

## Volatilidad en los precios de los cereales básicos y su impacto en la seguridad alimentaria. México, 1995-2018

**Granados Sánchez, María Del Rosario; Galán Figueroa, Javier; Leos Rodríguez, Juan Antonio**  
Volatilidad en los precios de los cereales básicos y su impacto en la seguridad alimentaria. México, 1995-2018  
NÓESIS. REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES, vol. 29, núm. 58, 2020  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México  
**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85969763005>  
**DOI:** <https://doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>




Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

# Volatilidad en los precios de los cereales básicos y su impacto en la seguridad alimentaria. México, 1995-2018

Price volatility in basic cereals and their impact in food security. Mexico, 1995-2018


María Del Rosario Granados Sánchez  
rgranados@ciestaam.edu.mx

*Universidad Autónoma Chapingo, México*

 <https://orcid.org/0000-0001-7800-0463>


Javier Galán Figueroa galfija@unam.mx

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

 <https://orcid.org/0000-0002-2127-6829>

Juan Antonio Leos Rodríguez leos@ciestaam.edu.mx

*Universidad Autónoma Chapingo, México*

 <https://orcid.org/0000-0002-5009-925>

NÓESIS. REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES, vol. 29, núm. 58, 2020

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Recepción: 22 Marzo 2019  
Aprobación: 22 Mayo 2019

DOI: <https://doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85969763005>

**Resumen:** Este documento analiza cómo la volatilidad en los precios de los granos básicos, arroz, maíz y trigo, influyen sobre la seguridad alimentaria. Para esto, se estudió el mercado de estos productos mediante los modelos de varianza condicional heterocedástica: simétricos y asimétricos. Entre los resultados, se encontró evidencia que, ante un escenario internacional volátil, los precios de granos básicos a nivel doméstico se elevarán, repercutiendo de manera negativa a toda la cadena de transformación mediante el incremento en los precios finales de los productos procesados. A nivel social, este escenario genera un efecto restricción sobre la población al reducir el acceso de los alimentos a menor precio.

**Palabras clave:** seguridad alimentaria, precios agrícolas, causalidad de Granger, modelos GARCH.

**Abstract:** This document analyzes how price volatility in basic grains, rice, corn and wheat, will impact over food security. For this purpose, the market of these cereals was approached through high-variance symmetric and asymmetric models. Findings show evidence that, before a volatile international scenario, basic grain prices in a domestic level will rise, negatively rebounding in the whole transformation chain through the increase of final prices in processed products. At a social level, this scenario generates a restrictive effect over population by reducing its access to lower price foods.

**Keywords:** Aliment security, Agricultural prices, Granger causality, GARCH models.

## Introducción

Los precios son el mecanismo por excelencia para el funcionamiento de los mercados, Friedman (1966) y Galán (2016) mencionan que estos cumplen tres funciones fundamentales: 1] transmiten información, 2] crean incentivos que guían a los productores para obtener beneficios y 3] señalan como se distribuye el producto social entre los propietarios de los recursos. Comprender su formación y comportamiento permite

a los agentes económicos tomar decisiones de producción, planificar inventarios, así como decidir sobre el consumo y diseñar políticas públicas en las diferentes estructuras de mercado.

En los mercados agrícolas, los precios presentan características que los diferencian del resto de las mercancías; al tratarse en gran medida de bienes homogéneos, éstos se mueven en una estructura de mercado de competencia perfecta. Sin embargo, son afectados por lo que sucede en mercados de competencia monopolística (Soukup, Brčák y Svoboda, 2014) u oligopolística (Severová, Kopecká, Svoboda *et al.*, 2011) en donde grandes empresas proveedoras de insumos y comercializadoras de productos agrícolas de alguna manera siguen estrategias de fijación de precios; impactando con ello en la producción agrícola, así como en los diferentes niveles de consumo de la población.

Bueno (1983) señala que los principales problemas que presenta el mercado agrícola y que afectan el comportamiento de precios son: 1] el volumen de producción agrícola que escapa a las decisiones de los productores generando incremento o disminución en el precio cuando la oferta disminuye o aumenta, 2] los agricultores son incapaces de regular sus aportaciones al mercado, almacenando, sus productos de la misma manera que lo hacen los industriales, al saturar el mercado de cierto producto el precio disminuye por un lado mientras que cuando hay escases por un control de inventarios los precios tienden a incrementar, 3] la oferta agrícola no puede responder a los incrementos de la demanda de forma simultánea, sino con un desfase y, 4] las oscilaciones en los precios de los mercados agrícolas son mucho más importantes que las del mercado industrial, principalmente por las características que presenta, por el impacto monetario y social que tiene en el gasto destinado a la compra de alimentos en las familias de bajos ingresos, por ende impactan en la seguridad alimentaria de las mismas.

Además, los precios agrícolas están determinados por choques de tipo coyuntural y estructural; entre los primeras, se encuentran: factores climáticos adversas, aumento en los costos de producción derivados de las alzas en el precio de los energéticos, así como la innovación tecnológica; en los segundos, se ubican: el crecimiento de las economías emergentes, el aumento del ingreso y la diversificación de la dieta, la caída en los inventarios de granos y en la productividad, así como la caída secular en los precios de los *commodities*. En fechas recientes nuevos fenómenos económicos, tales como: la crisis *subprime*, la volatilidad del dólar y la reducción de las tasas de interés también han incidido en los precios agrícolas.

Durante el periodo 2006-2011 los precios internacionales de los productos agrícolas alcanzaron incrementos no vistos desde la década de los setenta, dicho aumento fue resultado de diversos determinantes, entre los que destacaron: la relación entre el precio de los energéticos con los *commodities*, los subsidios agrícolas en países desarrollados, la migración de activos financieros a mercados agrícolas consecuencia de la crisis *subprime*, el comercio agrícola, entre otros (Ahmadi, Bashiri

y Manera, 2016; Anderson y Nelgen, 2012; Balcombe, 2010; Chang, McAleer y Wang, 2018 y López y Schulz, 2016).

Así mismo, se ha estudiado la volatilidad de los precios agrícolas y sus efectos en la seguridad alimentaria. Naylor y Falcon (2010) encontraron que la política macroeconómica, los tipos de cambio y los precios del petróleo fueron determinantes en la variabilidad de los precios durante 2005-2010, destacando los vínculos entre los mercados y la agricultura, así como la economía alimentaria mundial. La Food and Agricultural Organization (FAO, 2010) coincide en que el sistema alimentario mundial se vulneró por las variaciones en los precios agropecuarios, siendo más sensible a los episodios extremos de volatilidad; al mismo tiempo, concluyen que las medidas tomadas por los gobiernos para hacer frente a la variabilidad en precios son de corto plazo e ineficientes, mientras que la propagación de volatilidad puede ser de largo plazo.

Por otra parte, bajo el análisis de la política agrícola, Bureau y Swinnen (2018) enfocaron su estudio en el impacto de las políticas de la Unión Europea (UE) en la seguridad alimentaria mundial, encontrando que ésta al estar orientada al subsidio de la producción asegura la producción y el abasto de la población al interior de la Unión, sin embargo, genera distorsiones en el mercado agrícola internacional en donde los productos agrícolas pueden ser vendidos por debajo de su costo desalentando la producción local de las economías importadoras.

La mayoría de las investigaciones realizadas sobre seguridad alimentaria comprenden países africanos y asiáticos. Clarete (2012) utilizó la prueba de causalidad en el sentido de Granger para examinar la tendencia del precio en el comercio del arroz y determinar si el comercio causa volatilidad o viceversa. Concluyen que la muy baja actividad comercial global en el arroz no causa una volatilidad extrema en su precio en la región, por lo que los países importadores recurren a medidas de autosuficiencia como un seguro para compensar los altos riesgos del suministro poco fiable y a sus precios inasequibles.

Minot (2014) examinó los patrones y las tendencias en la volatilidad de los precios de los alimentos africanos. Encontró que los precios internacionales de los granos se volvieron más volátiles durante los años (2007-2010) pero no halló evidencia de que la volatilidad de los precios haya aumentado en la región. Encontró que la volatilidad en el maíz es mayor en los países con políticas de tipo proteccionistas, además demostró que el comercio puede amortiguar la volatilidad de los precios y con ello reducir el riesgo de inseguridad alimentaria.

Los estudios realizados muestran diversidad en sus conclusiones, algunos indican que no existe evidencia de que la producción de biocombustibles incida sobre la variabilidad de precios, otros exponen que las políticas restrictivas o el tipo de cambio sí han influido sobre los precios y por ende impactado en la seguridad alimentaria de la población, siendo este último aspecto el que mayor incertidumbre crea debido a los efectos sociales.

La volatilidad en los precios agrícolas generó alarma en el mundo porque los altos precios comprometen la seguridad alimentaria de las

familias en situación de pobreza. De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) la seguridad alimentaria considera: 1] la existencia de una oferta adecuada de alimentos disponibles todo el año, 2] los hogares deben tener acceso a una cantidad suficiente de alimentos con calidad, variedad y a un precio bajo, y 3] garantizar la estabilidad permanente de los alimentos, por lo que los hogares deben mitigar los choques de corto plazo sin sacrificar las necesidades alimentarias de alguno de sus miembros.

Al no cumplirse alguna de las anteriores condiciones, la población ve comprometida su estabilidad alimentaria. En el periodo 2006-2008 se estimó que aproximadamente 105 millones de personas en el mundo cayeron en situación de pobreza, representando un retroceso de siete años en el combate a la misma (Banco Mundial, 2013). Mientras que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2008) consideró que el incremento en el precio de los alimentos aumentó el hambre e indigencia en Latinoamérica y el Caribe en más de diez millones de personas. En tanto, en México el número de personas que cayeron en situación de escasez alimentaria pasó de 15.1 millones en 2006 a 20.8 millones en 2008 y a 21.5 en 2010 (CONEVAL, 2018). Casi una quinta parte de la población en México es vulnerable por falta de acceso económico y físico a los alimentos y es en los deciles más bajos donde se aprecia el mayor impacto de la volatilidad en los precios de los granos básicos.

De acuerdo con el índice de precios de los alimentos generado por el Banco Mundial (2013) a mediados de 2008 el valor internacional del maíz, arroz y trigo subió 70%, 180% y 120%, respectivamente, en comparación con mediados de 2007. Estos incrementos fueron inesperados y tuvieron gran impacto tanto en lo económico como a nivel social en los países en desarrollo. Posteriormente en 2011 y 2012 volvieron a presentarse repuntes, superando a los de 2008, como fue en el caso de maíz, donde en julio de 2011 tuvo el alza más abrupta de 45%.

Con base en estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018) en México el incremento de precios para el mismo periodo fue de 19.08%, 38.82% y 74.98% para maíz, harina de trigo y arroz respectivamente. Mientras que en el periodo 2010-2011, las tasas de crecimiento fueron menores a las del primer periodo y a las internacionales; oscilando en 7.75, 3.83 y -0.87% para los cereales enlistados.

La consecuencia inmediata del aumento en los precios se observa en la población de menores ingresos, cuando dicho incremento se presenta en aquellos alimentos cuyo origen es, en su mayoría, de importación. Un país con alta dependencia en alimentos importados corre el riesgo de excluir a su población de bajos ingresos en el consumo de estos bienes en periodos de volatilidad. Por tanto, en aquellos países de ingresos bajos o con un consumo alto de cereales, como México, la presente investigación cobra relevancia sobre otros productos, porque los granos son el rubro de alimentos en el que la población con problemas de acceso a la alimentación, destina poco más del 25% de su ingreso a la compra de los

mismos y estos proveen casi el 50% de la energía diaria requerida (FAO, 2011).

México comparte las dos situaciones descritas; por un lado, la participación de las importaciones de arroz, maíz y harina de trigo han ido aumentando en las últimas tres décadas. De 1990 al 2013 las adquisiciones de arroz pasaron de 32 a 85%, en maíz de 8.7 a 23% y en trigo de 8.7 al 70% (Statistics of Food and Agricultural Organization [FAOSTAT], 2018). Por otro lado, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Ingreso Gastos de los Hogares (ENIGH, 2016) las familias mexicanas destinan en promedio el 16.3% de sus ingresos a la compra de alimentos y bebidas alcohólicas, mientras que aquellas de menores ingresos reservan entre el 37 y el 51%, del cual el 23.1% se gasta en la compra de cereales y derivados. Es decir, casi la cuarta parte del gasto en alimentación de las familias ubicadas en los deciles menores es cubierta por una dieta basada en granos.

Con base en lo anterior, el propósito de esta investigación consiste en estudiar la volatilidad de los precios internacionales del arroz, maíz y trigo para determinar cómo estos influyen en los precios domésticos. Se utilizó la metodología de modelos de varianza heterocedástica univariante a fin de modelar su volatilidad a través de modelos simétricos y asimétricos. El artículo aborda en el primer apartado la parte introductoria y la revisión de literatura; en el segundo apartado, detalla las variables utilizadas y los métodos econométricos realizados; en el tercer apartado se exponen los resultados, finalizando con la sección de conclusiones.

## **1. Materiales y métodos**

### *1.1. Datos*

El estudio se basa en un análisis de tipo cuantitativo, empleando la metodología de modelos econométricos univariantes de alta varianza, simétricos y asimétricos, específicamente se utilizaron los modelos ARCH (Autorregresivo Condicionalmente Heterocedástico), GARCH (ARCH Generalizado), EGARCH (GARCH exponencial) y TGARCH (GARCH por umbrales). Para probar si los precios internacionales influyen sobre los nacionales, se utilizó la prueba de causalidad en el sentido de Granger. El periodo de estudio fue de 1995 a 2018. La investigación consideró tres commodities agrícolas: arroz, maíz y trigo; debido a que son los cereales con mayor consumo a nivel mundial y nacional.

Los datos utilizados son series de tiempo, los cuales se obtuvieron de repositorios estadísticos, las series nacionales se consultaron en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática en los meses de junio a noviembre de 2018 y fueron: el índice nacional de precios al consumidor, los índices de precios al consumidor de arroz, maíz y harina de trigo -ésta última como variable proxy al trigo en grano-, con frecuencia quincenal. Las datos internacionales se obtuvieron de INVESTING y fueron: los precios de futuros de arroz, maíz y trigo, la periodicidad fue



semanal para los dos primeros y mensual para el último; en el tercero la información comprende de 2009 a 2018.

## 1.2. Modelos de alta varianza

Las series de precios de *commodities* en general mantienen un comportamiento volátil, no tienen varianza homocedástica y usualmente no son estacionarias. Su análisis no puede ser bajo la metodología tradicional de series de tiempo y se debe trabajar con herramientas econométricas pertinentes como la familia de modelos ARCH. Éstos han sido aplicados ampliamente en series financieras, por la naturaleza de su comportamiento (Casas y Cepeda, 2008; Galán y Villalba, 2018; Pérez y Fernández, 2006 y Vilariño, 2001). Asimismo, su uso se ha extendido al análisis y predicción de la volatilidad para los precios de las materias primas, al ser productos con una fuerte variación en su conducta (Dávila, Núñez y Ruiz, 2007 y Pérez, 2006).

Los modelos ARCH y GARCH son de tipo simétrico pues consideran a la fuente de la volatilidad con el mismo peso, por lo que las buenas y malas noticias tendrán el mismo efecto. En el modelo ARCH la varianza condicionada a la información pasada no es constante, por lo que depende del comportamiento de las observaciones pasadas elevadas al cuadrado (Engle, 1982) (Ecuación 1, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

Las restricciones al modelo son: 1] la varianza debe ser positiva y finita:  $\alpha_0 > 0$ ; y  $\alpha_j \geq 0$ , 2] debe cumplirse la condición de estabilidad:  $\alpha_i < 1$  y, 3] las noticias recientes o eventos de tipo coyuntural tienen mayor impacto:  $\alpha_i > \alpha_j$ .

Por otra parte, en el modelo GARCH se plantea que la estructura de la varianza condicional no solo depende del cuadrado de los errores pasados, sino también de sus propios rezagos (Bollerslev, 1986) (Ecuación 2, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

Las restricciones al modelo son: 1] la varianza debe ser positiva y finita:  $\alpha_0 > 0$ ;  $\alpha_i \geq 0$ ;  $\beta_j \geq 0$ , 2] debe cumplirse la condición de estabilidad:  $\sum (\alpha_i + \beta_j) < 1$ . Si la  $\sum (\alpha_i + \beta_j) \geq 1$ , la varianza de los residuales es no estacionaria y, si es igual a 1, la varianza de los residuales tiene raíz unitaria, por lo que se tendría presencia de un modelo IGARCH.

En cuanto a los modelos asimétricos, estos se diferencian porque los choques negativos y positivos impactan de manera diferente a la variable, y en contraste con los simétricos, en ellos no hay restricciones. El modelo EGARCH fue propuesto por Nelson (1991), la aportación posibilitó capturar los efectos que pueden tener las buenas y malas noticias sobre la volatilidad de los activos (Ecuación 3, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>). Observándose que las series reaccionan con mayor fuerza ante los choques negativos que frente a los positivos.

La varianza condicional es una función multiplicativa explícita de las innovaciones pasadas, en tanto que en el modelo GARCH, se encuentra

determinada por una función aditiva. Asimismo, los parámetros no están condicionados a valores positivos. La función  $g(Z_{t-k})$  está compuesta por dos parámetros que definen el tamaño y el signo de los choques en la volatilidad, el primero es un efecto ARCH típico y, el segundo determina la asimetría.

En un sentido más amplio el modelo TARARCH planteado por Zakoian (1991) y Glosten, Jagannathan y Runkle (1993), divide la distribución de las innovaciones en intervalos para posteriormente aproximar una función lineal por partes para la desviación estándar condicional. Si hay dos intervalos la división es usualmente cero, diferenciándose la influencia positiva o negativa de las noticias sobre la volatilidad. El modelo queda establecido de la siguiente forma (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>):

Para establecer la relación entre las variables se utilizó la prueba de causalidad en el sentido de Granger (1969). Cabe mencionar que esta prueba se lleva a cabo con series estacionarias a fin de no incurrir a la crítica de regresión espuria. La prueba de causalidad de Granger consiste en probar si los movimientos de la variable  $X$  impacta a  $Y$ . La relación de causalidad puede ser unidireccional:  $X$  afecta a  $Y$ ,  $X$  es afectada por  $Y$ ; bidireccional:  $X$  causa el resultado de  $Y$  y  $Y$  causa el resultado de  $X$ ; o no hay causalidad entre las variables. Granger (1980) definió la relación de causalidad bajo dos principios: 1] la causa ocurrió antes de su efecto y 2] la causa tiene información única sobre los valores futuros de su efecto. Es así que (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>). La hipótesis planteada para esta investigación es que los precios internacionales causan el comportamiento de los nacionales.

### 1.3. Análisis empírico

Se aplicó la prueba de raíz unitaria Dickey –Fuller para encontrar el orden de integración de las series, se halló que las series de tiempo son del orden de integración  $I(1)$  como se muestra en el cuadro 1 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

De acuerdo a Galán (2018), se utilizó la metodología Box & Jenkins para cada producto agrícola a fin de determinar si su varianza es factible ser explicada mediante un modelo ARCH, los resultados muestran que los residuales presentan una distribución leptocúrtica. Por lo tanto, se procede determinar a continuación, qué tipo de modelo varianza heterocedástica condicional se adapta mejor a cada producto agrícola.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1. Mercado de cereales y causalidad entre precios internacionales y domésticos

De acuerdo con datos de la FAO (2019), en el año 2012 la producción mundial de arroz fue de 490.7 millones de toneladas en donde más



del 90% la producción se concentró en el continente asiático, en maíz se alcanzó un nivel de 873.4 millones distribuyéndose la misma entre América y Asia, en tanto que, en trigo ésta fue de 664.3 millones de toneladas existiendo una distribución más equilibrada entre Asia, Europa y América, como se observa en el cuadro 2 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

La concentración en la producción está ligada tanto a ventajas naturales como a innovación tecnológica. Tradicionalmente la producción de cereales se identifica con regiones debido a su demanda y a las condiciones naturales que permiten la producción de los mismos. Sin embargo, en una economía globalizada este factor sobresale porque al existir regiones o países que concentran la producción de los mismos, son aquellos que ejercen mayor presión sobre los precios. Con datos de la USDA, se estimó que en general el 66% de la producción de los cereales se concentra en cuatro o cinco países.

En el arroz los principales países productores fueron: China, India, Indonesia y Bangladesh, quienes concentran aproximadamente el 67% de la producción mundial. En tanto que poco más de la mitad de la producción de maíz se aglutina en Estados Unidos y China. De la misma manera, la Unión Europea, China, India, Rusia y los Estados Unidos centralizan el 67% de la producción mundial de trigo.

Cabe destacar que la producción mundial de estos cereales ha mantenido una trayectoria con tendencia positiva durante casi todas las décadas, como se observa en el cuadro 3 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>). Sobresale que en el periodo 2001-2011 en el cual se presentaron incrementos importantes en el nivel de precios, la producción presentó un repunte en comparación con la década anterior. En el caso de arroz y trigo el incremento fue resultado del aumento en los rendimientos; en tanto que en maíz en los últimos 17 años el crecimiento fue consecuencia de una mayor superficie.

Por el lado de la demanda, el consumo de arroz se ha concentrado básicamente en el continente asiático; el maíz y el trigo han mantenido una distribución más equilibrada, el primero aun cuando se destina en su mayoría a la agroindustria y a la elaboración de alimento para consumo animal se concentra en América y Asia; en tanto que el trigo es consumido principalmente por la población asiática y europea, como se observa en el cuadro 4 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

Datos de FAOSTAT (2019) indican que el consumo per cápita del arroz mantuvo una tendencia a la baja en el periodo 1981-2001, a excepción de Europa en donde el consumo aumentó a una tasa del 0.92 por ciento medio anual. Para el periodo 2001-2013, la demanda de arroz por persona se recuperó, siendo África y Oceanía los continentes con mayor crecimiento en el consumo con tasas medias anual del 1.56 y 0.88 por ciento.

Por el contrario, la demanda de maíz ha presentado a través de los periodos tasas de crecimiento positivas, sobresale el consumo de Europa que en el periodo 1981-2001 mantuvo una tasa media anual del 2.5

por ciento; mientras que en el ciclo 2001-2013 destacó el aumento en la demanda del cereal por parte de los países asiáticos y de Oceanía con tasas de crecimiento promedio anual del 0.95 y 2.36 por ciento, respectivamente.

Del mismo modo, el consumo de trigo en general ha presentado una trayectoria a la baja en los últimos 30 años, sin embargo, en contraste con los otros dos cereales el periodo 2001-2013 representó para el grano la mayor caída en el consumo ya que éste disminuyó a nivel mundial. Sobresale la menor demanda del cereal en lugares que tradicionalmente lo consumían como Europa, Oceanía y América en donde se presentaron tasas de crecimiento de -0.21, -0.31 y 0.06 por ciento respectivamente.

El consumo de los cereales alrededor del mundo es posible gracias a los flujos de comercio entre las economías. La exportación de los granos está dada en función de la capacidad productiva, del nivel de consumo de la población y de las reservas que tengan los países exportadores, entre otros. En tanto que las importaciones están ligadas en mayor medida a la necesidad de cubrir déficits en la producción de alimentos y abastecer a la población o a la agroindustria, derivado principalmente de menores condiciones para la producción. Es así que no toda la producción de cereales en una economía es consumida en su totalidad al interior del mismo.

El comercio internacional de cereales se incentivó con la apertura comercial de un gran número de naciones como se observa en el cuadro 5 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>). En la década de los noventa, el arroz presentó la mayor tasa de crecimiento medio anual de comercio, mientras que en el periodo 2000-2016 fue el maíz con un ritmo de crecimiento anual del 6.55 y 3.70 respectivamente.

Son las economías con excedentes o déficits de cereales los que comercian en grandes volúmenes los cereales y por supuesto los que tienen la capacidad de incidir en el precio de los mismos, esto es, al ser países considerados en la teoría de comercio internacional como países grandes en la producción, pueden influir en el precio de mercado, estableciendo las condiciones bajo las cuales se comercializará el producto. Mientras que los países de bajos ingresos, los grandes importadores o bien los netamente importadores se comportarán como tomadores de precios y aceptarán comerciar bajo las condiciones establecidas para abastecer el consumo de su población.

De acuerdo al Observatorio de Complejidad Económica (OCE, 2019) en el año 2017 el comercio de arroz fue de 20.2 billones de dólares, la comercialización de maíz fue de 30.2 miles de millones de dólares, en tanto que en trigo se comerciaron aproximadamente 42.6 billones de dólares.

En el cuadro 6 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>) se observa que los cinco principales países exportadores de arroz concentran el 74.6 por ciento de las ventas del cereal, de ellos la India y Tailandia comercializan casi el 50 por ciento del mismo; el 74.5 por ciento de las exportaciones de maíz, sobresaliendo los Estados Unidos quien controla el aproximadamente el 32 por ciento del comercio

mundial del grano y; el 66.6 por ciento de las ventas de trigo, destacando la presencia de Rusia y Estados Unidos con un control del comercio cercano al 31 por ciento.

Por otro lado, los cinco principales países importadores de arroz compraron en el año 2017 el 24.5 por ciento del cereal, de ellos China adquirió casi un décimo del producto; de maíz el 33.5 por ciento, destacando las adquisiciones de México y Japón quienes compraron en conjunto casi el 20 por ciento del grano comercializado y; en trigo, Egipto, Indonesia Argelia, Italia y Japón captaron el 26.8 por ciento del total en donde Egipto acaparó casi un décimo del cultivo tratado a nivel mundial. (Cuadro 7, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>)

La composición del mercado mundial de estos cereales y el esbozo de los flujos comerciales muestran la existencia de una interrelación entre los precios internacionales y los correspondientes al interior de cada economía. Asimismo, muestran que lo que pase en un país grande y exportador de alimentos influirá en gran medida en el comportamiento de los precios. Para corroborar lo anterior se eliminó la tendencia en las series de precios y se aplicó la prueba de causalidad en el sentido de Granger, los resultados se muestran en el cuadro 8 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>).

En general los precios internacionales tienen relación causal en el sentido de Granger sobre los precios nacionales. El arroz es el caso más representativo ya que los precios mantienen una relación causal bidireccional en 23 de los 24 rezagos en el corto plazo. En maíz la relación causal es menor del sexto al doceavo rezago, fortaleciéndose en una causalidad bidireccional a partir del segundo semestre del año, dicha relación puede responder a la temporada de cosecha de maíz en México, lo que disminuye la compra del grano al exterior.

En el trigo no se cumplió la hipótesis esperada, los resultados indican que los precios nacionales causan a los precios internacionales del tercer al octavo mes. En términos económicos la prueba resultó contradictoria debido a que los precios mundiales de los cereales están influidos por aspectos de oferta y demanda, en este sentido, México no es considerado un país grande en la producción de trigo para poder influir en el precio internacional ya que es un tomador de precios. Estadísticamente, la relación de causalidad se debilita porque el nivel de significancia de la prueba es del 0.1%.

## *2.2. Producción doméstica, importaciones y consumo per cápita*

De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2018), la producción de arroz, maíz y trigo en México ha crecido en los últimos 27 años a una tasa promedio anual del -1.10, 2.39 y -0.42% respectivamente. Sobresale que el maíz es el único que lo ha hecho de manera positiva, sin embargo, los tres han enfrentado una disminución media anual en la superficie de 2.94, 0.005 y 1.26%. Por otro lado, las importaciones de estos

cereales han mantenido una tendencia al alza, con incrementos anuales del 6.9, 2.5 y 11.3% respectivamente.

Lo anterior indica que la producción de estos cereales incluso ha disminuido, aun cuando existen programas de apoyo a la producción como PROAGRO productivo, antes Programa de Apoyos Directos al Campo, así mismo, la caída en los precios de los *commodities* y la pérdida de la protección que implicaba los precios de garantía desincentivó a los productores. Por otro lado, los precios menores en el mercado internacional y la apertura comercial en los granos posibilitó que fuera más rentable importarlos que producirlos, generando una mayor dependencia del exterior (Ortega, León y Ramírez, 2010 y Ortiz, Vázquez y Montes, 2005).

En el Grafico 1 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), se observa que el consumo per cápita ha disminuido, acentuándose en el periodo en que México liberó su comercio, se observa una modificación en los patrones de consumo consecuencia de los cambios económicos, sociales y culturales, entre otros. Garza y Ramos (2017) argumentan que a partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) la industria alimentaria creció significativamente ofertando una mayor diversidad de alimentos industrializados de rápido consumo que sustituyeron en buena medida a los elaborados de manera tradicional; asimismo, en las encuestas de gasto de los hogares se refleja un marcado aumento en la compra de alimentos fabricados y una disminución en la adquisición de productos saludables.

Lo anterior no significa que la población no sea vulnerable a cambios en los precios y no esté expuesta a disminuir su consumo. Al analizar la cadena de alimentos derivados del maíz y del trigo se encontró que para el caso del primero, el mayor incremento en precios en la década 2000-2010 se dio en la tortilla de maíz y en la harina y masa con un aumento medio anual del 3.6 y 2.2% respectivamente, frente a un 0.37% en el maíz grano; para el segundo, el aumento se presentó en el pan de caja, pan dulce y pan blanco con el 2.8, 2.6 y 1.8%, en tanto que la harina de trigo lo hizo en 0.98%.

Si se suman los aumentos de los distintos productos, posiblemente si exista un riesgo en el acceso a los alimentos en los deciles más vulnerables de la población, sin embargo, como primera lectura se puede argumentar que las variaciones en los precios de los cereales en grano no son una alarma para la seguridad alimentaria en México.

### *2.3. Comportamiento de las series de precios*

En el Gráfico 2 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), se observa que el precio nacional e internacional del maíz y del arroz presentó una tendencia al alza, mientras que el precio internacional del trigo mostró una trayectoria a la baja en sentido opuesto a la harina de trigo.

Los precios de los alimentos mantuvieron una trayectoria inestable, las series no muestran varianza mínima en todo el periodo; hay efectos de

agrupamiento, pues los precios revelan periodos de alta y baja volatilidad. En la Gráfico 3 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), se observa en términos generales que la variación en los precios de los cereales se intensificó en el periodo 2006-2013, asimismo, los precios domésticos siguen el movimiento de los precios internacionales cuando van al alza, pero a la baja en los precios domésticos se aprecia que responden con menor rapidez a los cambios, como posible resultado de un proceso de arbitraje por parte de los oferentes del producto.

Al existir agrupamiento de volatilidad se observó que los residuales de las series de precios pueden tener un comportamiento ARCH, la estimación de los mismos mostró que estos no se distribuyen como una normal. En el Gráfico 4 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), se observa que las series de precios de los tres cereales presentaron en sus errores una distribución leptocúrtica, exceso de curtosis, indicando que existe volatilidad.

En el cuadro 9 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), se observa que a excepción del precio internacional del arroz, todas las series mostraron un sesgo positivo a un nivel de significancia estadística del 0.01. Por tanto, los datos no se distribuyen como una normal, más bien, su distribución es de tipo leptocúrtico confirmando la existencia de valores extremos en la distribución, dicho efecto es más visible en el precio del arroz nacional, el maíz internacional, el arroz internacional y la harina de trigo nacional; la prueba conjunta de sesgo y curtosis confirma lo anterior. Asimismo, destaca el comportamiento de los residuales del precio internacional el trigo, los cuales mostraron una curtosis cercana a tres con una probabilidad menor de valores extremos en los residuales.

Se concluye que los precios del mercado doméstico se comportan como en la mayoría de los mercados emergentes, en donde los datos no se distribuyen como una normal como lo mostraron (Ismail, Ihsan, Khan *et al.*, 2017) para el mercado pakistaní y (Choudhry, 1996). Sin embargo, este comportamiento también se apreció en las series de precios internacionales.

#### *2.4. Análisis de volatilidad en modelos de alta varianza*

A través de la metodología de Box-Jenkins se probó que las series de tiempo en tasas de crecimiento se pueden modelar bajo modelos de alta varianza debido a que los residuales mostraron una distribución leptocúrtica, dichos modelos son simétricos y asimétricos con la finalidad de mostrar cómo responden los precios a las buenas o malas noticias. Los modelos estimados evidencian lo siguiente:

El cuadro 10 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>) muestra que en el precio internacional del arroz, los modelos con mejor ajuste fueron el ARCH con dos rezagos, el GARCH y el EGARCH considerando un rezago; el primero indica que la varianza del precio del arroz depende de las innovaciones pasadas los cuales tienen



un impacto de 0.15. En el modelo GARCH se cumplió la condición de estabilidad en los parámetros al tener un  $a_1 + b_1 < 1$ , asimismo, se encontró que la persistencia de la volatilidad en el precio ante un choque del periodo anterior incide sobre la varianza del periodo actual en un  $b_1$  igual a 0.903. Esto implica que hay una alta persistencia de volatilidad sobre los precios del arroz. En tanto, en el modelo EGARCH las buenas noticias tienen un impacto de  $a_1 + b_1$  de 0.191 sobre la varianza, en tanto que el impacto de las malas noticias será un  $a_1 - b_1$  de -0.133, teniendo mayor influencia las buenas noticias sobre la varianza de los precios del arroz.

En el cuadro 11 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>) se observa que en el precio doméstico del arroz los modelos simétricos y asimétricos resultaron explicativos para la serie, en los primeros se cumplió la condición de estabilidad con un  $\alpha > 1$ . En el modelo ARCH el precio depende de sus innovaciones pasadas y éstas tienen un impacto de 0.685 sobre la varianza. En el modelo GARCH la persistencia de la volatilidad en el precio ante un choque de un periodo anterior va a incidir en la varianza del periodo "t" en  $b_1$  de 0.392, se observa una baja persistencia de los shocks de volatilidad.

Por otro lado, se concluye que en el modelo asimétrico EGARCH las buenas noticias tienen un impacto  $\alpha_1 + \beta_1$  es de 0.703 sobre la varianza, en tanto que las malas noticias lo hacen en -0.549 por lo que las buenas noticias influyen más sobre la varianza. De igual manera el modelo TARCH evidenció el impacto de las buenas noticias, con un  $\alpha_1$  de 0.271, en tanto que las malas noticias tienen un impacto sobre la varianza condicional de 0.311.

En resumen, el precio internacional del arroz mostró una persistencia mayor de volatilidad pero el precio nacional evidenció que las buenas noticias tienen un impacto mayor sobre la varianza que en el precio internacional.

Los precios de maíz fueron explicados únicamente a través de modelos simétricos, se cumplió la condición de estabilidad, es decir, la varianza no crece indefinidamente. En el cuadro 12 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>) se aprecia que el modelo ARCH de mejor ajuste para los precios internacionales se incluyeron dos rezagos, los choques sobre los precios tienen un impacto  $a_{1,2}$  de 0.662. Asimismo, se observa en el cuadro 13 (ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>), que para los precios domésticos, el modelo de mejor ajuste incluyó dos rezagos, pero el efecto fue un  $a_{1,2}$  de 0.577. Se concluye que la volatilidad es menor en los precios domésticos que en los precios internacionales.

En cuanto a los modelos GARCH, en los cuadros 12 y 13 se observa que en ambas series de precios se cumplió la condición de estabilidad; por un lado, los precios internacionales mostraron una  $b_1$  de 0.364, mientras que en los precios nacionales fue de 0.867; por tanto, la persistencia de los shocks de volatilidad es mayor en los precios domésticos del maíz.

A diferencia de las series de precios de arroz y maíz, la serie internacional de trigo no pudo ser modelada bajo ningún modelo de la familia ARCH, posiblemente porque aun cuando los residuales mostraron una curtosis



mayor a tres, ésta fue estadísticamente significativa al 10%, además la serie no cumplió con el principio de no negatividad.

(Cuadro 14. Modelos de alta varianza para el precio internacional de trigo, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>)

Para explicar el precio doméstico del trigo se utilizó la variable proxy harina de trigo, la variable no resultó significativa en ningún modelo, asimismo, no cumplió con el principio de no negatividad. No fue posible especificar bajo qué modelo la variable presenta mayor volatilidad por lo que en el caso del trigo y de la harina de trigo no fue posible cumplir el objetivo a través de los modelos utilizados.

(Cuadro 15. Modelos de alta varianza para el precio nacional de la harina de trigo, ver en el siguiente enlace: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.2.4>)

## Conclusiones

Los precios internacionales y nacionales de los cereales estudiados presentaron una causalidad bidireccional en el sentido de Granger, indicando que éstos mantienen una relación fuerte y positiva, principalmente en el arroz en donde el país es un importador sobresaliente del mismo. La intensa relación entre los precios internacionales con los domésticos muestra la integración entre los mercados, denotando por un lado, un buen funcionamiento de los mismos y por otro mostrando la vulnerabilidad al que está expuesto el mercado doméstico ante variaciones en los precios. Dicha fragilidad se acentúa por el volumen considerable de importaciones que abastecen la demanda interna.

Todos los precios presentaron periodos de agrupamiento de volatilidad, sin embargo, los precios domésticos de arroz y maíz muestran periodos más amplios de volatilidad, deduciendo que aun cuando los precios domésticos siguen el comportamiento de los internacionales, éstos presentan mayor incertidumbre y tardan en ajustarse al precio de mercado. Las pruebas realizadas evidenciaron que en el caso de los cereales los modelos que mejor explican la volatilidad de los cultivos fueron los simétricos en especial el modelo GARCH. Es decir, los precios responden indistintamente a las buenas o malas noticias.

La volatilidad tiene implicaciones tanto para los oferentes como para los demandantes; en los primeros una volatilidad positiva implica incentivos para promover la producción, mientras que una volatilidad negativa pone en riesgo la continuidad en la producción; en los segundos, una volatilidad de precios altos conlleva la posibilidad de favorecer la desnutrición derivado de la inseguridad alimentaria. Asimismo, la volatilidad se acentúa por las condiciones multifactoriales que confluyen en el entorno económico, la globalización y el rápido cambio en las condiciones económicas aceleran el proceso de contagio de la volatilidad entre los mercados y entre los productos. Aunado a ello, una alta dependencia de importaciones para el abasto de la demanda interna agudiza el problema de acceso a los alimentos en los deciles más bajos de la

población. Por lo que se vuelve prioritaria la revisión de la política agrícola y comercial.

La política agrícola y comercial en México ha incentivado la producción agrícola de mercancías de exportación o de alto valor, pero ha desincentivado la producción de productos de primera necesidad para las familias de bajos ingresos como son los cereales. Si bien la demanda se abastece con un porcentaje considerable de importaciones los precios bajos han contribuido a la caída en la producción, teniendo efectos en el corto y largo plazo. En el primero, los consumidores encuentran precios más atractivos en el mercado por lo que pueden tener mayor acceso monetario a ellos; sin embargo, en el largo plazo, los oferentes no encuentran incentivos para producir cultivos básicos con lo que se fragmenta el sistema alimentario doméstico y ante choques de oferta en el mercado internacional la oferta doméstica se vulnera. Además, los precios internos son sensibles a los cambios en los precios internacionales, por lo que ante incrementos en ellos, se genera volatilidad que aumenta el riesgo de inseguridad alimentaria en la población.

Asimismo, la caída en la producción agrícola en parte es consecuencia de la política agrícola implementada en México, la cual respondió en mayor medida a las necesidades de la política comercial. Al estimular la producción de mercaderías con mayor valor agregado como las frutas y hortalizas en los cuales México tiene ventajas comparativas, se motivó a agricultores con la capacidad de virar la producción cerealera por productos de mayor valor o bien a productores con una mayor capacidad tecnológica que hicieran frente a las necesidades del mercado.

Bajo esta dinámica, la política comercial ha sido eficiente y ha respondido a las condiciones de la agricultura de exportación. Es decir, en términos de las teorías básicas de comercio, México se ha vuelto competitivo en la producción de frutas y hortalizas aprovechando las ventajas de las cuales dispone, como: mano de obra y condiciones ambientales. Productos con los cuales la política comercial ha dado resultados sobresalientes. Por otro lado, la balanza comercial agropecuaria se ve comprometida derivado del encarecimiento en la factura de importación de cereales, con lo cual aumenta el desequilibrio de la misma.

El problema radica en mayor medida en la política agrícola, ya que aun cuando se crearon programas que tenían como objetivo suavizar el impacto de la apertura comercial en el sector de los cereales y leguminosas, estos no han dado resultados favorables para los pequeños productores. El caso de las transferencias de apoyo a la producción generaron beneficios para los productores de tipo empresarial como los agricultores de maíz en el estado de Sinaloa, en donde por las extensiones de superficie fue benéfico el apoyo otorgado. Pero el impacto ha sido marginal en los pequeños productores dispersos en el territorio. De la misma manera, las políticas implementadas para contener el incremento en el precio nacional del maíz en el año 2007 influyeron negativamente en el comportamiento del precio y en la seguridad alimentaria, ya que de los tres cereales fue en el que el efecto de los choques sobre los precios fue mayor

y la persistencia de la volatilidad fue mayor en el precio doméstico que en el internacional.

Es indispensable generar políticas públicas de corto y largo plazo que permitan responder a las demandas del entorno global, promoviendo el desarrollo de la producción agrícola en los distintos tipos de productores, insertándolos al mercado ya sea a través de agricultura de exportación o bien mediante la creación de circuitos cortos que permitan por un lado pagar mejores precios al productor sin la existencia de intermediarios y a los consumidores obtener alimentos más baratos.

Garantizar el acceso a los alimentos es una tarea fundamental para las economías del mundo, por tanto, es necesario reforzar la política pública para mitigar los efectos adversos de la volatilidad y dar estabilidad a los agentes económicos y al sistema alimentario en su conjunto.

## Referencias

- Ahmadi, Maryam, Niaz Bashiri y Matteo Manera. 2016. How is volatility in commodity markets linked to oil price shocks?. *Energy Economics*, 59: 11–23
- Baharumshah, Ahmad, Abdalla Sirag y Siew-Voon Soon. 2017. Asymmetric exchange rate pass-through in an emerging market economy: The case of Mexico. *Research in International Business and Finance*, 41: 247-259.
- Balcombe, Kelvin. 2010. *The Nature and Determinants of Volatility in Agricultural Prices. An Empirical Study from 1962-2008*. Munich: Munich Personal RePEc Archive.
- Bodart, Vincent, Bertrand Candelon y Jean-Francois Carpentier. 2015. Real exchanges rates, commodity prices and structural factors in developing countries. *Journal of International Money and Finance*, 51: 264-284.
- Bollerslev, Tim. 1986. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31: 307-327.
- Bureau, Jean y Johan Swinnen. 2018. EU policies and global food security. *Global food security*, 16: 106-115.
- Casas, Marta y Edilberto Cepeda. 2008. Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financieras. *Cuadernos de economía*, 27: 287-319.
- CEPAL. 2008. Alza de precios de alimentos aumentaría la pobreza e indigencia en más de diez millones de personas en América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/prensa/noticias/comunicados/3/32773/P32773.xml&xsl=/prensa/tpl/p6f.xsl&base=/prensa/tpl/top-bottom.xsl> (3 de julio 2018)
- Choudhry, Taufiq. 1996. Stock market volatility and the crash of 1987: evidence from six emerging markets. *Journal of International Money and Finance*, 15: 969-981.
- Clarete, Ramon. 2012. *Enhancing ASEAN's Resiliency to Extreme Rice Price Volatility*. Mandaluyong City: Asian Development Bank.
- CONEVAL. 2010. *Dimensiones de la seguridad alimentaria: evaluación estratégica de nutrición y abasto*. Ciudad de México: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.

- \_\_\_\_\_. 2018. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. *Estadísticas*. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Evolucion-de-las-dimensiones-de-pobreza.aspx> (junio 2018).
- Dávila-Pérez, Javier, José Antonio Núñez-Mora y Antonio Ruiz-Porras. 2007. *Volatilidad del precio de la mezcla mexicana de exportación*. Munich: Munich Personal RePEc Archive.
- Engle, Robert. 1982. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50(4), 987-1007.
- FAO. 2010. *La volatilidad de precios en los mercados agrícolas*. Informe de Política 12(9): 2.
- \_\_\_\_\_. 2011. *The state of the food insecurity in the world 2011*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- \_\_\_\_\_. 2018. Food and Agricultural Organization. *Estadísticas*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/PP> (junio-agosto del 2018).
- \_\_\_\_\_. 2019. Food and Agricultural Organization. *Estadísticas*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (21 de enero del 2019).
- Friedman, Milton. 1980. *Teoría de precios*. Madrid: Alianza Editorial Universitaria.
- Galán, Javier. 2016. Los precios a través de la economía de la información. Una aplicación entre el peso mexicano y el dólar estadounidense, 2014-2016, *Economía Informa*, 401: 4-17.
- Galán, Javier y Fátima Villalba. 2018. Análisis del riesgo país mediante modelos de heteroscedasticidad condicional. En *Administración de riesgos Volumen VII. Mercados, modelos y estrategias financieras*, compilado por Martínez, Marissa, Carlos Zubieta, Roberto Santillán, Huberto Valencia. Ciudad de México: UAM-Azcapotzalco, 179-207.
- Garza, Beatriz y María Elena Ramos. 2017. Cambios en los patrones de gasto en alimentos y bebidas de hogares mexicanos (1984-2014). *Salud pública de México*, 59: 612-620.
- Glosten, Lawrence, Ravi Jagannathan y David Runkle. 1993. On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The journal of finance*, 48(5): 1779-1801.
- Gómez, Ana, Verónica García y Margarita Montes. 2005. La alimentación en México: enfoques y visión a futuro. *Estudios Sociales: Revista de investigación científica*, 13(25):7-34.
- Granger, Clive. 1969. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Granger, Clive. 1980. Testing for causality: a personal viewpoint. *Journal of Economic Dynamics and control*, 2: 329-352.
- ENIGH - INEGI. 2016. Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares. *Estadísticas*. <http://www.beta.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2016/> (septiembre 2018).
- INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Estadísticas*. <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/inpc/> (junio-noviembre de 2018).
- INVESTING. 2018. *Estadísticas*. <https://mx.investing.com/commodities/grains> (agosto-octubre de 2018).

- Ismail, Andleeb, Hajra Ihsan, Saud Khan, Munazza Jabeen. 2017. Price Volatility of Food and Agricultural Commodities: A Case Study of Pakistan. *Journal of Economic Cooperation & Development*, 38(3): 77-120.
- Lamothe, Prosper y Miguel Pérez. 2006. *Opciones financieras y productos estructurados*. Madrid: McGraw-Hill.
- López, Brenda y Franziska Schulz. 2016. Volatility linkages between energy and agricultural commodity prices. *Energy Economics*, 54: 190-203.
- Minot, Nicholas. 2014. Food price volatility in sub-Saharan Africa: Has it really increased?. *Food Policy*, 45: 45-56.
- Bueno, Antonio. 1983. Modelos de determinación de precios agrícolas. *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, 11: 45-104.
- Naylor, Rosamond y Walter Falcon. 2010. Food security in an era of economic volatility. *Population and development review*, 36(4): 693-723.
- Nelson, Daniel. 1991. Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Ortega, Alejandro, Marilú León y Benito Ramírez. 2010. Agricultura y crisis en México: treinta años de políticas económicas neoliberales. *Ra Ximhai*, 6(3): 1-16.
- Ortiz Gómez, Ana Silvia, Verónica Vázquez García y Margarita Montes Estrada. 2005. La alimentación en México enfoques y visión de futuro. *Estudios Sociales: Revista de Investigación Científica*, 13(25): 7-34.
- Pérez, Fredy. 2006. Modelación de la volatilidad y pronóstico del precio del café. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9): 45-58.
- Severová, Lucie, Lenka Kopecká, Roman Svoboda, Josef Brčák. 2011. Oligopoly competition in the market with food products. *Agricultural Economics*, 57(12): 580-588.
- Soukup, Alexander, Josef Brčák y Roman Svoboda. 2014. Monopolistic Competition in the International Trade of Agricultural Products. *Agris On-Line Papers in Economics and Informatics*, VI(1): 87-97.
- Vilariño Sanz, Ángel. 2001. *Turbulencias financieras y riesgos de mercado*. Madrid: Financial Times / Prentice Hall.
- Zakoian, Jean-Michael. 1994. Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and control*, 18(5): 931-955.