatilidad de una serie. Por ejemplo, si se abordan los precios desde la visión de la media, la volatilidad de la serie puede interpretarse como su tendencia a tener valores muy alejados de esta media, mientras que también puede verse como la tendencia de la serie a tener grandes cambios en sus valores de un período a otro, sin que necesariamente la determinación de existencia de volatilidad de una sea coincidente con la otra aproximación. Asimismo, una tercera aproximación de la volatilidad puede verse en términos del grado de error de pronóstico, así, por ejemplo, una serie puede tener grandes cambios de período a período, o grandes variaciones lejos de su media, pero si la media condicional de la serie puede explicar la mayor parte de la varianza, entonces una serie puede no considerarse volátil desde este punto de vista (Balcombe, 2009).

Además, Balcombe (2009) señala que cuando las series contienen tendencias, una medida adecuada de volatilidad puede ser aún más difícil de definir, por lo tanto, debido a que la media y la varianza (y otros momentos) del proceso estocástico no existe técnicamente, por lo tanto, los métodos que se basan en medidas de muestra pueden ser engañosos. En este sentido, una medida universal de lo que parece ser un concepto simple no es una tarea sencilla, por lo tanto, esto requiere de un análisis pormenorizado.

En esta perspectiva se pueden asumir tres perspectivas de abordaje (Dehn, 2000a y Dehn, et al., 2005): en primer lugar, se asume que los precios y la volatilidad son impredecibles, por lo cual la incertidumbre no se distingue de la volatilidad, en cuyo caso una medida de volatilidad histórica, basada en datos recientes, proporciona la mejor estimación de la volatilidad futura; en segundo lugar se puede partir de asumir que los precios son parcialmente predecibles, pero la volatilidad es impredecible, por lo cual la incertidumbre se relaciona con la volatilidad de las innovaciones de precios (los componentes impredecibles de las series de precios) y no con los precios en sí, entonces la previsibilidad en los niveles de precios puede surgir ya sea por la reversión de la media o por la presencia de tendencias locales. La incertidumbre es constante a lo largo del tiempo, pero difiere de la volatilidad de los precios, y será menor.

Finalmente, en la tercera perspectiva se puede asumir que la volatilidad tiende a ser persistente y esto permite predecirla, esta previsibilidad implica que puede modelarse como autorregresivo con modelos como los GARCH, y por lo tanto la incertidumbre ahora se vuelve variable en el tiempo. En cualquier momento, puede ser mayor o menor que la volatilidad actual de los precios.

Esta perspectiva; es la de más amplio uso y se basa en los principios subyacentes a la heteroscedasticidad condicional autorregresiva o modelo ARCH, siendo el modelo GARCH el

modelo generalizado, en donde se postulan que hay períodos de volatilidad relativamente alta y baja, aunque el incondicional subyacente permanece sin cambios (Piot- Piot-Lepetit & M'Barek, 2011).

La última representación es la más utilizada, y en ella se supone que las series tienen un valor medio estable a lo largo del tiempo, la varianza de dicha serie puede mostrar la volatilidad ex ante (prospectiva) de una serie dada, solo si la serie puede descomponerse en componentes como tendencia y ciclo, entonces la varianza de cada uno de estos componentes puede describir la volatilidad de la serie (Balcombe, 2009).

4.1 Técnica estadística

En este sentido, los modelos adecuados son los relacionados con modelos que puedan descomponer los procesos internos como ARMA, GARCH, ARCH para trabajar la modelación de los precios de la panela, para ello se examina en detalle cada uno de ellos.

4.1.1 Procesos ARMA: Los procesos ARMA tratan de combinar las propiedades de los procesos AR y MA y permiten representar con pocos parámetros procesos cuyos primeros q coeficientes son cualquiera, mientras los siguientes decrecen según leyes simples. Los procesos ARMA son producto de la combinación de añadir estructurar tipo MA y AR o viceversa, y esto se expresa en su versión más simple ARMA (1,1) o AR (1) y MA (1) se expresa matemáticamente así (Peña, 2010).

Este tipo de modelos siguen la metodología Box y Jenkins y suponen la existencia de elementos determinísticos (dependencia entre los datos), donde los modelos ARIMA recogen este componente, los cuales están compuestos por tres procesos: AR que corresponde al componente autorregresivo, I que remite al componente integrado y MA que recoge las componentes medias móviles (Peña, 2010).

Los modelos ARIMA se expresan matemáticamente como $ARIMA(p, d, q)$ y que se representa de la siguiente forma:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d z_t = c + (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

Donde p es el orden de la parte autorregresiva estacionaria

Donde d el número de raíces unitarias.

Donde q el orden de la media móvil.

Dentro de este contexto, se presenta la metodología Box and Jenkins cuyo objetivo es identificar y estimar un modelo estadístico que permita interpretar la información contenida en los datos. Para esto, se exponen los siguientes pasos (Peña, 2010):

1. Identificar el modelo ARIMA mediante transformaciones de la serie a estacionaria y determinar el modelo y su respectivo orden.
2. Estimarlos coeficientes de los términos AR y MA con sus respectivos rezagos
3. Diagnosticar mediante la comprobación de residuos que no exista estructura de dependencia y evaluación de bondad de ajuste mediante R^2
4. Pronóstico. Una vez transformada la serie y cumpliendo las condiciones de estacionariedad se procede a realizar el pronóstico del periodo futuro.

Como última medida de análisis se muestran los modelos ARCH Y GARCH (Peña, 2010). En los modelos ARMA la varianza z_t es constante, sin embargo, existen procesos estacionarios cuya varianza condicionada no es constante. Esta varianza representa la incertidumbre de las predicciones y por lo tanto estos procesos reflejan un riesgo variable, traducido como la incertidumbre de las predicciones en el tiempo.

Por lo general, estas series se asemejan más a caminatas aleatorias o procesos AR de orden bajo y coeficiente pequeño, las cuales se caracterizan por que presentan una distribución no normal, con colas pesadas y alta curtosis; los datos están casi incorrelados aunque las autocorrelaciones de los cuadrados si pueden mostrar una dependencia. Finalmente, otra característica de estas series es que la varianza de los residuos no es constante y aparecen rachas de mayor variabilidad seguidas por las otras de menor variabilidad (Peña, 2010).

4.1.2 Modelos ARCH: Los modelos ARCH relajan el supuesto de normalidad y permiten incorporar procesos tipo ruido blanco formado por variables dependiente haciendo que la varianza condicionada no sea constante (Peña, 2010), la cual se puede expresar así:

$$e_t = \sigma_t \epsilon_t$$

Donde ϵ_t y σ_t son dos procesos estacionarios independientes entre sí y ϵ_t es un ruido blanco normal estandarizado (conformado mediante variables normales independientes de media cero y varianza unitaria) (Peña, 2010). Del mismo modo el proceso σ_t es estacionario, pero tiene estructura dinámica, siendo su valor en t función del conjunto $e_{t-1} = (e_{t-1}, \dots, e_1)$ de los valores de las series previas a t . Un modelo tipo ARCH (1) se pueden expresar de la siguiente forma (Peña, 2010):

$$E(e_t^2 | e_{t-1}) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2$$

Donde, $\alpha_0 > 0$ y $\alpha_1 \geq 0$ para asegurar las varianzas positivas

De forma que se obtiene:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \cdots + \alpha_r e_{t-r}^2$$

Pudiéndose expresar el modelo generalizado de la siguiente manera:

$$\text{ARCH}(r) \text{ para } e_t = \sigma_t \epsilon_t$$

A continuación, se revisa como generalizar este tipo de modelos.

4.1.3 Modelos GARCH: Si se requiere los modelos $\text{GARCH}(r,s)$ son una generalización de los modelos ARCH al incluir una estructura AR de orden r en la dependencia de la varianza de los cuadrados de la serie y una estructura MA de orden s en la varianza condicional y teniendo la secuencia e_t con las mismas propiedades que en los procesos ARCH (Peña, 2010). De este modo el modelo GARCH (r,s) será:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Estos modelos siguen un proceso de pasos que pueden resumirse de la siguiente manera: En primera medida se debe identificar la estructura; después de ajustar el modelo ARMA a la serie para eliminar la dependencia en la media. Si existen efectos ARCH los residuos del modelo ARIMA estarán incorrelacionados y se verá por medio de la función de autocorrelación de residuos al cuadrado que mostrará correlación serial. En segundo lugar, se procede a la estimación de parámetros de la varianza condicional maximizando la verosimilitud de los residuos, y

adicionalmente se puede estimar la media condicional para hacer una estimación más precisa (Peña, 2010).

En tercer lugar, se procede a comprobar la adecuación de los datos, si e_t corresponde a los residuos del modelo ARIMA y $\tilde{\sigma}_t$ a las varianzas condicionadas estimadas, los residuos estandarizados, $e_t/\tilde{\sigma}_t$ deben seguir un proceso de ruido blanco normal y se le aplicarán los contrastes habituales estudiados para el proceso ARIMA (Peña, 2010).

4.2. Fuente y procesamiento de la información

En resumen, el objetivo de la presente investigación descriptivas realizar un análisis de la volatilidad de los precios al por mayor en los principales mercados del país. Con el fin, de llevar a cabo este análisis se hará uso de la metodología establecida por Box, Jenkins & Reinsel (2008) y se construirá un modelo generalizado de heteroscedasticidad condicional autorregresiva (GARCH) que permitirá pronosticar y analizar la volatilidad de los precios de la panela.

Este estudio tendrá como base teórica la volatilidad, siendo esta explicativa a los precios y en las expectativas de la producción; además esta nos permitirá comprender la variabilidad de los precios en diferentes momentos de la economía. Para cumplir los objetivos, se tomarán como fuente primaria los datos de los precios de la panela cuadrada blanca al por mayor de los principales mercados del país, empleando el software R.

5. Análisis de los datos

5.1 Recolección de información

Con el fin de proyectar y analizar la volatilidad del precio de la panela se toma como fuente de información los datos suministrados por el DANE de los principales mercados del país, en materia panelera (ver tabla 1).

Tabla 1. *Mercados mayoristas de panela cuadrada blanca en Colombia 2014-2018*

Departamento	Ciudad/Municipio	Mercado
Antioquia	Medellín	Central mayorista de Antioquia
Atlántico	Barranquilla	Barranquillita
		Granabastos
Bolívar	Cartagena	Bazurto
Boyacá	Moniquirá	Moniquirá
	Santana	Santana
	Tunja	Tunja
César	Valledupar	Mercado nuevo

Tabla 1. (Continuación)

Santander	Bucaramanga	Centroabastos
		Mercados del centro
	Charalá	Charalá
	Güepsa	Güepsa
	San Gil	Panela
	Veléz	Veléz
Sucre	Sincelejo	Sincelejo
Tolima	Ibagué	Plaza la 21

Nota: *Datos tomados del DANE 2020

Los datos que se presentan a continuación fueron tomados semanalmente de las principales centrales de abasto del país; la serie de los precios de la panela blanca se elabora a partir del promedio de los datos obtenidos en las mediciones observadas en el periodo 2014-2018 con una frecuencia semanal correspondiente a 52 semanas.

El punto de partida para analizar el conjunto de datos obtenidos es una identificación preliminar mediante el análisis exploratorio y gráfico que da cuenta de la situación inicial de la información, que para este caso concierne al precio de la panela en Colombia. A continuación, se presenta el comportamiento gráfico del precio de la panela del periodo en mención. Adicionalmente, se presenta la figura 2 con los puntos en los cuales se observan datos atípicos y se explica este comportamiento:

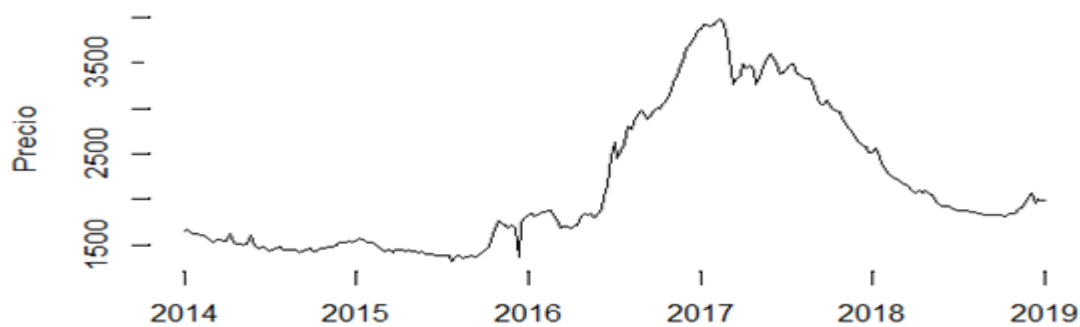


Figura 1. Precio de la panela blanca en Colombia 2014-2018

Las series temporales se definen como observaciones de valores de determinada variable- en este caso el precio de la panela- a lo largo de un periodo dado. Dentro de los elementos que caracterizan las series temporales se encuentra la tendencia, en la figura 1 se observa una tendencia constante en los primeros años de análisis; sin embargo, iniciando 2016 se presenta un comportamiento irregular de la serie el cual ocasiona un crecimiento sostenido hasta el primer trimestre de 2017 donde, la tendencia desciende buscando el comportamiento inicial real observado al inicio del período de análisis. En general, la serie no es estable y su tendencia es cambiante en el tiempo. Al identificar la estacionalidad de la serie se puede dar cuenta que la serie no es estacional, teniendo en cuenta que los datos fueron tomados a nivel semanal y se observan cambios en la distribución y comportamiento de los datos.

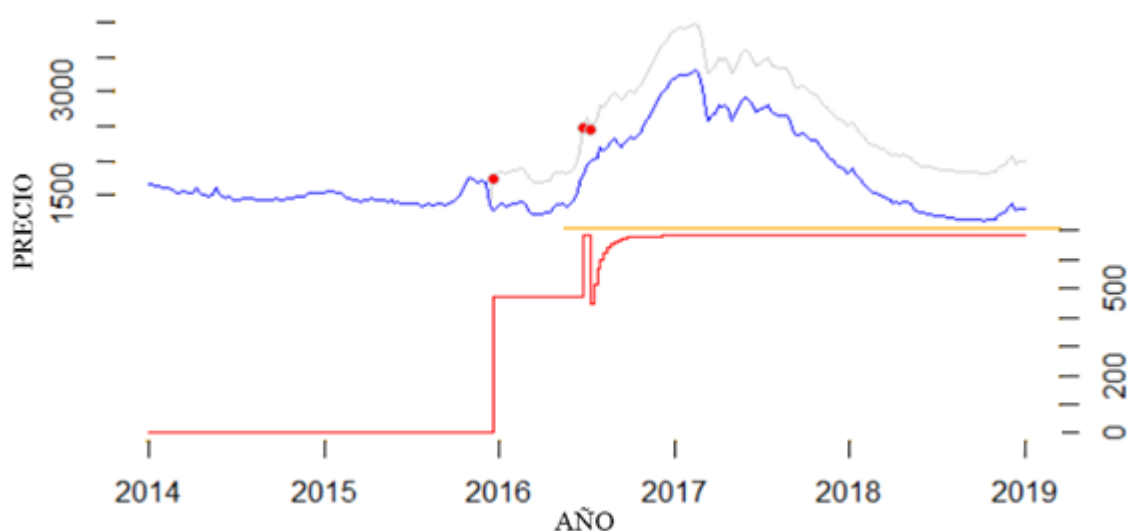


Figura 2. Análisis gráfico preliminar

En términos específicos de producción de panela, el alza en los precios experimentados durante el año 2016 con su pico más alto a finales de 2017 se explica en gran parte por las pérdidas generadas en los cultivos de caña gracias al fenómeno del niño en el año 2015 (la cosecha tarda alrededor de 18 meses). De acuerdo con la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres- Colombia en el periodo 2014-2016 se afectaron 13.817 ha de caña de azúcar producto del fenómeno del niño. La escasez de caña de azúcar agotó las reservas lo cual generó disminución en las moliendas pasando de tres moliendas al mes a una cada dos meses. Otra de las características observadas en la serie y no menos importante, es el pequeño incremento del precio en los primeros meses del año, esto se debe a que en esta época las reservas de caña son escasas.

Superado este fenómeno natural y volviendo a los procesos de producción dadas las condiciones normales se observa la disminución en los precios buscando volver a su precio histórico a inicios de 2014. Sin embargo, una de las posibles razones que indican la baja en los precios es la disminución del consumo per cápita de este producto.

Ahora bien, el análisis descriptivo de los datos se presenta como un abrebocas de la tendencia de los datos y el posicionamiento de los mismos; en este caso la media arroja un valor de 2159 como precio promedio de los observados en el análisis. La desviación estándar por su parte da un valor de 777 el cual se expresa como la dispersión de los precios respecto a la media expuesta inicialmente. El valor mínimo registrado corresponde a 1320 pesos por kilo de panela en 2015 mientras el máximo presentado es de 3984 pesos por kilo de panela en 2017.

Una vez realizado el análisis inicial, se procede a realizar los ajustes propuestos en la metodología Box, Jenkins & Reinsel (2008) dentro de los cuales incluye como punto de arranque para identificar el posible modelo, aplicar transformaciones que posteriormente convertirán la serie en estacionaria. De la misma manera, corrigen problemas de normalidad y heterocedasticidad que es la diferencia de la varianza de los datos.

La metodología de Box-Cox es utilizada para transformar los datos y que ellos conserven una distribución normal. La figura 3 expone que el coeficiente λ es diferente de 0 con un intervalo de confianza del 95% lo cual sugiere una transformación de la serie para mejorar su análisis.

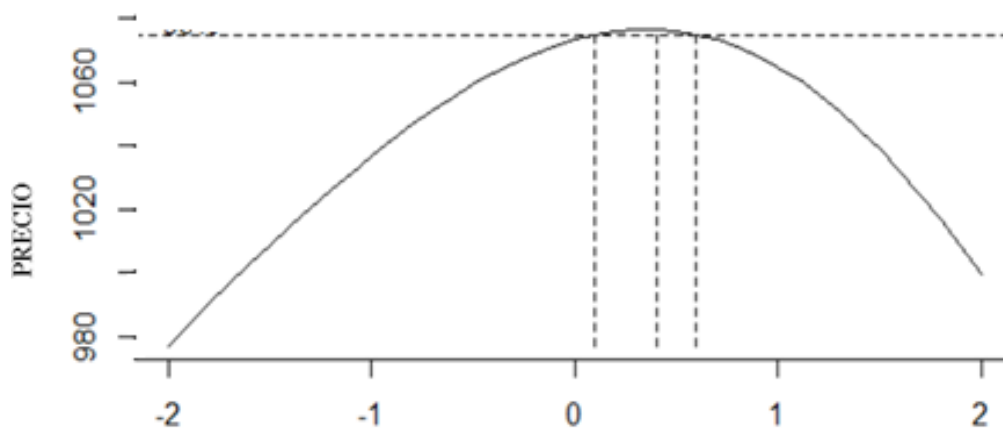


Figura 3. Transformación Box-Cox

El autocorrelograma simple y parcial de la serie estudiada (figura 4) muestra que la serie no es estacionaria debido que la caída de las espigas en el ACF es muy lenta y al contrario, en el PACF es abrupta.

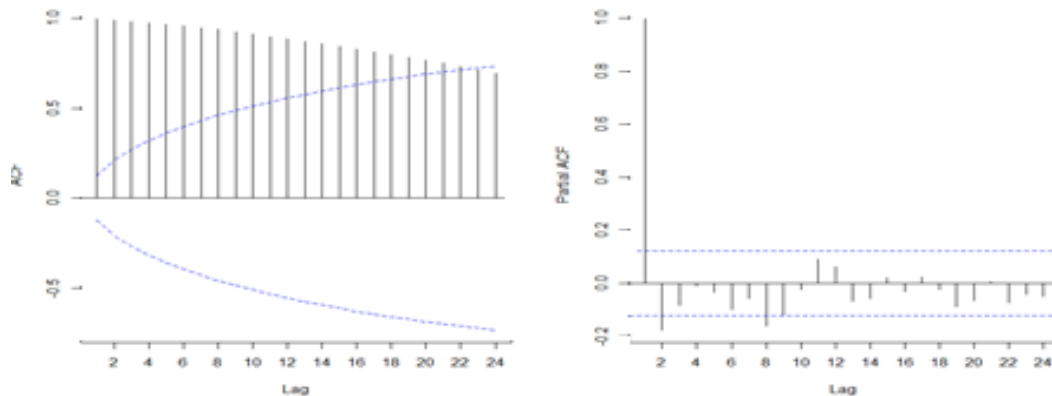


Figura 4. Correlograma simple y parcial de la serie precio de la panela blanca

El test de Dickey_Fuller es empleado principalmente para probar si la serie es o no estacionaria. Por lo general, se busca que las series sean estacionarias porque su distribución y tendencia no varían en el tiempo. Al aplicar el test a los datos presentados (tabla 2) se acepta la hipótesis nula de raíz unitaria y se rechaza la hipótesis alternativa de estacionariedad con un nivel de significancia del 95%. Esta hipótesis es confirmada por el p valor superior a 0,05.

Tabla 2. Test Dickey Fuller

Dickey-Fuller	-0,9581
Orden	6
p valor	0,9439
Hipótesis Alternativa: Estacionaria	

Nota: Test encargado de evaluar la estacionariedad de la serie

De acuerdo con los valores arrojados se evidencia la no estacionariedad de los datos lo que sugiere un nuevo método que se encarga de eliminar la tendencia de la serie mediante el proceso de diferenciación de la serie. Como se puede ver a continuación, esta transformación da cuenta del precio de la panela blanca con las características adecuadas para el análisis mediante series de tiempo.

Desarrollar la metodología de Box y Jenkins implica utilizar las técnicas necesarias para transformar los datos y que estos a su vez cumplan con los estándares de normalidad y estacionariedad requeridos para correr el modelo. Ahora se procederá a transformar los datos a logaritmo y analizar los resultados.

A primera vista se evidencia un suavizamiento de la serie de precio semanal de la panela blanca (figura 5), comparada con la serie original; sin embargo, es con la transformación Box Cox y el valor que arroje lambda es donde se dará cuenta del funcionamiento de este cambio.

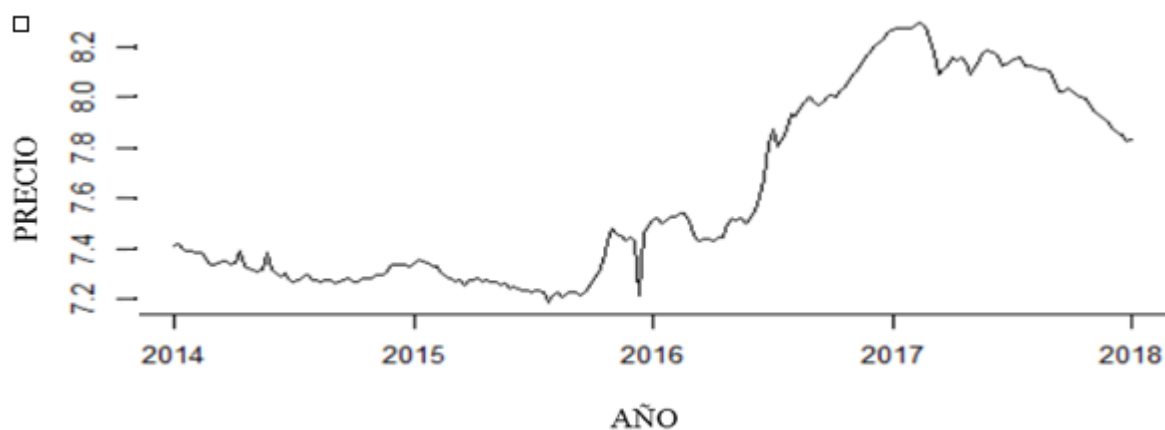


Figura 5. Serie transformada precio de la panela cuadrada blanca

No obstante, la tendencia sigue presente en la serie de precio de la panela debido a la caída lenta de los retardos de la serie indicando que dicha tendencia podría ser estocástica y la manera de eliminarla es mediante diferencias que una vez aplicadas harán que la serie se transforme en estacionaria.

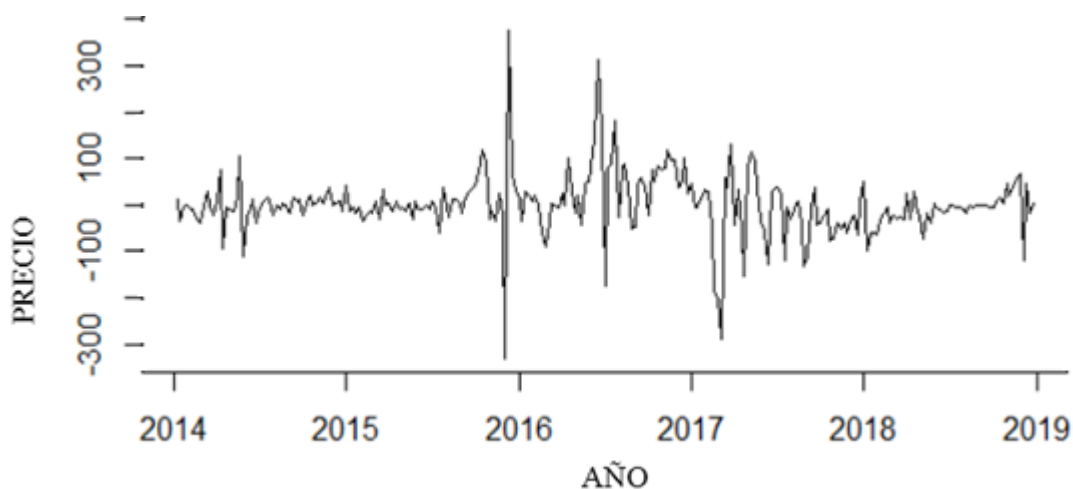


Figura 6. Primeras diferencias precio de la panela cuadrada blanca

En la figura 6 se observa que los precios más altos que se ha tenido de la panela han sido durante el año 2016, luego tuvo una caída en sus precios a partir del año 2017, donde se ve que fue una época de muchas fluctuaciones.

Ahora bien, se muestra la descomposición de la serie temporal precio de panela blanca (figura 7) exponiendo de manera individual los elementos de los cuales está compuesta; la primera gráfica indica los datos actuales; después, la tendencia o movimiento general de los datos, en este caso se evidencia una tendencia ciclica, teniendo en cuenta la subida en el precio que como se indicó anteriorente se debió a un fenómeno natural que acabó con los cultivos en etapa de producción; la estacionalidad que indica el patrón que siguen los datos, en este caso la observación se refleja en

los incrementos de precio iniciando cada año teniendo en cuenta las pocas cantidades de reserva de producto que se tienen para esta época del año y el componente aleatorio o parte sin explicar de los datos. Posteriormente, se procede con la técnica de las primeras diferencias para eliminar tendencia.

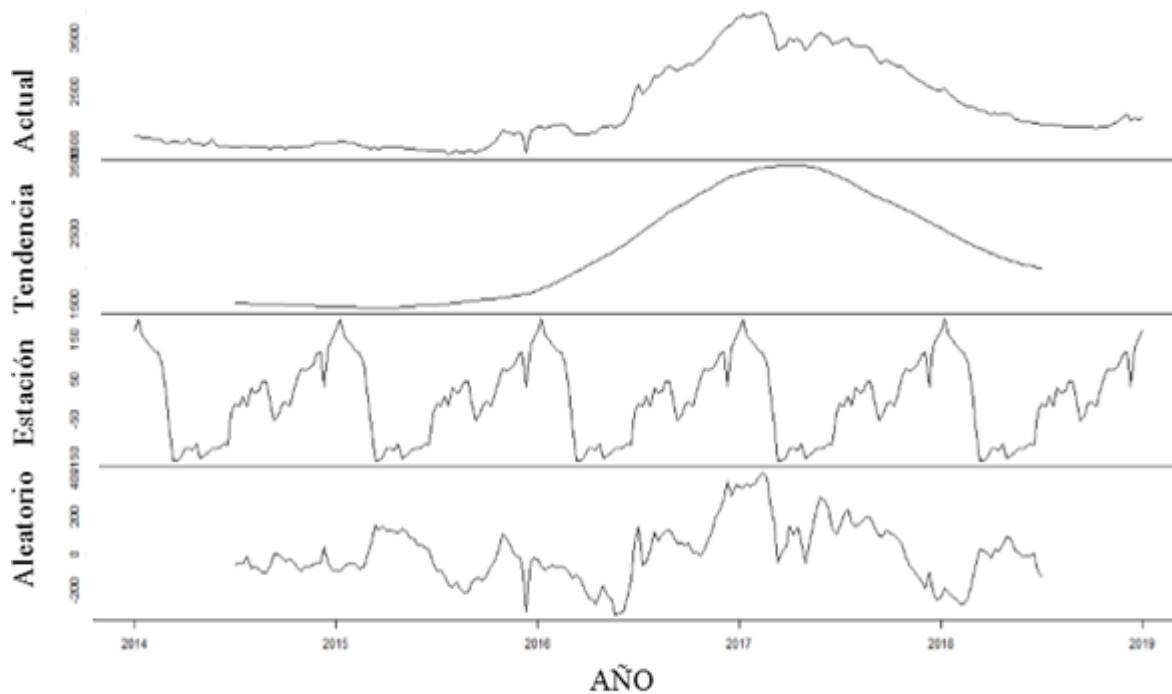


Figura 7. Descomposición de la serie temporal

La figura 8 de correlación simple y parcial de las primeras diferencias logarítmicas convence la eficiencia de la transformación de la serie; la tendencia oscila en valores cercanos a cero a excepción del instante 29 lo que da cuenta de la estacionariedad de la serie.

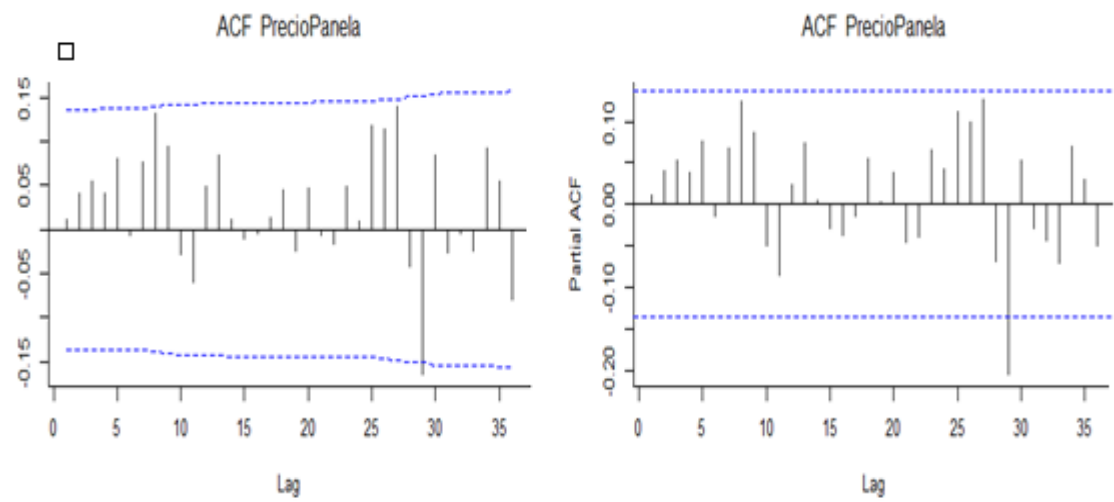


Figura 8. Correlación simple y parcial de las primeras diferencias logarítmicas

Seguidamente se presenta el test de Dickey Fuller (tabla 3) para confirmar la estacionariedad de la serie con las transformaciones realizadas

Tabla 3. Test Dickey-Fuller transformación logarítmica

Dickey-Fuller	-4,9894
Orden	5
P valor	0,0100
Hipótesis Alternativa: Estacionaria	

Nota: Test encargado de evaluar la estacionariedad de la serie

El test de Dickey Fuller rechaza la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria con un p valor significativo inferior a 0,05. En ese orden de ideas, la serie se encuentra lista para el proceso de estimación del modelo.

5.2 Estimación y diagnóstico del modelo

La primera etapa de la metodología Box y Jenkins (2008) parte de la identificación del modelo que explica la serie de tiempo que se está analizando, es decir el precio de la panela. Se inicia con una serie de pruebas para el modelo ARIMA en diferente orden y observar su comportamiento:

Tabla 4. *Modelo 1*

ARIMA x=Ly1 orden (1,1,2)			
	AR1	MA1	MA2
Coefficientes	0,9560	-0,9647	0,0520
Error estándar	0,0493	0,0859	0,0716
sigma²:	0.001142	0,0011	
Máx. Verosimilitud		409,3900	
*Akaike AIC		-812,7800	

Nota: * Es el criterio que determina la selección del modelo

En la tabla 4 se presenta un modelo ARIMA Ly1 de orden (1,1,2) el cual expone un componente autorregresivo de orden 1 una diferencia y dos componentes de media móvil. El coeficiente Akaike corresponde a -812,7800.

Tabla 5. *Modelo 2.*

Arima x=Ly1 orden (0,1,2)		
	MA1	MA2
Coefficientes	0,0100	0,3910
Error estándar	0,0695	0,6650
sigma²	0,0011	
Máx. Verosimilitud	407,3300	
*Akaike AIC	-810,6600	

Nota: *El coeficiente se mantiene negativo

En la tabla 5 el modelo que se expone es ARIMA Ly1 (0,1,2) esto significa que no posee un componente autorregresivo, una diferencia y dos componentes de medias móviles. El coeficiente de Akaike corresponde a -810,6600.

Tabla 6. *Modelo 3*

Arima x=Ly1 orden (0,1,1)	
	MA1
Coefficientes	0,0136
s.e.	0,0665
sigma²	0,0011
Máx. Verosimilitud	407,1600
*Akaike AIC	-812,3100

Nota: * El coeficiente mantiene un valor negativo

La tabla 6 por su parte presenta el modelo 3, la cual esta expresada por un modelo ARIMA Ly1 sin componente autorregresivo, con una diferencia y un componente de media móvil. El coeficiente de Akaike corresponde a -812,3100.

Tabla 7. *Modelo 4*

Arima x=Ly1 orden (1,1,1)		
	AR1	MA1
Coeficientes	0,9616	-0.9231
s.e.	0.0410	0.0546
sigma^2	0,001145	
Máy. Verosimilitud	409,1300	
*Akaike AIC	-814,2600	

Nota: *El coeficiente es negativo y suficientemente bajo comparado con los demás modelos

Por último se presenta la tabla 7 con un modelo ARIMA Ly1 con un componente autorregresivo, una diferencia y una media móvil. Las pruebas realizadas permiten la observación de los coeficientes que acompañan a cada uno de los parámetros, varianzas, máxima verosimilitud y criterio de información Akaike (AIC). Las pruebas dan cuenta que el modelo que mejor se ajusta para la interpretación de los datos es la prueba 4; este se escoge teniendo en cuenta el criterio de información Akaike (AIC), el cual se presenta como una medida de bondad de ajuste de modelos estadísticos. El modelo 4 presenta el AIC más pequeño correspondiente a -814.2600 lo cual es el indicador para interpretar que el modelo seleccionado es ARIMA (1,1,1)

$$r_t = 0.9616 * r_{t-1} - 0.923 * e_{t-1} \quad (1)$$

Teniendo en cuenta lo anterior, y como segundo punto del método Box y Jenkins (2008) se procede con el diagnóstico del modelo ARIMA (1,1,1). Se inicia con la estandarizar los residuos con el fin de evidenciar su comportamiento; en este caso y de acuerdo con las gráficas de la figura 9, tanto en los puntos como en el histograma los residuos presentan un comportamiento sin continuaciones predecibles ni autocorrelaciones.

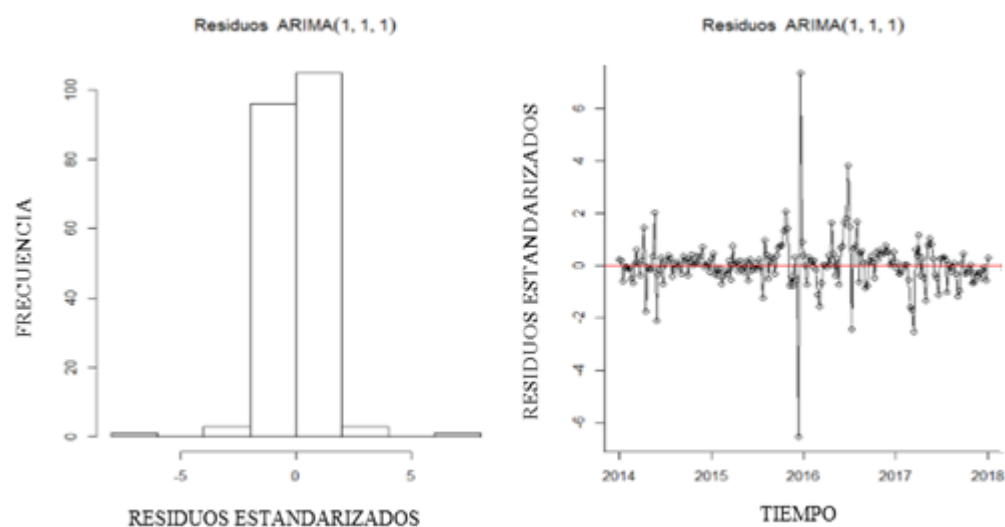


Figura 9. Estandarización de los residuos

De la misma manera, la figura 10 de correlación simple y parcial evidencia los residuos dentro del intervalo de confianza propuesto.

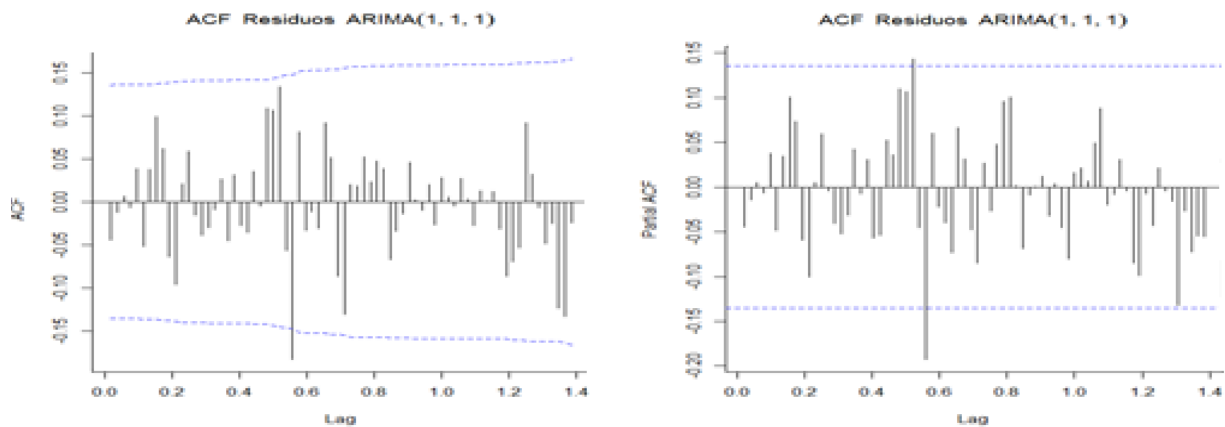


Figura 10. Correlograma de los residuos

Un panorama más claro de los resultados se expone seguidamente con una explicación gráfica de residuos, autocorrelación de los residuos y los valores p de Ljung-Box. La figura de residuos (figura 11) indica que estos son pequeños con una excepción; la autocorrelación de los residuos no evidencia autocorrelaciones significativas, finalmente el gráfico Ljung-Box indica la veracidad del modelo al mostrar los valores de p por encima de la línea punteada.

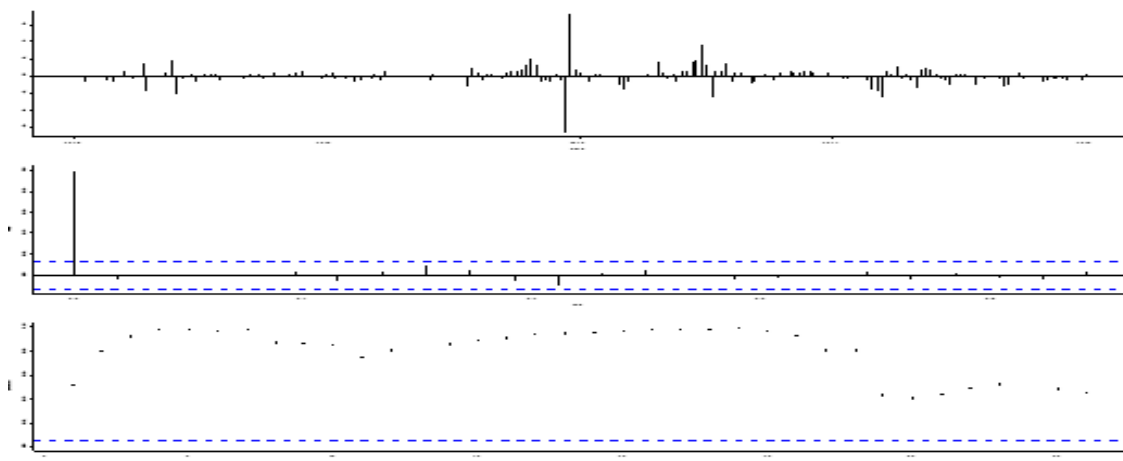


Figura 11. Comportamiento residual

El test de Ljung Box confirma la presencia de ruido blanco con un p valor igual a 0,4400 superior a 0,0500

Tabla 8. *Test de Box- Ljung*

Test Box_Ljung	
X- Cuadrado	36,5670
df	36
P valor	0,4423*

Nota: *Valor significativo al encontrarse por encima del valor de referencia

Como punto concluyente de este capítulo se muestra la figura 12 que incluye la distribución normal de los residuos mediante el gráfico Q-Q pocos se salen de la línea de tendencia; de la misma manera el histograma evidencia una curtosis con distribución normal.

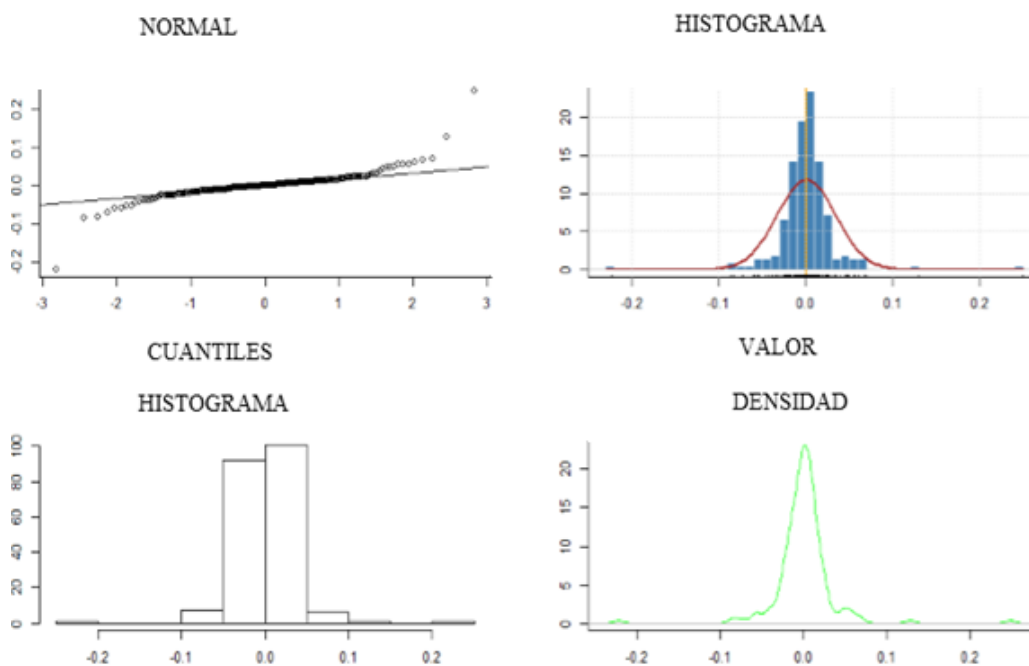


Figura 12. Distribución normal de los residuos, histograma y densidad

A continuación se presenta el análisis del modelo Garch encontrado para estudiar el comportamiento de la serie de tiempo del precio de la panela blanca en Colombia.

5.3 Resultados Modelo Garch

Para finalizar se presenta el modelo Garch de los datos como parte del desarrollo de la propuesta inicial, recordando que este tipo de modelo se ajustan al comportamiento de los datos presentado en el precio de la panela y a la vez determinar si existen efectos GARCH en el modelo escogido. De la misma manera se busca determinar si existen efectos GARCH en los residuos del modelo ARIMA. En este orden de ideas se realiza la prueba de hipótesis Ljung.Box para determinar si existe la necesidad de estimar un modelo GARCH.

Tabla 9. *Test Box-Ljung GARCH*

Test Box_Ljung	
X- Cuadrado	47,83
DF	10
*P valor	6.65e-07

Nota: *El valor de p es muy bajo por lo tanto rechaza la hipótesis nula.

El valor p expuesto en el test anterior rechaza la hipótesis nula; es decir, los errores tienen impacto GARCH con alto nivel de significancia por lo tanto se debe estimar el modelo. Se procede entonces a generar el correlograma de los residuos al cuadrado e identificar que tipo de información resulta. Seguidamente se observa que el correlograma simple indica que el posible

valor para el parametro q es 1 mientras que el correlograma parcial da cuenta de los posibles valores para el parametro p que en este caso corresponde a 1,2.

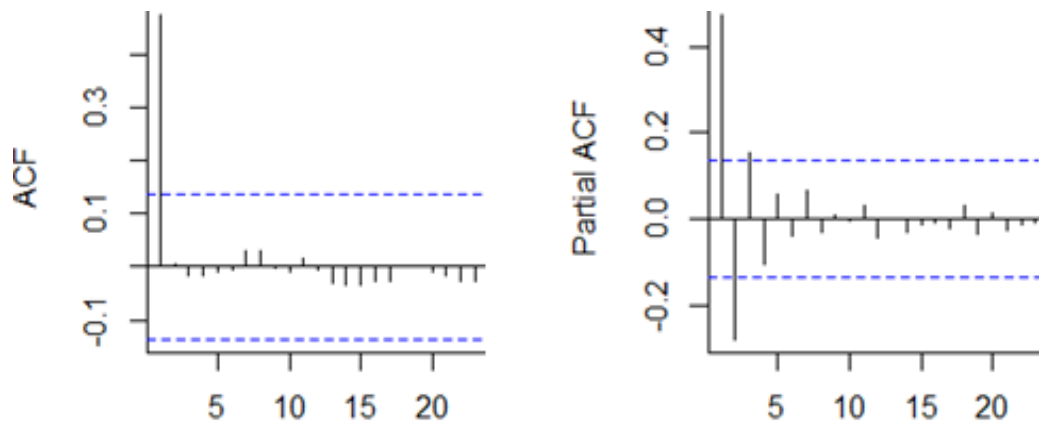


Figura 13. Correlograma de los residuos al cuadrado

A continuación, se exponen muestras de las pruebas realizadas para posteriormente escoger el modelo GARCH que se ajusta de mejor manera a los datos y se escoge el modelo cuyo valor AIC sea más bajo:

Tabla 10. Modelo ARIMA (1,1) GARCH (1, 0)

	Coefficiente	Error estándar	T valor	Pr(> t)
Mu	0,00165077	1,62E-03	1,02	0,308
ar1	0,09049031	1,58E-01	0,573	0,567
ma1	1,0,20726369	1,66E-01	1,252	0,21
Omega	0,00030997	6,08E-05	5,1	3,40E-07*
alpha1	0,9999999	2,32E-01	4,318	1,57E-05*
AIC		-4,4100		

Nota: *Valores significativos en el modelo

La tabla 11 presenta un modelo ARMA (1,1) GARCH (1,0) en el cual los componentes omega y alpha1 son significativos, el criterio de Akaike corresponde a -4,4100

Tabla 11. *Modelo ARMA (1,1) GARCH (1,1)*

	Coeficiente	Error estándar	T valor	Pr(> t)
Mu	0,00047469	1,46E-03	0,325	0,745
ar1	0,33132419	1,36E-01	2,429	0,0151*
ma1	0,23210109	1,06E-01	2,196	0,0281*
Omega	0,00018023	4,28E-05	4,208	2,58E-05***
alpha1	0,9999999	2,04E-01	4,898	9,67E-07***
beta1	0,13196759	6,15E-02	2,145	3,20E-02*
AIC	-4,4600			

Nota: La mayoría de coeficientes son significativos * ***

La tabla 12 correspondiente a la prueba 2 donde se expone un modelo ARMA (1,1) GARCH (1,1) donde la mayoría de los valores t son significativos. El criterio de Akaike es igual a -4,4600

Tabla 12. *Modelo ARMA (1,1) GARCH (1,2)*

	Coeficiente	Error estándar	T valor	Pr(> t)
Mu	0,00059871	1,42E-03	0,422	0,67273
ar1	0,33547898	1,27E-01	2,651	0,00804**
ma1	0,22701148	9,19E-02	2,471	0,01347*
Omega	0,00018295	4,08E-05	4,483	7,38E-06***

Tabla 12. (Continuación)

alpha1	0,9999999	1,63E-01	6,15	7,76E-10***
beta1	0,12565987	5,81E-02	2,164	3,04E-02*
beta2	0,00000001	NA	NA	NA
AIC	-4,4500			

Nota: El modelo presenta coeficientes significativos

La tabla 13 presenta un modelo ARMA (1,1) GARCH(1,2) en el cual los componentes son significativos y el criterio de Akaike es -4,4500.

Con las tres pruebas expuestas, se escoge el modelo ARMA (1,1) GARCH (1,1) cuya prueba arroja el AIC más bajo correspondiente a -4,4600 además refleja coeficientes con valores significativos lo que indica que este modelo es el que explica mejor los datos del precio de la panela; para ello se elabora el gráfico de los residuos donde se muestra la independencia de los residuos y la efectividad del modelo escogido. Adicionalmente, se elabora el test de L-jung para evaluar el nivel de significancia con el valor p el cual resulta representativo.

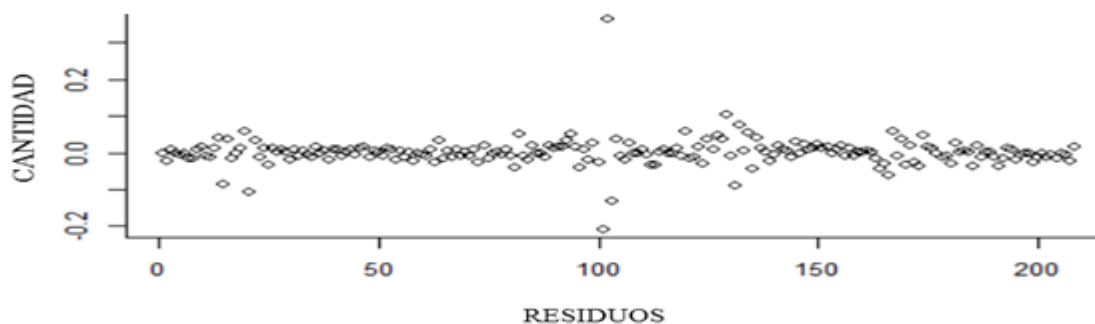


Figura 14. Residuos del Modelo GARCH

La figura 14 correspondiente a los residuos del modelo GARCH indica la eficiencia del modelo con la distribución que experimentan los residuos en el análisis gráfico exponiendo una distribución normal.

Tabla 13. *Test Box-Ljung Modelo GARCH*

X- Cuadrado	56.0710
DF	10
*P valor	1.991e-08

Nota: *Valor de p significativo para aceptar el modelo

De igual manera, el test Box- Ljung expuesto en la tabla 14 muestra un p valor significativo lo que infiere que se trata de un modelo correcto y adecuado para describir la serie del precio de la panela.

5.4 Pronóstico modelo GARCH

Como parte concluyente del ejercicio de investigación, se presenta el análisis gráfico de las predicciones del modelo GARCH

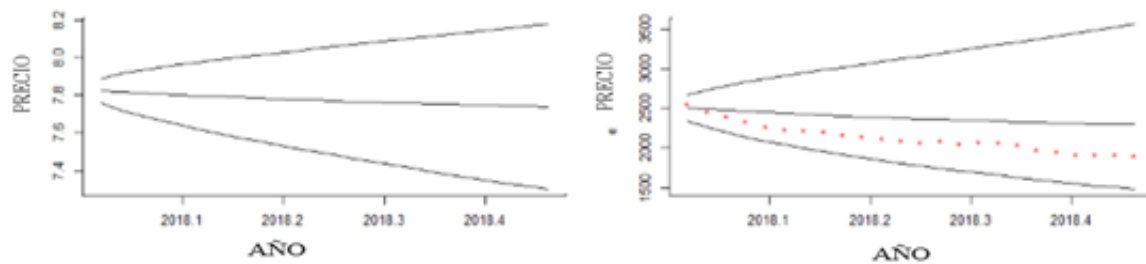


Figura 15. Predicción Modelo GARCH

La proyección evidencia la caída del precio del panela en los periodos subsiguientes a los datos expuestos y analizados. Con este panorama se considera la apertura de nuevos mercados por parte de los productores para lograr mejoras tanto en comercialización como precio.

6. Conclusiones

El documento expuesto presenta la aplicación de un modelo GARCH a una base de datos perteneciente al precio de la panela en Colombia durante el periodo 2014-2018. Tras la revisión de la literatura académica y el posterior hallazgo de semejanzas del comportamiento de los datos con las características del modelo en mención, se permitió evidenciar la volatilidad como un elemento vigente en este producto agrícola lo cual implica un riesgo visible en la solvencia de los productores.

El modelo de series de tiempo que mejor identifica las características de la volatilidad del precio de la panela blanca 2014-2018 corresponde a un modelo ARMA (1,1) GARCH (1,1) el cual está

estructurado por un componente autorregresivo y uno de media móvil, que como se dijo inicialmente es el empleado para analizar series cuya característica es la volatilidad.

El comportamiento del precio de la panela en el periodo analizado se vio afectado por factores externos como el fenómeno del niño, el cual generó alzas en los precios en las últimas semanas del año 2017 alcanzando puntos máximos debido a la escasez. De la misma manera, las reducciones en el consumo han generado una disminución en la demanda y por lo tanto en los precios debido a los cambios en los patrones de consumo de este bien.

Los pronósticos a veinticuatro periodos inmediatamente posteriores a los analizados de los precios de la panela demostraron una caída inminente del precio de este bien lo que conduce a explorar mecanismos tanto de auxilios estatales como de apertura en el mercado internacional. Sin embargo, y aunque este pronóstico se convierte de un referente para el análisis, no permite tomar decisiones absolutas al productor ya que se requieren pronósticos más amplios para determinar los periodos de las posteriores cosechas.

A nivel general el documento permite responder los objetivos planteados en la investigación; adicionalmente, se recomienda elaborar un sistema de registros por parte de los productores que permita pronosticar a largo plazo y de manera confiable los periodos de las siguientes cosechas.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, A., Arcila, A. & Montenegro, S. (2017). Herramientas de estabilización de los precios internos del azúcar en Colombia: ¿Funcionan? *Lecturas de Economía*, número 86 (2017), pp. 105-126.
- Balcombe, K. (2009) *The nature and determinants of volatility in agricultural price*, MPRA Paper No. 24819, posted 7 de September 2010
- Barajas, R. (2012) *Análisis de la competitividad de la industria panelera en el municipio de mogotes departamento de Santander*. Tesis para optar al título de Administradora de Empresas, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2001). *Análisis de volatilidad implícita*. Recuperado http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/investigaciones/VI_palazzo.pdf
- Brown, O., Crawford, A. & Gibson, J. (2008). *Auge o caída: cómo la volatilidad de precios básicos impide la reducción de la pobreza y qué se puede hacer al respecto*. Winnipeg, Canadá: Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible.
- Box, G., Jenkins, G. M. & Reinsel G. (2008) *Times series Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Cepal, FAO, e IICA. (2012). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2013) *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional: 2012-2019*, Imprenta Nacional, Bogotá.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2020) *Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario*. Recuperado en: <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/sipsa>
- Departamento Nacional de Planeación (2014). *Misión para la transformación del campo*. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Agriculturapecuarioforestal%20y%20pesca/Sistema%20Cr%C3%A9dito%20Agropecuario.pdf>
- Dehn, J., (2000). "Commodity price uncertainty and shocks: implications for economic growth," CSAE Working Paper Series 2000-10, Centre for the Study of African Economies, University of Oxford.
- Dehn, J., Gilbert, C., & Varangis, P. (2005). *Agricultural Commodity Price Volatility*. In J. Aizenman & B. Pinto (Eds.), *Managing Economic Volatility and Crises: A Practitioner's Guide* (pp. 137-185). Recuperado de: https://www.politicheagricole.it/flex/files/7/0/2/D.19d71a81d6cca70d9218/Volatilit__dei_prezzi.pdf
- FAO (2004). *Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/AGSF_WD6s.pdf
- FAO (2010). *Price Volatility in Agricultural Markets. Evidence, impact on food security and policy responses*. ES Policy Brief, n. 12. Rome.
- CEPAL-FAO-IICA (2011). *Volatilidad de precios en los mercados agrícolas (2000-2010). Implicaciones para América Latina y opciones de políticas. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe. Boletín 1*

- FAO. (2012). *Volatilidad de los precios desde una perspectiva mundial*, División de Comercio y Mercados (EST) de la FAO, Documento técnico, FAO.
- Góngora, P. (2010). *Determinantes de la volatilidad en el producto: Evidencia empírica*. Tesis para optar al título de Economista). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Hamulczuk, M. y Szajner, P. (2015). Sugar prices in Poland and their determinants. *Problems of Agricultural Economics*, 345(4), pp. 59-79. doi: 10.5604/00441600.1184587
- Huchet-Bourdon, M. (2011). *Agricultural commodity price volatility: an overview*, OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers, No. 52, OECD Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/5kg0t00nrthc-en>
- Jordaan, H., Grové, A., Jooste, A. & Alemu, Z. (2007). *Measuring the Price volatility of certain field crops in South Africa using the ARCH/GARCH approach*. *Agrekon*, 46 (3), pp.306-322.
- Kim, T; Park, Y; Myung, J. & Han, E. (2018). Food price trends in South Korea through time series analysis. *Public Health*, 165(1), pp.67-73.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *MinAgricultura apuesta por la modernización y posicionamiento del sector panelero*. Recuperado de: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/minagricultura-apuesta-modernizacion-posicionamiento-sector-panelero.aspx/>
- Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Volatilidad de los precios y seguridad alimentaria*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-av038s.pdf>
- Peña, Daniel. (2010) *Análisis de series temporales*. Alianza Editorial. España

Piot-Lepetit, I., & M'Barek, R. (2011). *Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility*. Greece.

Pop, L., Rovinaru, M. y Rovinaru, F. (2013). The challenges of sugar market: an assessment from the price volatility perspective and its implications for Romania. *Procedia Economics and Finance*, 5(2013), pp.605-614.

Rossi, G. (2013). La volatilidad en mercados financieros y de commodities. Un repaso de sus causas y la evidencia reciente. *Invenio*, 16(30), pp.59-74.

Schnepf, R.D., (2005). *Price determination in agricultural commodity markets: A primer*. Congressional Research Service. Recuperado de <http://www.nationalaglawcenter.org/wp-content/uploads/assets/crs/RL33204.pdf>

Servicio de Gestión, Comercialización y Finanzas Agrícolas (2004). Documento de trabajo 6, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ROMA.

Superintendencia de Industria y Comercio. (2012). *Cadena productiva de la panela en Colombia: diagnóstico de libre competencia (2010-2012)*. Recuperado de http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Panela2012.pdf

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2016). *Fenómeno del Niño. Análisis comparativo 1997-1998/2014-2016*. Recuperado de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20564/Fenomeno_nino-2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Villota, C. (14 de septiembre de 2018). *Crisis del sector panelero fue analizada en Audiencia Pública en la Comisión Sexta. Prensa senado.* Recuperado de <http://www.senado.gov.co/actualidad/item/28276-crisis-del-sector-panelero-fue-analizada-en-audiencia-publica-en-la-comision-sexta>