

La volatilidad del precio de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en México: 2000-2020

María del Rosario Granados Sánchez^a, Luis Gómez Oliver^b, Javier Galán Figueroa^b

RESUMEN: El objetivo es evaluar si los precios del frijol presentan volatilidad y si tiene implicaciones en la seguridad alimentaria de la población. Se aplicaron modelos simétricos y asimétricos de la familia ARCH a tres variedades de frijol en ocho mercados mexicanos. Los resultados mostraron una alta persistencia de volatilidad en frijol pinto y negro, la cual es mayor en los mercados locales que en los que tienen diferente punto de origen y destino. Por lo que dicha volatilidad impacta sobre las decisiones de consumo de la población más pobre.

The volatility of the prices of bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mexico: 2000-2020

ABSTRACT: The objective is to evaluate whether bean prices present volatility clustering effects and whether these have implications for the food security of the population. Symmetric and asymmetric models belonging to the ARCH family were used. They were applied to three bean varieties for eight Mexican markets. The results showed a high persistence of volatility in pinto and black beans, the persistence is bigger in local markets than in those with different point of origin and destination. The volatility of the three varieties impacts on the consumption decisions of the most disadvantaged population.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Crisis económica, hortalizas, modelos ARCH, precios de productos básicos, seguridad alimentaria / *Economic crisis, vegetables, ARCH model, commodity prices, food safety.*

Clasificación JEL / JEL Classification: B23, O13, Q11, Q18.

DOI: <https://doi.org/10.7201/earn.2022.01.06>

^a Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: rosariogs_86@hotmail.com

^b Posgrado de la Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Email: luisgo@economia.unam.mx, galfija@unam.mx

Agradecimientos: Los autores agradecen las observaciones de los revisores anónimos de la revista. Esta investigación fue posible gracias al financiamiento del Programa de Becas Posdoctorales de la UNAM mediante la adscripción de la Facultad de Economía.

Citar como: Granados Sánchez, M.R., Gómez Oliver, L. & Galán Figueroa, J. (2022). “La volatilidad del precio de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en México: 2000-2020”. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 22(1), 123-148. <https://doi.org/10.7201/earn.2022.01.06>

Dirigir correspondencia a: María del Rosario Granados Sánchez.

Recibido en septiembre de 2021. Aceptado en junio de 2022.

1. Introducción

El estudio sobre la volatilidad en el precio de las materias primas es siempre pertinente y en mercados internacionales que son codependientes toma relevancia por el contagio que se manifiesta entre ellos (Corbet *et al.*, 2021). No obstante, en periodos de crisis económica o ante choques de oferta su análisis cobra importancia por los impactos que tiene sobre consumidores y productores, en particular sobre aquellos oferentes que no tienen acceso a coberturas de precios; por el lado de los consumidores, ven reducidos sus ingresos o pasan a la tasa de paro, ya que los obliga a reducir o modificar su nivel de consumo ante una menor capacidad monetaria para adquirirlos, mientras a la población más pobre los pone en riesgo de inseguridad alimentaria. Si bien son muchos los factores endógenos que influyen sobre el comportamiento de los precios de los productos básicos también son afectados por fenómenos externos o exógenos a su naturaleza.

La crisis económica de 2008 visibilizó el impacto que ejercen otros mercados u otros productos sobre la dinámica de los precios agrícolas. Sin embargo, hay eventos recurrentes que típicamente influyen directa o indirectamente sobre los cambios en los precios como lo muestran las investigaciones de Balcombe (2010), quien expone que algunos de los factores son: la variación en la oferta de los *commodities* en el corto plazo, los cambios en la utilización de insumos destinados a la generación de energía, la apertura de los mercados, los cambios en los niveles de inventarios, la superficie cosechada, el impacto del cambio climático, el tipo de cambio, la tasa de interés, la política comercial a través del control en el volumen de exportaciones, de la transmisión de precios, entre otros.

La variación en el precio de los energéticos sobre el precio de los *commodities* es uno de los determinantes más estudiados, por ejemplo, Taghizadeh–Hesary *et al.* (2019) concluyen que episodios de inflación en el precio del petróleo son perjudiciales para la seguridad alimentaria, mientras que el impacto de los precios de los biocombustibles sobre los precios de los alimentos solo explica en un dos por ciento la variación de su precio. En la misma línea de investigación, Elleby *et al.* (2020) sostienen que en la reciente crisis por COVID- 19 la caída en los precios de los energéticos fósiles ha reducido la demanda de biocombustibles y al hacerlos menos competitivos, afecta a los mercados de sus materias primas, así como los relacionados con ellos.

Al igual que en la crisis de 2008, en la reciente crisis económica generada por el virus SARS CoV-2 los agentes económicos han resultado afectados. De acuerdo con el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2021) la contracción de la economía mundial en 2020 fue de -3,5 %, la mayor caída de la economía en los últimos 20 años. En México la caída en el PIB fue del 8,3 %, la crisis se reflejó en el aumento de la tasa de desempleo, la disminución en las percepciones monetarias de los trabajadores y la reducción en la compra de bienes intermedios, así como modificaciones en los hábitos de consumo de productos alimentarios.

Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) mostraron que, en abril del 2020, la población desempleada pasó de 2 a 12 millones de la po-

blación económicamente activa; como consecuencia aumentó la pobreza y pobreza extrema en 4 y 27 millones, respectivamente. Por lo que aproximadamente un quinto de la población enfrenta obstáculos para tener acceso a una alimentación nutritiva y de calidad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2020; Consejo Nacional para la Evaluación de la Pobreza, CONEVAL, 2021).

Además, el incremento de precios de los alimentos básicos disminuyó la posibilidad de garantizar el acceso físico y económico a la adquisición de alimentos sanos y nutritivos en la población más pobre, abriendo la brecha de la pobreza en los países de ingresos bajos (Hung, 2021). En México, el aumento de precios al inicio del confinamiento se explicó por razones coyunturales como la pandemia que incidió sobre las decisiones de producción, en la logística por problemas en las cadenas de suministro, comercialización, así como en la mano de obra. Mientras por el lado de la demanda se esperaba que a medida que las economías tomaran medidas de confinamiento, la población realizaría compras apresuradas presionando sobre la demanda, lo cual influyó en el aumento de la inflación (British Broadcasting Corporation, BBC, 2021).

En México, durante la última semana de febrero del 2020, la demanda de comida congelada y enlatada, productos de higiene y limpieza, incrementó en 30 % (Cámara de Senadores, 2020); además, la complejidad en las cadenas de suministro para movilizar rápidamente las mercaderías del campo a la ciudad también influyó en los precios (Cable News Network, CNN, 2020). Esta presión sobre la demanda generó que el nivel de precios incrementara en México en 3,52 % para el cuarto trimestre de 2020 (Banco de México, 2020).

Las consecuencias del incremento de precios en los alimentos son especialmente severas para las personas en situación de vulnerabilidad como los infantes, las mujeres embarazadas y los adultos mayores; en especial, los dos primeros grupos de la población son sumamente perjudicados cuando no se les garantiza una ingesta nutricional adecuada para un sano desarrollo físico y mental; además, de los efectos en el mediano y largo plazo que tiene sobre el potencial de crecimiento de la economía.

Aunado a lo anterior, el cambio en el estilo de vida de la población ha influido en los hábitos de consumo de los alimentos; el gasto destinado a la compra de alimentos fuera del hogar pasó del 10 al 30 % de 2002 a 2004, y descendió al 14 % para 2020, lo cual sugiere que la población modifica su dieta en función del nivel de ingresos, gustos y preferencias, entre otros. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2021). La modificación en los hábitos alimenticios no se reflejó en el consumo de una dieta más balanceada en la población; existe un consumo deficiente de agua, frutas, verduras y leguminosas, además del aumento en el consumo de productos altos en calorías y conservadores como los embutidos, dulces, hamburguesas y pizzas, desplazó el consumo de alimentos nutritivos de la dieta de la población (Macedo-Ojeda *et al.*, 2008).

En este sentido, el frijol en grano es uno de los alimentos básicos que integran la canasta alimentaria y de consumo frecuente en la dieta de la población mexicana con menor nivel de ingresos por su aporte nutricional. Burbano Cuenca (2019) menciona que es una legumbre vital en la alimentación de los niños al promover el desarrollo

del cerebro por su alto contenido en hierro, proteína, calcio y fibra. Aun con amplias ventajas nutricionales, el frijol en grano es uno de varios alimentos que han perdido importancia en las mesas de los hogares urbanos, consecuencia primaria del incremento en el nivel de ingresos, pero también en los cambios de patrones alimenticios.

En las últimas décadas, el consumo per cápita ha disminuido, pasó de 16 a 8 kg en promedio de 1980 a 2016, lo que refleja una caída del 50 % (FIRA, 2016). La ingesta de la leguminosa varía entre los distintos deciles de la población desde los 4 a los 13 kg en promedio al año, dependiendo el nivel de ingresos. Entre las causas que explican el menor consumo se encuentra: la migración a regiones periurbanas o al extranjero, la mayor participación de la mujer en la actividad económica, el menor tiempo para la preparación de alimentos y la modificación en el ingreso ante la caída en el poder adquisitivo de la población (FIRA, 2019).

Aunado a lo anterior, un elemento que es fundamental considerar en los determinantes tanto de oferta como de demanda de frijol es la dinámica de precios que dicho bien presenta y el impacto que sus variaciones tienen tanto sobre las expectativas de producción como de consumo. En este sentido, la variación en los precios de frijol fue de alrededor del 26 % de enero a julio del 2020; sin embargo, el incremento fue diferente entre variedades y mercados. Una variación de ese orden cobra relevancia al considerar dos aspectos ya mencionados: la disminución en el ingreso de las familias y la dificultad para acceder a un alimento al que tradicionalmente se regresa en periodos de crisis, por ser un bien inferior y de bajo costo.

Además, identificar si los precios presentan volatilidad permitirá reconocer fallas en la transmisión de información, distorsión en el mercado, problemáticas en la cadena de distribución – comercialización, así como generar evidencia que permita estimar el impacto que tendrá sobre las decisiones tanto de producción como de consumo; de igual manera, se tendrán elementos para mejorar las políticas de comercialización que permitan garantizar el acceso a los alimentos de las personas en situación más vulnerable.

El objetivo de la presente investigación es analizar el comportamiento de los precios de las tres principales variedades de frijol en México en ocho mercados de consumo, mediante los cuatro principales modelos de alta varianza para evaluar si los precios presentan efectos de agrupamiento de volatilidad, así como su persistencia, y si tienen implicaciones en la seguridad alimentaria de la población con menores ingresos.

El frijol al ser un producto de consumo local, sin grandes volúmenes de comercio, su precio tiende a no estar influido o determinado por el mercado internacional¹; se espera que se presenten agrupamientos de volatilidad en los precios cuya persistencia sea diferente entre mercados. Se supone la existencia de mercados más eficientes en

¹ Gómez Oliver & Granados Sánchez (2016) mencionan que la mayoría de los productos por su condición de perecederos y altos costos de transporte obedecen a una dinámica de consumo regional o local, lo que reduce la posibilidad de ser transados en el mercado internacional; aunado a la baja densidad económica y al reducido volumen de comercio. Caso contrario a la dinámica en los precios de los cereales y aceites, los cuales cotizan en los mercados agrícolas internacionales debido a sus altos volúmenes de producción y de comercialización.

donde la volatilidad sea menor y, por ende, la población tenga menor incertidumbre respecto a sus decisiones de consumo del bien en cuestión.

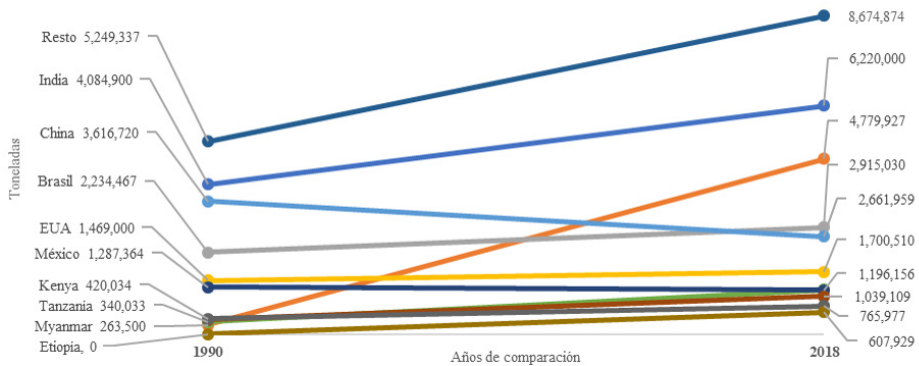
Para alcanzar el objetivo planteado, en la segunda sección se realiza un análisis estadístico a nivel mundial y nacional para la producción y consumo de frijol; en la tercera sección se plantea la metodología econométrica a utilizar la cual se basa en modelos de la familia ARCH con la finalidad de medir la volatilidad en el precio de frijol de los mercados analizados; en el cuarto apartado se presentan los resultados por variedad de frijol; finalmente en la quinta sección se exponen las conclusiones.

2. Análisis estadístico

El frijol tradicionalmente se cultivaba en América y algunos países de Europa, sin embargo, en años recientes su producción tomó impulso en países africanos y asiáticos resultado del incremento en la oferta como repuesta a los cambios observados en su consumo. De 1990 a 2018, la producción mundial creció a una tasa media anual del 1,78 %; en la década 2000-2010, se presentó el mayor crecimiento en la producción el cual fue del 2,91 % (Gráfico 1). De los principales países productores destaca el aumento de la India, Myanmar y Etiopía con incrementos anuales del 1,5 %, 10,9 % y 12,5 %, respectivamente. Por otro lado, se observó una caída en el volumen de producción de China y México de 1,09 % y 0,26 % media anual.

GRÁFICO 1

Producción de los principales países productores de frijol, 1990 y 2018

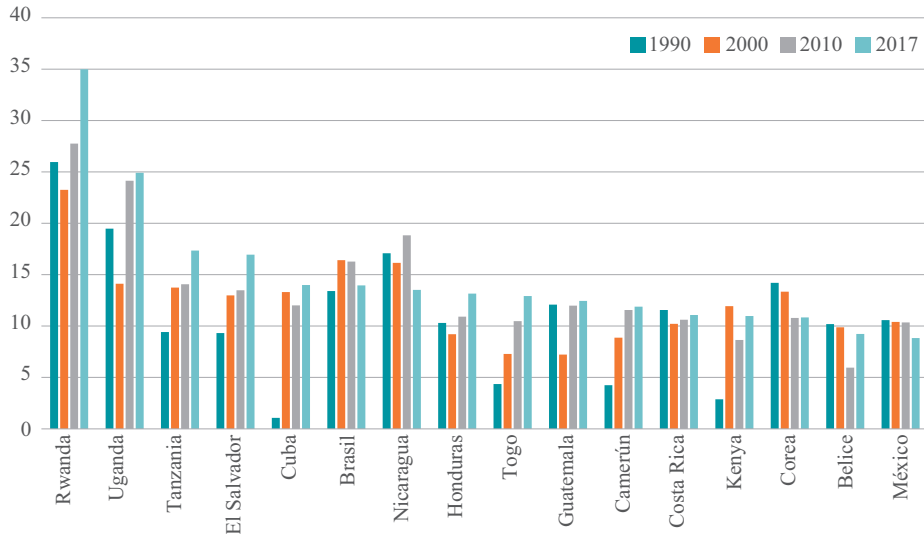


Fuente: Elaboración con datos de FAOSTAT (2020).

El mayor consumo por habitante se ubicó en países con altos niveles de pobreza de África y América; en los primeros, el consumo aumentó, mientras que en los segundos se mantuvo y en algunos casos disminuyó como en Brasil, Nicaragua, Belice y México (Gráfico 2).

GRÁFICO 2

**Evolución en la ingesta de frijol de los principales países consumidores.
En kg/per cápita/año**



Fuente: Elaboración con datos de FAOSTAT (2020).

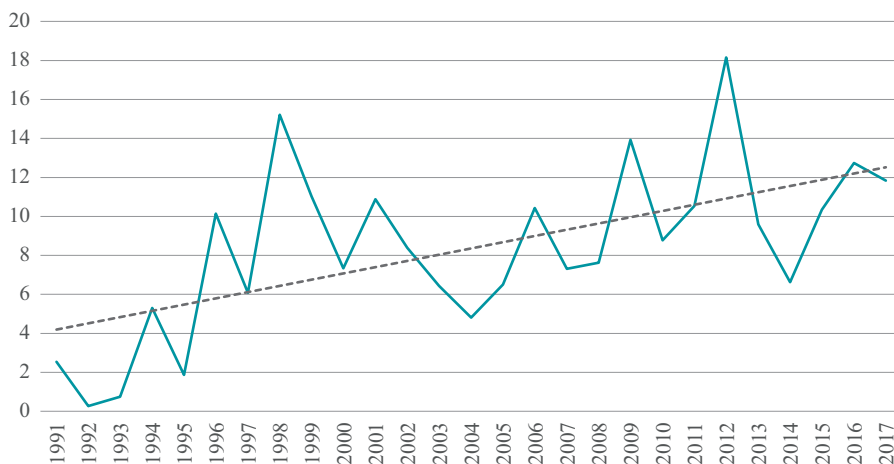
Sin embargo, los principales países consumidores de frijol no son necesariamente los grandes productores, lo cual implica que en algunos de ellos las importaciones tienen un papel relevante dentro de su oferta total como sucede en los países centroamericanos. Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2020); muestran que, entre 2015 y 2017, Costa Rica abasteció gran parte de su demanda interna con importaciones que representaron entre el 70 y el 80 % de la oferta total; Cuba importó cerca del 20 % de su oferta interna; El Salvador completó su oferta con un volumen de importaciones que osciló entre el 18 y 25 % del total; mientras que México y Honduras importaron entre el 9 y el 13 % de lo que se ofertó en el país. En México la mayor participación de las importaciones en la oferta interna fue resultado de una caída en la producción, ya que el consumo por habitante ha decrecido gradualmente (Gráfico 3).

Respecto a la producción, con base en la metodología de factores explicativos del crecimiento de la producción planteada por Gómez Oliver (1994), se observó una tendencia negativa con una tasa de crecimiento media anual de 0,38 %; este resultado se explica esencialmente por dos factores: cambios en la superficie cosechada y en rendimientos. La primera disminuyó a un ritmo de 1,01 % en promedio, mientras que los rendimientos mantuvieron un crecimiento del 0,6 % anual. Al descomponer la serie en subperiodos se observa que de 2000 a 2009 la superficie tuvo una caída

brusca del 3,0 % en promedio al año, atenuándose la disminución en la producción solamente por el aumento en los rendimientos que fueron del 2,6 %.

GRÁFICO 3

México: Evolución de la participación de las importaciones. En porcentaje



Fuente: Elaboración con datos de FAOSTAT (2020).

CUADRO 1

México: Factores explicativos del crecimiento de la producción de frijol (TMCA en porcentajes)

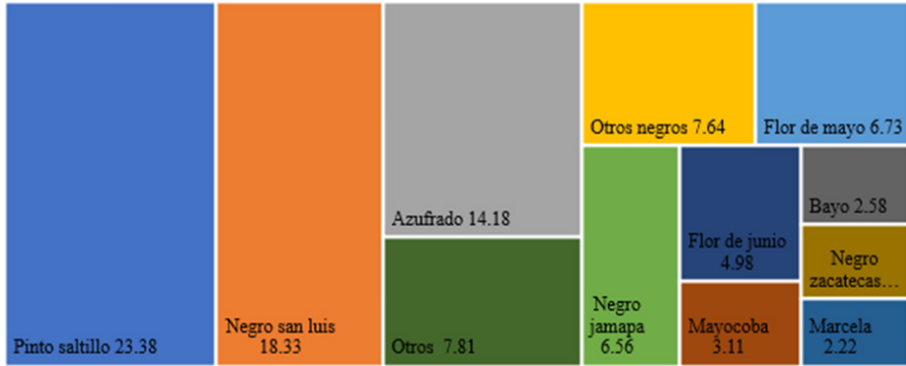
	1990-1999	2000-2009	2010-2018
Producción	-0,51	-0,49	3,50
Superficie	0,03	-3,00	2,71
Rendimiento	-0,54	2,59	0,77

Fuente: Elaboración con base en datos del SIACON-SADER (2020).

En México, la producción de frijol es una actividad generalizada en todas las entidades federativas, pero son pocas las que tienen volúmenes de producción considerables, destacando los estados de Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chihuahua y Nayarit, los cuales aportaron el 73 % de la producción de frijol en el país. Asimismo, el grueso de la oferta de frijol descansó en tres variedades: pinto Saltillo, negro San Luis y Azufrado; en conjunto significaron el 56 % de la producción total, entre las 24 variedades de frijol que se producen en el país (Gráfico 4).

GRÁFICO 4

México: Participación porcentual de las principales variedades de frijol en la oferta total, 2019



Fuente: Elaboración con datos del SIACON-SADER (2020).

Es así, que en el país existe una concentración geográfica en la producción, mas no en el consumo. En 2018, el 88,6 % de la producción de la variedad Azufrado se produjo en Sinaloa; el 83,4 % de la variedad Negro San Luis lo aportó Zacatecas; mientras que para el tipo Pinto Saltillo el 85,3 % de la producción se concentró en Zacatecas, Coahuila y Chihuahua, aportando el 34,8, 26,5 y 23,9 % individualmente respecto al total. Al existir concentración en la producción, ésta se distribuye al resto del país para abastecer a la demanda (Gráfico 4).

Asimismo, los flujos de comercio de los centros de producción a los lugares de consumo en las tres principales variedades muestran que la producción y consumo es regional, como sucede con la variedad de frijol azufrado, el cual se concentra en la región occidente de México. En tanto que la producción y consumo de frijol pinto es más dinámica en el centro y centro norte del país, mientras que en la variedad frijol negro se observan flujos más intensos entre la producción y el consumo del centro hacia el norte y sur del país. Asimismo, en las dos últimas variedades las importaciones tienen como destino distintas regiones de México (Mapa 1).

De acuerdo con estadísticas del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, 2020) de 2003 a 2020, México presentó una balanza comercial deficitaria en frijol negro y blanco; en el primero, el déficit mayor se visualizó en los años 2009 y 2012 con un saldo cercano a los 100 millones de dólares, siendo que usualmente oscila entre los 40 y 60 millones. En cuanto al frijol blanco, el saldo de la balanza comercial fluctuó entre dos y cuatro millones de dólares. El déficit se explica por el incremento en el volumen más que por un aumento en los precios, en el caso de frijol negro, de 2008 a 2009 las importaciones pasaron de 50 mil a 100 mil toneladas; a partir de ese año no han disminuido de las 60 mil toneladas compradas al exterior, provenientes en su mayoría de los Estados Unidos y de Canadá.

MAPA 1

Flujos de comercio de frijol Azufrado (a), Pinto (b) y Negro (c) en México, 2019



Fuente: Elaboración con datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

3. Metodología

El presente artículo se realizó mediante un análisis cuantitativo en el cual se emplearon modelos econométricos univariantes de alta varianza: simétricos y asimétricos. Los primeros incluyen los modelos ARCH (Autorregresivo Condicionalmente Heterocedástico) y GARCH (ARCH Generalizado); los asimétricos contienen a los modelos EGARCH (GARCH Exponencial) y al TARCH (GARCH por umbrales). La elección de las variedades de frijol fue en función del volumen de producción y de consumo en México, por tanto, en el estudio se abordó el comportamiento de los precios en las variedades: “Pinto”, “Azufrado” y “Negro”.

El periodo de análisis fue del 2000 al 2020; sin embargo, no en todas las series la información fue completa debido a su disponibilidad, por lo que en tres mercados el periodo que se trabajó fue menor. Ésta se colectó en repositorios institucionales, tales como: el INEGI, el SNIIM (Sistema de Información e Integración de Mercados) y el SIAVI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet) de la Secretaría de Economía.

La frecuencia de las variables fue mensual, se consideró el precio de venta al mayoreo² en la central de abastos de ocho mercados locales que fueron seleccionados mediante muestreo por conveniencia. Como se mencionó en el párrafo anterior la clasificación de los mercados se realizó en función de la información estadística disponible, por lo que se eligieron los mercados con la serie más completa para el periodo establecido. Los mercados electos fueron para la variedad frijol azufrado:

² Se tomaron en cuenta los precios de venta al mayoreo (precios nominales) debido a que, para cumplir con el objetivo, se requiere trabajar con series de tiempo cuyo comportamiento es determinado por factores estocásticos y no determinísticos. La variación de los precios implica movimientos ascendentes y descendentes que generan precios inestables, excepto si hay una escalada de precios. Al analizar el comportamiento de la serie no es necesario para los modelos de alta varianza que se trabaje con la serie a precios constantes, ya que el objetivo no es comparar el poder de compra de un precio en función de otro. Entre los trabajos que abordaron el análisis de volatilidad con precios nominales se encuentran los desarrollados por (González Sánchez & Tinoco Zermeño, 2021; Granados Sánchez *et al.*, 2020; Kau *et al.*, 2018).

Nayarit (01/2000 – 05/2020) y Durango (05/2004 – 05/2020); para la variedad frijol negro: Chiapas, Toluca y Yucatán (01/2000 – 05/2020); mientras que para frijol pinto fueron: Puebla (01/2000 – 05/2020), Zacatecas (08/2005 – 05/2020) y Toluca (06/2002 – 05/2020) para la variedad de frijol pinto.

3.1. Modelos de alta varianza

La aplicación de los modelos que integran a la familia ARCH se ha documentado ampliamente en el estudio de series financieras; en años recientes su aplicación se dinamizó en series de precios de productos agrícolas vinculados con la dinámica de los mercados financieros internacionales, como los *commodities* agrícolas y de metales (Baldi *et al.*, 2016). La investigación en cultivos de producción y consumo local es relativamente limitada, principalmente porque no hay un precio de referencia internacional que implique variaciones importantes sobre el precio del producto nacional o local. El frijol es un cultivo que no está vinculado al mercado internacional, sin embargo, los fenómenos climáticos o los movimientos en los precios de insumos son choques aleatorios que repercuten sobre la variación en los productos regionales, tal como ocurre en la leguminosa.

La base de los modelos de alta varianza es el ARCH planteado por Engle (1982) en el cual se analiza cómo los choques estocásticos influyen sobre el comportamiento de la varianza de las series. Por tanto, su varianza se encuentra condicionada a la información pasada que no es constante y depende del cuadrado de las perturbaciones pasadas (Ecuación 1). La volatilidad observada en la varianza puede ser efecto de un choque generado en la serie o sobre ella, como resultado de un impacto generado en algún otro mercado y transmitido a la variable de estudio. Asimismo, este modelo permite analizar el proceso de agrupamiento de la varianza.

$$\sigma_t^2 = \alpha + \alpha_1 \pi_{t-1}^2 + \dots + \alpha_n \pi_{t-n}^2 \quad [1]$$

De acuerdo con la literatura el modelo debe cumplir con la condición de estabilidad en donde: $\alpha_1 < 1$; si es mayor a 1, se trata de una serie explosiva, difícil de ser modelada (Galán Figueroa & Villalba Padilla, 2018). Asimismo, los parámetros del modelo ARCH deben tener una varianza positiva y finita, en donde $\alpha_1 \geq 0$ y $\alpha_j \geq 1$; las noticias recientes tienen mayor impacto que las rezagadas, por lo que $\alpha_1 > \alpha_j$. El componente: μ_{t-k}^2 representa el error al cuadrado.

Respecto al modelo GARCH, este se considera un modelo ARCH generalizado; Bollerslev (1986) plantea que la varianza condicional depende del cuadrado de los errores pasados, pero también de sus rezagos. De igual manera, es más flexible en la estructura de retardos en contraste con el ARCH que supone una estructura de rezago fija. En el modelo GARCH (p, q) se establece que:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &| \Psi_{t-1} N(0, h_t) \\ h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \\ h_t &= \alpha_0 + A(L)\varepsilon_t^2 + B(L)h_t \end{aligned} \tag{2}$$

En donde $B(L)h_t$ estima la varianza del periodo anterior; la cual debe ser positiva y finita, por lo que: $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ y $\beta_i \geq 0$. Al igual que en el modelo ARCH debe cumplirse la condición de estabilidad, es decir, $A+B < 1$, de no cumplirse esta condición existe una varianza no estacionaria, o bien, una raíz unitaria.

Los modelos simétricos se caracterizan porque las buenas y las malas noticias impactan de la misma manera a la serie, y consideran la fuente de la volatilidad con el mismo peso; mientras que, en los modelos asimétricos, el impacto de los choques tiene un efecto diferente en la volatilidad; asimismo, importa el signo del coeficiente de estimación. En este sentido, aun cuando los modelos simétricos son más eficientes para modelar la volatilidad no consideran que el comportamiento de los rezagos o de las innovaciones pueden impactar sobre la volatilidad de manera asimétrica (Marschner & Ceretta, 2020). Mientras que los modelos asimétricos al incorporar la asimetría que pueden generar las innovaciones sobre la volatilidad producen menor error de pronóstico y por lo tanto tienden a ser más eficientes (Galán Figueroa & Martínez Ceceña, 2021; Marschner & Ceretta, 2020).

Dentro de los modelos asimétricos se consideraron los modelos EGARCH y los TARARCH. El primero, propuesto por Nelson (1991) incorpora los efectos que tiene el error en el periodo anterior sobre la varianza condicional, sin importar el signo que presenta, por lo que los parámetros no están condicionados a valores positivos.

$$Ln(\sigma_t^2) = \delta_t + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_k g(\alpha_{t-k}), \beta_1 \equiv 1 \tag{3}$$

En donde δ_t va de $-\infty$ a ∞ , y $\{\beta_k\}_{k=1}^{(\infty)}$ tienen un comportamiento no aleatorio de números reales. En tanto que la expresión $g(\alpha_{t-k})$ integra los parámetros relacionados con la magnitud (efecto ARCH) y la dirección del impacto en la volatilidad (asimetría) que incorporará mayor o menor volatilidad en función del signo. A diferencia de los modelos simétricos, en estos no hay restricciones. Si $\alpha_t < 0$, la perturbación en $Ln(\sigma_t^2)$ será negativa y tendrá mayor impacto sobre la varianza presente en comparación con los impactos positivos de igual magnitud; en tanto que, si $\alpha_t > 0$, la perturbación en $Ln(\sigma_t^2)$ será positiva. De acuerdo con Marschner & Ceretta (2020) las perturbaciones pueden tratarse como una medida colectiva de noticias sobre los precios de los activos que llegan al mercado en el período t-1, suponiendo que la información ha sido constante en el tiempo.

El modelo TARARCH o ARCH por umbrales fue planteado por Zakoian (1994) quien propone segmentar en intervalos la distribución de la varianza para posteriormente modelar mediante una función lineal la varianza condicional. El modelo se define de la siguiente forma:

$$\alpha_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \gamma e_{t-1}^2 \Gamma_{t-1} \quad [4]$$

En donde: $\Gamma_{t-1} = 1$ si $e_{t-1} < 0$ y $\Gamma_{t-1} = 0$ si $e_{t-1} \geq 0$; asimismo, si hay un efecto apalancamiento, entonces $\gamma > 0$; si $\gamma \neq 0$, hay presencia de asimetría. En este modelo, para que se cumpla la condición de no negatividad, entonces: $\alpha_0 \geq \alpha_1 \geq 0$, $\beta \geq 0$, $\alpha_1 + \gamma \geq 0$ (Galán Figueroa *et al.*, 2018). Cabe mencionar que tanto en el modelo EGARCH como en el TARARCH la volatilidad depende del signo correspondiente y del impacto de las innovaciones pasadas.

4. Resultados

4.1. Análisis empírico

Las series económicas, financieras o aquellas que se encuentran vinculadas a los mercados internacionales por naturaleza presentan un comportamiento estocástico, por lo que no se puede predecir con exactitud su comportamiento futuro. Debido a ello es necesario analizar la serie en su naturaleza y así estimar su comportamiento a partir de su media y varianza. Con la finalidad de probar estacionariedad en la serie y la no existencia de raíz unitaria se aplicó la prueba de raíz unitaria Dickey Fuller Aumentada (ADF), ya que una condición fundamental para el análisis de series de tiempo económicas es que deben ser estacionarias en media y varianza.

Se verificó que las series de precios de las distintas variedades de frijol, en nivel, tuvieran un comportamiento estacionario, para lo cual se aplicó la prueba de raíz unitaria ADF; se encontró que todas las series de precios presentaron un comportamiento no estacionario (Cuadro 2). Se transformaron las variables a primeras diferencias con la finalidad de hacerlas estacionarias y proceder a su modelación, la prueba ADF corroboró que las variables son series de precios estacionarias con un orden de integración I (1). La prueba se realizó para la variable en nivel y en primeras diferencias considerando tres escenarios: [1] cuando la serie es evaluada sin considerar la constante ni la tendencia, [2] partiendo del supuesto de que la serie presenta constante y, [3] atribuyendo que la serie tiene tendencia.

Se utilizó la metodología de series de tiempo Box-Jenkins en las series de precios de las tres variedades de frijol, se comprobó la existencia de elementos para trabajar la varianza mediante modelos de la familia ARCH [curtosis leptocúrtica (Galán Figueroa & Martínez Ceceña, 2021)] y estimar si presentaban o no persistencia a la volatilidad y la magnitud de esta. Por otro lado, a nivel gráfico se observó que en los mercados seleccionados para las variedades de frijol negro y pinto hay un agrupa-

miento de volatilidad mayor, así como una variabilidad más intensa que en la variedad de frijol azufrado para las series en primeras diferencias (Gráfico 5).

CUADRO 2

Prueba de Raíz Unitaria Dickey Fuller Aumentada (ADF) aplicada al precio de seis mercados de frijol en México

Variedades:		Azufrado			Negro			Pinto		
		Nay Nay	Sin Dur	Chs Chs	Qro Tol	Zac Yuc	Zac Pue	Zac Zac	Chih Tol	
2000-2020	Prueba	Modelo	n = 245	n = 192	n = 245	n = 245	n = 245	n = 245	n = 178	n = 215
	Nivel	1	-0,758	0,442	0,304	1,72	1,506	-0,765	0,753	1,477
		2	-2,366	-2,225	-2,978	-1,87	-1,788	-2,154	-1,670	-1,569
		3	-2,307	-1,204	-1,401	0,479	0,018	0,742	-0,688	0,492
	D'S	1	-13,008	-12,104	-13,827	-14,72	-10,606	-11,219	-11,582	-11,488
		2	-12,974	-12,086	-13,811	-14,937	-10,702	-11,219	-11,643	-11,603
		3	-12,985	-12,113	-13,840	-14,859	-10,684	-11,249	-11,620	-11,579

Nota: Los resultados en negritas indican que se rechaza la Ho: las series de precios tienen raíz unitaria, a un nivel de confianza del 95 %.

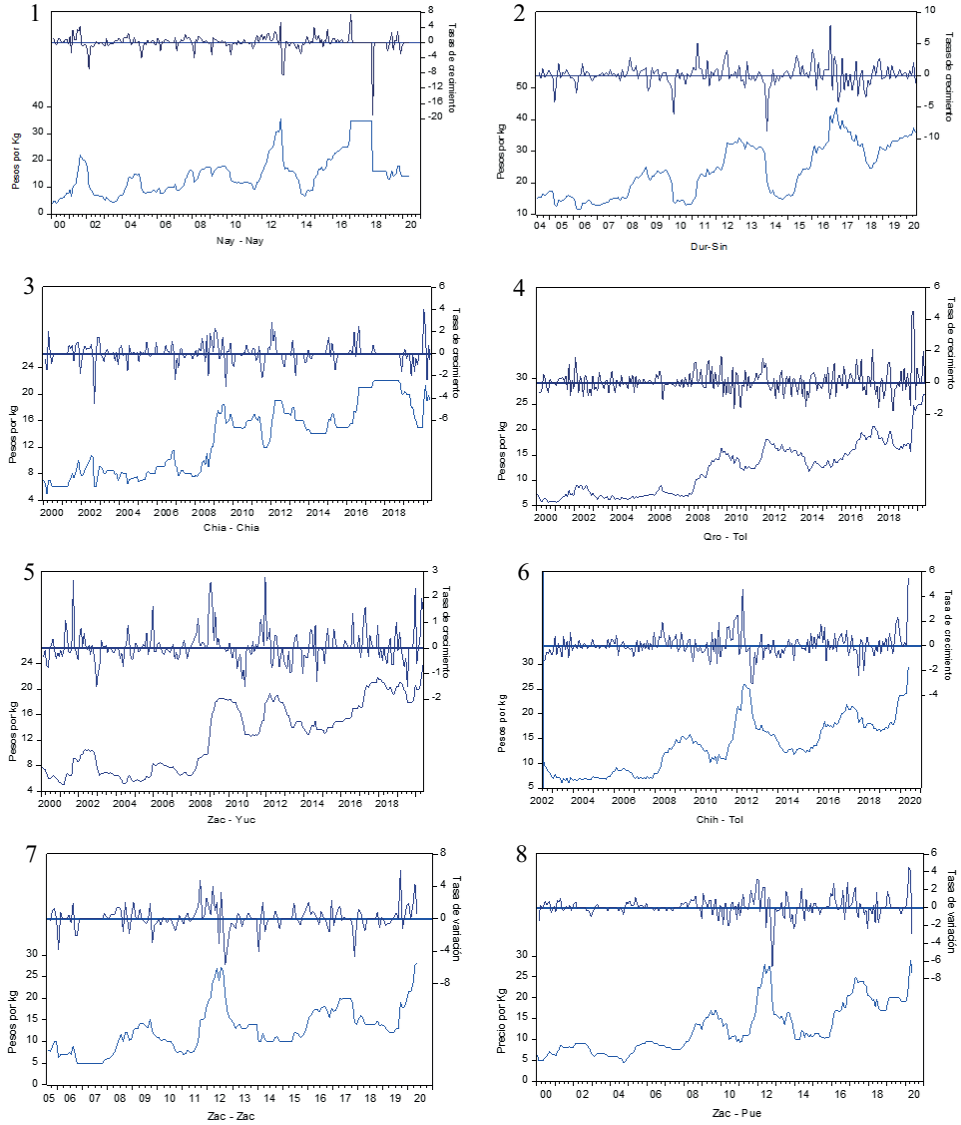
Fuente: Elaboración con base en datos del SNIIM-Secretaría de Economía (2020).

Definidos los modelos ARIMA, resultantes de la metodología Box Jenkins, se generaron los residuales para ser evaluados y probar la presencia de elementos ARCH en cada uno de los mercados. Los residuales se evaluaron mediante estadística descriptiva en donde se comprobó que cumplían con la condición de que $K > 3$, es decir, la curtosis tuvo una forma leptocúrtica reflejando presencia de heterocedasticidad y oscilaciones de precios ya sean frecuentes o de mayor magnitud (González Sánchez & Tinoco Zermeño, 2021).

En cuanto al sesgo, se observó que los residuales para los diferentes precios de frijol mostraron un sesgo negativo para el frijol azufrado y pinto, mientras que en la variedad de frijol negro fue positivo para dos mercados (Cuadro 3); en contraste con el precio de otros cultivos como los cereales que de acuerdo con Granados Sánchez *et al.* (2020) presentan un sesgo positivo. Al mismo tiempo se realizó la prueba conjunta de sesgo-curtosis para probar la normalidad de los residuales, se planteó como Ho: la existencia de normalidad y como Ha: que los residuales no se distribuyen de manera normal; con base en los resultados obtenidos se concluyó que los residuales no se distribuyen como una normal, con lo cual se corrobora estadísticamente que hay efectos ARCH en los residuales.

GRÁFICO 5

Evolución del precio de frijol en mercados mexicanos, 2000-2020



Nota: Frijol azufrado (Gráficos 1 y 2), variedad frijol negro (Gráficos 3, 4 y 5), frijol pinto (Gráficos 6, 7 y 8).

Fuente: Elaboración con base en datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

CUADRO 3

Estadística descriptiva aplicada a los residuales de las series de precios de mercados seleccionados para tres variedades de frijol

Variedades:	Azufrado		Negro			Pinto		
	Nay Nay	Sin Dur	Chs Chs	Qro Tol	Zac Yuc	Zac Pue	Zac Zac	Chih Tol
Media	0,034	0,077	0,045	0,089	0,038	0,061	0,090	0,067
Desviación estándar	1,975	1,671	0,879	0,745	0,582	0,993	1,360	0,879
Varianza	3,901	2,791	0,773	0,554	0,339	0,986	1,849	0,772
Sesgo	-4,125	-0,460	-0,229	1,527	1,071	-0,535	-0,212	1,077
Curtosis	40,414	9,170	7,957	10,264	7,198	8,273	7,880	10,176
Prueba conjunta p > chi ²	0***	0***	0***	0***	0***	0***	0***	0***

Nota: Nivel de significancia $p < 0.01^{***}$.

Fuente: Elaboración con datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

4.2. Modelo econométrico

Las evidencias anteriores permitieron trabajar las series de precios mediante los modelos de alta varianza, se dividieron en dos grupos: simétricos y asimétricos. Los Cuadros 4 al 6 presentan los resultados para la estimación de la varianza condicional para los precios de frijol para los ocho mercados estudiados. Los resultados mostraron que la dinámica en los tres mercados seleccionados es diferente. Para la variedad de frijol pinto el impacto de las innovaciones en el modelo ARCH fue mayor en el mercado Zacatecas – Puebla, en donde la persistencia de volatilidad fue de 0,93762; asimismo, se observó que la persistencia es mayor en el primer rezago cayendo considerablemente en el penúltimo mes (Cuadro 4).

Respecto al mercado Chihuahua – Toluca, se observó la menor persistencia en la volatilidad, la cual fue de 0,1194; lo anterior indica que de los tres mercados este último es el más eficiente, aun cuando la distancia geográfica es de 1400 km aproximadamente, comparado con los 700 km que hay de Zacatecas a Puebla. Los resultados sugieren que hay una transmisión en la información más eficiente debido a que por la baja persistencia, los precios tardan menos tiempo en regresar a su nivel y tanto oferentes como demandantes podrán ajustar con mayor rapidez sus expectativas de producción y consumo.

En cuanto al modelo GARCH las series no pudieron ser modeladas ya que resultaron explosivas para los mercados Zacatecas – Puebla y Chihuahua – Toluca, al no cumplir con la condición de estabilidad en donde $\alpha < 1$. Referente al modelo EGARCH, el mercado que presentó una mayor persistencia en la volatilidad fue el de Zacatecas – Puebla, en el cual las buenas noticias tuvieron un impacto mayor sobre la varianza que las malas, generando una persistencia en la volatilidad de 0,5447, en tanto que la permanencia en la volatilidad ante las noticias negativas fue del -0,2772 (Cuadro 4).

Con relación al mercado Chihuahua – Toluca la persistencia de la volatilidad fue de 0,4101 impulsada por las buenas noticias; mientras que las malas noticias presentaron una volatilidad del -0,038. Finalmente, el mercado Chihuahua – Toluca fue el único que respondió al modelo TARCH, arrojando una persistencia en la volatilidad de 0,4885 motivada por las buenas noticias (Cuadro 4).

CUADRO 4

Modelos de alta varianza para el precio de tres mercados seleccionados de frijol pinto en México

	ARCH	GARCH	EGARCH	TARCH
Mercado	0,77493***	arch 0,27761***	earch 0,13475***	NE
Zacatecas – Puebla 2000-2020	0,16269***	garch 0,79261***	earch_a 0,41200*** egarch 0,96238***	
Impacto de las Innovaciones	$a_{1,2} = 0,93762$	$a_1 + b_1 = 1,07022$	$a_1 + b_1 = 0,54475$ $a_1 - b_1 = -0,27725$	
Mercado	0,18145*	arch 0,15996 NS	NE	NE
Zacatecas-zacatecas 2005-2020	0,14420**	garch 0,47593**		
Impacto de las Innovaciones	$a_{1,2} = 0,32565$			
Mercado	0,11947*	arch 0,24719***	earch 0,18609***	earch 0,33351***
Chihuahua – Toluca 2000-2020		garch 0,80980***	earch_a 0,22403*** egarch 0,97439***	earch_a 0,18015** tarch 0,15498** garch 1,11455***
Impacto de las Innovaciones	$a_{1,2} = 0,11947$	$a_1 + b_1 = 1,05699$	$a_1 + b_1 = 0,41012$ $a_1 - b_1 = -0,03794$	$a_1 + b_1 = 0,48849$ $a_1 - b_1 = 0,17853$

Nota: Nivel de significancia $p < 0.01$ ***, $p < 0.05$ ** , $p < 0.10$ *.

Fuente: Elaboración con datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

Para la variedad de frijol negro de Chiapas se observó que el precio del frijol mostró una persistencia en la volatilidad en el modelo ARCH de 0,6511, producto de dos rezagos: lo anterior indica que a pesar de que es un cultivo cosechado y comercializado en el estado tiene una considerable persistencia a la volatilidad por lo que el precio tarda en ajustarse a su nivel; se infiere que es un mercado imperfecto, además resulta relevante porque Chiapas es un estado con un gran porcentaje de población en pobreza y ante incertidumbre en los precios las decisiones de consumo y producción son postergadas. En cuanto al modelo GARCH, este mercado cumplió con la condición de estabilidad y evidenció que los precios tuvieron una persistencia de la volatilidad del 0,8399 (Cuadro 5).

En cuanto a los modelos asimétricos se encontró que la serie de precios para el mercado Chiapas fue posible trabajarla con el modelo EGARCH y TARARCH; en el primero, las buenas noticias tuvieron un impacto del 0,4564 sobre la varianza; mientras que, en el segundo el impacto de las malas noticias sobre la varianza fue más importante con una persistencia en la volatilidad de 0,7532. Cabe resaltar que en este mercado aun cuando la producción y comercialización de frijol negro es local, presentó una mayor persistencia de volatilidad que el mercado de Zacatecas para frijol pinto que también es local (Cuadro 5).

Respecto al mercado Querétaro – Toluca, los resultados mostraron que el modelo ARCH es el que mejor modeló la varianza, se encontró que hay una persistencia en la volatilidad de 0,3404 considerando únicamente un rezago. El resto de los modelos resultaron no significativos para la serie. Finalmente, para el mercado Zacatecas – Yucatán el resultado del modelo ARCH mostró la menor persistencia a la volatilidad que fue de 0,1613, a pesar de existir una distancia geográfica de aproximadamente 2000 km; asimismo, responde al impacto de las buenas noticias con una volatilidad del 0,3681 en el modelo EGARCH (Cuadro 5).

Los resultados son relevantes porque, al igual que en el frijol pinto, los mercados más distantes mostraron una persistencia a la volatilidad menor que en los mercados locales. Por un lado, indican una posible eficiencia en la información, una cadena de comercialización más corta, o bien, que los mercados locales son afectados por posibles fenómenos climáticos que provocan mayor incertidumbre en el abasto de la oferta. En este sentido, la producción de frijol negro en Chiapas tuvo una caída desde el año 2006 acentuándose de 2012 a 2014 principalmente por una disminución en los rendimientos; de igual manera puede inferirse que las cadenas de comercialización son más ineficientes y hay más actores participando en la misma.

Respecto al comportamiento de los precios para frijol azufrado en el mercado Sinaloa – Durango se encontró que en el modelo ARCH los precios no cumplieron con la condición de estabilidad, mientras que en los modelos GARCH y EGARCH los estimadores resultaron no significativos. En cuanto al mercado de Nayarit, se observó que en el modelo ARCH los precios presentaron una persistencia a la volatilidad del 0,2496; de las tres variedades de frijol, este mercado evidenció la menor persistencia de volatilidad en un mercado local. Por otro lado, en el modelo EGARCH se probó que en el mercado de Nayarit las buenas noticias tienen un impacto sobre la varianza de 0,27122 (Cuadro 6).

CUADRO 5

Modelos de alta varianza para el precio de tres mercados seleccionados de frijol negro en México

	ARCH	GARCH	EGARCH	TARCH
Mercado Chiapas – Chiapas 2000-2020	0,11658** 0,53458***	arch 0,15423** garch 0,68572***	earch 0,10584* earch_a 0,35057*** egarch 0,79265***	earch 0,43104*** earch_a 0,50668*** tarch -0,32221*** garch 1,00373***
Impacto de las Innovaciones	$a_{1,2} = 0,65116$	$a_1 + b_1 = 0,83995$	$a_1 + b_1 = 0,45641$ $a_1 - b_1 = -0,24473$	$a_1 + b_1 = 0,10883$ $a_1 - b_1 = 0,75325$
Mercado Querétaro – Toluca 2000-2020	0,34044*** 0,14420**	arch 0,34074*** garch -0,00618 NS	earch 0,08643 NS earch_a 0,49482*** egarch 0,92077***	earch -0,16059 NS earch_a 0,42336** tarch -0,16317 NS garch -0,10925 NS
Impacto de las Innovaciones	$a_1 = 0,34044$	-	-	-
Mercado Zacatecas – Yucatán 2000-2020	0,16130**	arch 0,15395** garch 0,22032 NS	earch 0,13338** earch_a 0,23479*** egarch 0,63451***	earch 0,18847*** earch_a 0,25061*** tarch 0,08720 NS garch -2,29368***
Impacto de las Innovaciones	$a_1 = 0,16130$	-	$a_1 + b_1 = 0,36817$ $a_1 - b_1 = -0,10141$	-

Nota: Nivel de significancia $p < 0.01$ ***, $p < 0.05$ ** , $p < 0.10$ *.

Fuente: Elaboración con datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

Analizar la volatilidad de los productos agropecuarios permite comprender la dinámica de los mercados en cuestión y proponer acciones de política que beneficien a los agentes económicos involucrados en la cadena de producción consumo, ante cambios en los precios (González Sánchez & Tinoco Zermeño, 2021; Kuhe, 2019), así como a los hacedores de políticas generar mecanismos para hacer más eficiente el funcionamiento del mercado del producto de interés. El frijol es un cultivo de consumo regional desvinculado del mercado y los precios internacionales, por lo que los estudios sobre el comportamiento de su precio son limitados en comparación con el precio de los *commodities* transados en los mercados financieros.

Algunas investigaciones realizadas para el estudio de los precios de la leguminosa han utilizado técnicas econométricas como Modelos Autorregresivos por Umbrales (TAR) para analizar si hay evidencia de cointegración (Tapia Alvarado, 2015); sin embargo, aun cuando el cultivo ha sido poco estudiado, las conclusiones obtenidas

con modelos diferentes permiten reforzar los hallazgos de este estudio. Alonso & Gallego (2011) aplicaron un modelo VAR y concluyeron que no hay integración de largo plazo entre los mercados mayoristas y minoristas de frijol, atribuyendo que la falta de integración en el proceso de comercialización es producto de algún tipo de concentración de poder de mercado, o bien, la existencia de un comercio cruzado. Lo cual genera distorsión en el mercado y tarda en responder a los choques en el mercado.

CUADRO 6

Modelos de alta varianza para el precio de tres mercados seleccionados de frijol azufrado en México

	ARCH	GARCH	EGARCH	TARCH
Mercado Nayarit – Nayarit 2000-2020	0,24962***	NE	earch 0,22833** earch a 0,04289** egarch 0,99377***	NE
Impacto de las Innovaciones	$a_1 = 0,24962$		$a_1 + b_1 = 0,27122$ $a_1 - b_1 = 0,18544$	
Mercado Sinaloa – Durango 2004-2020	1,01953	arch 0,99867*** garch -0,02037 NS	earch -0,02564 NS earch a 0,73832*** egarch 0,30206NS	NE
Impacto de las Innovaciones	$a_1 = \text{Explosiva}$			

Nota: Nivel de significancia $p < 0.01$ ***, $p < 0.05$ ** , $p < 0.10$ *.

Fuente: Elaboración con datos del SNIIM – Secretaría de Economía (2020).

Lo anterior es consistente con lo encontrado en este estudio, en particular en los mercados con una alta persistencia a la volatilidad, en donde los precios tardan en ajustarse a su nivel y los agentes económicos se enfrentan a mayor incertidumbre, con lo cual se ven comprometidas sus decisiones de producción y consumo; resultado similar al observado por Rodríguez-Romero & Torres-Ortiz (2020) quienes exponen que en Colombia el frijol seco tiene un coeficiente de variación mayor al 40 %, indicando una alta volatilidad y el precio tarda más en reaccionar ante cambios a la baja, por ello mantiene una persistencia mayor tal y como se muestra en esta investigación.

En contraste con lo anterior Morales-Ventura & González-Pérez (2017) encontraron mediante un análisis de cointegración que la transmisión de precios entre el índice de precios al productor (INPP) y el índice nacional de precios al consumidor (INPC) se propaga con una velocidad del 90 %, por lo que se tiene una integración del mercado casi completa. Asimismo, demuestran que para el periodo 2004-2017 el mercado de frijol en México presentó una volatilidad baja.

Se observa que los resultados cambian en función del periodo utilizado, de si el estudio se realiza por variedad o es tratado de manera genérica, entre otros. Esto es relevante para los tomadores de decisiones porque a pesar de ser un bien inferior la dinámica de precios entre variedades es diferente y se debe tener presente; al igual que la manera en que están integrados u organizados los productores y comercializadores, ya que aquellos que estén más organizados y compartan planes de producción, así como el manejo de información estarán en capacidad de reaccionar con mayor rapidez a las señales del mercado, situación similar a lo planteado por González Sánchez & Tinoco Zermeño (2021).

La realidad es que el sistema de producción está atomizado y el de comercialización concentrado, además de que el alto número de intermediarios genera fallas en el mercado, reflejándose mediante mayores costos para los productores y comercializadores (SAGARPA, 2015). Los resultados son consistentes con el planteamiento señalado, lo anterior con base en que los mercados en donde se infiere una mayor organización en la fase de producción tuvieron menor volatilidad como el Chihuahua – Toluca y el Zacatecas – Zacatecas, en frijol pinto; el Zacatecas – Yucatán y el Querétaro – Toluca, en frijol negro; y el Nayarit en la variedad azufrado.

Respecto a los modelos utilizados en el análisis de la varianza no hay consenso sobre cuál modelo econométrico es mejor, éste dependerá del tipo de cultivo, de su vinculación con el mercado internacional, inclusive de la capacidad productiva de cierta región. Un gran número de evidencia empírica indica que los mejores modelos para trabajar la varianza de series de tiempo univariadas son los modelos simétricos (Aldaz Llaguno & Morales, 2022; Wijayati *et al.*, 2022; Destiarni *et al.*, 2021); sin embargo, algunos otros muestran que si bien los modelos simétricos permiten estimar la persistencia de la volatilidad, no es posible saber con detalle cuáles son las noticias que más impactan a la varianza y el porqué de su persistencia, tal como lo explican los modelos asimétricos (González Sánchez & Tinoco Zermeño, 2021; Yuan *et al.*, 2020), estos modelos son también útiles en las series de precios que tienden a ser explosivas. En este trabajo se realizaron modelos simétricos y asimétricos, la evidencia mostró que las series se modelaron mejor mediante los modelos simétricos.

Finalmente, los resultados indican que la alta persistencia a la volatilidad en los mercados Zacatecas – Puebla y Chiapas – Chiapas impactan a la seguridad alimentaria de la población; en el primer caso, la distancia geográfica es relativamente cercana comparada con otros mercados, pero se observa una distorsión en este mercado si se compara con el mismo punto de origen (Zacatecas) siendo el diferencial el punto de destino (Yucatán *vs* Puebla). Lo cual permite inferir que el problema radica en la comercialización manteniendo precios altos por más tiempo, lo cual impacta en las expectativas de consumo de la población más pobre. Tanto en Puebla como en Chiapas, cobra relevancia porque son estados con un alto porcentaje de población en pobreza y pobreza extrema quienes basan un porcentaje considerable de su dieta en productos básicos como el frijol.

En el caso de Chiapas se agrega el componente de una caída en la producción motivado por una reducción en la superficie y los rendimientos, además de la atomización de los productores y la alta intermediación que existe, por lo que es importante

generar estrategias que permitan acercar a los productores con el consumidor final, de tal manera que se dé una relación ganar – ganar tanto para productores como para consumidores, reduciendo incertidumbre y procesos de arbitraje al interior de la cadena.

5. Conclusiones

Se estimaron modelos de alta varianza para los mercados con menor interrupción en el abasto de frijol, se probó que las series de precios presentan agrupamientos de volatilidad, en particular, las variedades pinto y negro. La persistencia en la volatilidad es un indicativo de la imperfección de los mercados, si bien, el efecto no se presentó con la misma intensidad en los mercados estudiados, hay mercados en los cuales es patente una mayor incertidumbre tanto para los consumidores como para los productores, propiciando que los precios tarden más tiempo en ajustarse a su tendencia natural y los consumidores tengan más dificultades para comprar el producto.

Sobresale que el mercado más imperfecto para el frijol pinto fue el mercado Zacatecas – Puebla, mientras que el más eficiente fue el Chihuahua – Toluca con una persistencia muy baja. En cuanto al frijol negro, el mercado con mayor imperfección y permanencia de la volatilidad fue Chiapas, resalta porque la producción y el consumo es al interior del estado, pero al igual que en el frijol pinto, la volatilidad más baja se presentó en los mercados más alejados geográficamente, en este caso el mercado Zacatecas – Yucatán.

Lo anterior es relevante porque los mercados más eficientes son aquellos en donde los puntos de origen son competitivos, al mismo tiempo que son estados tradicionalmente proveedores a otros puntos del país; sin embargo, se observó también que la imperfección puede ser resultado de los agentes que ofertan el producto en el lugar de destino. Al existir imperfección en el mercado por una alta persistencia en la volatilidad implica que la población en situación de pobreza es la más afectada al no tener acceso a una canasta básica alimentaria que provea alimentos sanos y nutritivos.

Para generar mecanismos que permitan tener mercados más eficientes y disminuir la incertidumbre en los agentes económicos, es recomendable ahondar en aquellos factores que componen las cadenas de comercialización de las diferentes variedades de frijol, los agentes responden ante cambio en los precios. Con los resultados obtenidos, se concluye que hay mercados que son eficientes aun cuando el punto de destino no es productor, tal como el mercado de consumo Yucatán. Pero también, existen destinos que son altamente ineficientes y tienen una persistencia alta de volatilidad como el mercado de destino Puebla, para frijol pinto. Comprender la dinámica en que se relacionan los agentes económicos al interior de las cadenas, permitirá detectar los puntos clave en que se genera la distorsión en el mercado y generar mecanismos de corrección que dé certidumbre tanto a productores como a consumidores.

Al comparar los modelos simétricos y asimétricos es importante mencionar que en los mercados que se registra una alta volatilidad (Zacatecas – Puebla y Chiapas – Chiapas) los modelos asimétricos confirman lo hallado en los simétricos, es decir hay consistencia en los resultados; mientras, que en los mercados en donde se observó la

menor volatilidad (Zacatecas – Zacatecas, Zacatecas – Yucatán, Nayarit) los modelos asimétricos indican mayor volatilidad, consecuencia de los efectos de las buenas noticias por lo que una variación al alza en los precios se mantiene por más tiempo.

Con base en lo anterior y retomando la hipótesis de la investigación, se sostiene que la persistencia a la volatilidad es diferente entre mercados. Se corrobora la existencia de mercados más eficientes con menor volatilidad en donde los agentes económicos tienen menor incertidumbre respecto a sus decisiones de consumo del bien en cuestión. Pero al mismo tiempo se concluye que la alta persistencia de la volatilidad en mercados con niveles de pobreza importantes, como son Chiapas y Puebla, afecta la seguridad alimentaria de la población, considerando que son comunidades con dietas basadas en este tipo de alimentos.

Este trabajo es una aportación al estudio de los productos de producción y consumo regional; en estudios futuros será necesario profundizar en las transmisiones de precios al interior de cada eslabón de la cadena producción – consumo, que permitan evaluar en dónde se genera la distorsión del mercado que impacta en las decisiones de consumo y producción de los agentes económicos. Con la finalidad de generar políticas de comercialización para corregir fallas de mercado.

Referencias

- Aldaz Llaguno, N.B. & Morales Carrasco, L.V. (2022). *La volatilidad de los precios internacionales del cacao en grano y la oferta internacional de los principales países productores*. Tesis doctoral, Universidad de Ambato, Ecuador. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35296>
- Alonso, J.C. & Gallego, A.I. (2011). “Integración de los precios en los canales minorista y mayorista arroz, papa y frijol en la ciudad de Cali”. *Economía Gestión y Desarrollo*, (10), 79-96.
- Balcombe, K. (2010). *The nature and determinants of volatility in agricultural prices: An empirical study from 1962 – 2008*. Munich Personal RePEc Archive, 24819. Obtenido de: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/24819>
- Baldi, L., Peri, M. & Vandone, D. (2016). “Financial markets and agricultural commodities: Volatility impulse response analysis”. *International Journal on Food System Dynamics, Proceedings in System Dynamics and Innovation in Food Networks 2016*. 104-109. <https://dx.doi.org/10.18461/pfsd.2016.1612>
- Banco de México. (2020). *Informe trimestral: Octubre - Diciembre 2020*. México: Banco de México. Obtenido en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/%7B32FC0A30-1A6A-4A7F-12E3-F144B64E1C23%7D.PDF#:~:text=Banco%20de%20M%C3%A9xico%20Informe%20Trimestral%20Octubre%20%E2%80%93Diciembre%202020,las%20del%20Informe%20anterior%20de%200.6%20y%203.8%25.2>
- British Broadcasting Corporation (BBC). (2021). *Por qué el precio de los alimentos en el mundo aumentó a su mayor nivel en más de una década*. Londres. Obtenido de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-57365338>

- Burbano Cuenca, P.J. (2019). *Evaluación de tres variedades de frijol caupi (Vigna unguiculata L.) con tres distancias de siembra*. Trabajo de fin de grado. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38445>
- Bollerslev, T. (1986). "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity". *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327. [https://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- CEPAL. (2020). *El desafío social en tiempos del COVID-19*. Santiago de Chile: Repositorio CEPAL. Obtenido de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45527/5/S2000325_es.pdf
- Cámara de Senadores. (2020). *Dictamen de la Comisión de Economía*. México. Obtenido de: https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/3/2020-10-28-1/assets/documentos/Dict_Economia_Compras_Panico_COVID.pdf
- Cable News Network (CNN). (2020). *Los precios de los alimentos se disparan en EE.UU. Estos productos ahora son más caros*. Atlanta, Georgia, EE.UU. Obtenido de: <https://cnnespanol.cnn.com/2020/05/13/los-precios-de-los-alimentos-se-disparan-en-ee-uu-estos-productos-ahora-son-mas-caros/>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2021). Comunicado No. 01 Informe de evaluación de la Política de Desarrollo Social 2020. México. Obtenido de: <https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/IEPSM/Paginas/IEPDS-2020.aspx>
- Corbet, S., Hou, Y., Hu, Y., Lucey, B. & Oxley, L. (2021). "Aye Corona! The contagion effects of being named Corona during the COVID-19 pandemic". *Finance Research Letters*, 38, 101591. <https://dx.doi.org/10.1016/j.frl.2020.101591>
- Destiarni, R.P., Jamil, A.S. & Septya, F. (2021). "Meat price volatility as implications for food security in Indonesia". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 883(1), 012068.
- Elleby, C., Domínguez, I.P., Adenauer, M. & Genovese, G. (2020). "Impacts of the COVID-19 pandemic on the global agricultural markets". *Environmental and Resource Economics*, 76, 1067-1079. <https://dx.doi.org/10.1007/s10640-020-00473-6>
- Engle, R.F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation". *Econometrica*, 50(4), 987-1007. <https://dx.doi.org/10.2307/1912773>
- FAOSTAT. (2020). *Datos estadísticos*. Roma: Food and Agricultural Organization. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2021). *Perspectivas de la Economía Mundial. Actualización de las perspectivas de la economía mundial enero 2021*. Obtenido de: <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2021/01/26/2021-world-economic-outlook-update>

- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). *Panorama Agroalimentario. Frijol 2016*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. México. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2019). *Panorama Agroalimentario. Frijol 2019*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. México. Obtenido de: <https://www.fira.gob.mx/Nd/NEstEcon.jsp>
- Galán Figueroa, J. & Martínez Ceceña, L. (2021). “Efecto contagio de la primera ola del SARS-CoV-2 sobre los mercados bursátiles de las economías del G20”. *Panorama Económico*, 17(35), 77-99. <https://dx.doi.org/10.29201/peipn.v17i35.95>
- Galán Figueroa, J. & Villalba Padilla, F.I. (2018). “Análisis del riesgo país mediante modelos de heterocedasticidad condicional”. En Martínez-Preece, M.R., Zubieta-Badillo, C., Santillán-Salgado, R.J. & Valencia-Herrera, H. (Coords.): *Administración de Riesgos Volumen VII. Mercados, modelos y estrategias financieras* (pp. 179-207). México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Galán Figueroa, J., Domínguez Gijón, R.M. & Villalba Padilla, F.I. (2018). “Exchange rate volatility. A comparative analysis through an asymmetric tarch and extreme value approach, Mexico: 2014-2016”. En Coronado, S., Rojas, O. & Venegas, F. (Eds.): *Recent Topics in Time Series and Finance: Theory and Applications in Emerging Markets* (pp. 95-120). México: Universidad de Guadalajara.
- Gómez Oliver, L. (1994). La política agrícola en el nuevo estilo de desarrollo latinoamericano. Santiago, Chile, FAO.
- Gómez Oliver, L. & Granados Sánchez, R. (2016). “Las cuatro grandes empresas comercializadoras y los precios internacionales de los alimentos”. *Economía Informa*, 400, 24-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2016.09.003>
- González Sánchez, R.F. & Tinoco Zermeño, M.A. (2021). “Análisis de la volatilidad de precios al productor de limón en la costa del Pacífico mexicano”. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 25(3), 95-116. <https://dx.doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.18>
- Granados Sánchez, M.R., Galán Figueroa, J. & Leos Rodríguez, J.A. (2020). “Volatilidad en los precios de los cereales básicos y su impacto en la seguridad alimentaria. México, 1995-2018”. *Noésis Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 30(58), 79-105. <https://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>
- Hung, N.T. (2021). “Oil prices and agricultural commodity markets: Evidence from pre and during COVID-19 outbreak”. *Resources Policy*, 73, 102236. <https://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102236>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *ENOE Primer trimestre de 2020: Principales indicadores laborales de las ciudades*. México. Obtenido de: <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/#Tabulados>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Encuesta Nacional Ingreso Gasto de los Hogares 2002-2018*. México. Obtenido de: <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/>

- Kau, J., Mahlangu, S., Mazwane, S., Nhundu, K., Chaminuka, P., Nemakhavhani, S. & Lekgau, S. (2018). "Price seasonality of citrus commodities in the Joburg Fresh Produce Market". *The 56th Annual Conference of the Agriculture Economics Association of South Africa*. <https://ageconsearch.umn.edu/record/284777>
- Kuhe, D.A. (2019). "Modeling Volatility of Agricultural Commodity Food Price Index in Nigeria using ARMA-GARCH Models". *Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(1), 55-75. <http://mjbas.com/data/uploads/6009.pdf>
- Macedo-Ojeda, G., Bernal-Orozco, P. & López-Uriarte, C. (2008). "Hábitos alimentarios en adolescentes de la Zona Urbana de Guadalajara, México". *Antropo*, 16, 29-41. Obtenido de: <http://www.didac.ehu.es/antropo/16/16-5/MacedoOjeda.pdf>
- Marschner, P.F. & Ceretta, P.S. (2020). "Forecasting value-at-risk for the cryptocurrency market using Markov-switching EGARCH models". *Revista Brasileira de Finanças*, 18(3), 80-108.
- Nelson, D.B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach". *Econometrica*, 59(2), 347-370. <https://dx.doi.org/10.2307/2938260>
- Rodríguez-Romero, A. & Torres-Ortiz, M.A. (2020). "Transmisión entre precios de los alimentos en Bogotá, 2000-2017". *Revista Finanzas y Política Económica*, 12(2), 589-624. <https://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v12.n2.2020.3079>
- Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2015). *Propuesta de estructuras tipo para la organización de conglomerados productivos y comerciales, integrados por pequeños productores de frijol con empresas integradoras* (211PP069). México. Obtenido de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346972/Frijol_Detallado.pdf
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON-SADER). (2020). *Estadísticas de producción de frijol en México, 1990-2018*. México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de: <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es>
- Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). (2020). *Estadísticas anuales de comercio de frijol común negro y blanco, México: 2003-2020*. México: Secretaría de Economía. Obtenido de: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). (2020). *Estadísticas de precios de frijol azufrado, pinto y negro en las centrales de abasto de México, punto de origen – destino en México, 2019*. México: Secretaría de Economía. Obtenido de: <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>
- Taghizadeh-Hesary, F., Rasoulinezhad, E. & Yoshino, N. (2019). "Energy and food security: Linkages through price volatility". *Energy Policy*, 128, 796-806. <https://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.043>
- Tapia Alvarado, E.S. (2015). *Asimetría en la transmisión de precios bajo efectos de umbral: mercado mexicano de frijol, jitomate y huevo*. Tesis de maestría, México: Centro de Investigación y Docencia Económica. Repositorio CIDE. Obtenido de: <http://repositorio-digital.cide.edu/bitstream/handle/11651/553/145224.pdf?sequence=1>

- Morales Ventura, A.G. & González Pérez, J.M. (2017). “Modelo de corrección de error para la transmisión de precios del frijol, 2003-2017”. *INCEPTUM*, 12(22), 43-68. Obtenido de: <https://www.ininee.umich.mx/index.php/inceptum/article/view/299>
- Wijayati, P.D., Laily, D. & Atasa, D. (2022). “The price volatility of staple food in the global market as an impact of COVID-19 pandemic and world economic recession”. *AGROMIX*, 13(1), 89-103. <https://dx.doi.org/10.35891/agx.v13i1.2874>
- Yuan, X., Tangm, J., Wong, W-K. & Sriboonchitta, S. (2020). “Modeling comovement among different agricultural commodity markets: A Copula-GARCH approach”. *Sustainability*, 12(1), 393. <https://dx.doi.org/10.3390/su12010393>
- Zakoian, J.M. (1994). “Threshold Heteroskedastic Model”. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955. [https://dx.doi.org/10.1016/0165-1889\(94\)90039-6](https://dx.doi.org/10.1016/0165-1889(94)90039-6)