

**MODELO DE VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA
MULTIVARIANTE PARA MEDIR LA DINÁMICA DEL
PROGRAMA ASERCA**

Área de investigación: Finanzas

Alma Nelly Montiel Guzmán
Instituto Politécnico Nacional
México
almamontiel@yahoo.com.mx

Francisco Ortiz Arango
Universidad Panamericana
México
fortizar@up.edu.mx

XVIII
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA



Octubre 2, 3 y 4 de 2013 ♦ Ciudad Universitaria ♦ México, D.F.



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

MODELO DE VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA MULTIVARIANTE PARA MEDIR LA DINÁMICA DEL PROGRAMA ASERCA

Resumen

El programa de coberturas “Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria” (ASERCA) ha sido utilizado por los productores mexicanos de maíz (fundamentalmente para maíz blanco), para la adquisición de instrumentos bursátiles del “*Chicago Board of Trade*” (CBOT), que tienen como producto subyacente el maíz amarillo #2. En un entorno de alta volatilidad en los precios del maíz, los correspondientes al CBOT deberían ajustarse con los precios *spot* domésticos para incentivar a los productores mexicanos a participar en el programa, por lo que un modelo de volatilidad estocástica multivariante que capture la dinámica de la volatilidad de ambos precios, ayudará a conocer la magnitud y fuente de interdependencia entre los mercados.

Palabras clave. Precios de maíz, ASERCA, volatilidad estocástica multivariante



MODELO DE VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA MULTIVARIANTE PARA MEDIR LA DINÁMICA DEL PROGRAMA ASERCA

1. Introducción

La naturaleza cíclica de la agricultura, su dependencia financiera y el comportamiento del clima propician que la producción de granos se desarrolle en un ambiente de incertidumbre, que se ve reflejado en la tendencia de los precios de los granos y en los ingresos de los productores.

En un contexto de apertura comercial en México en la década de los años 90, los productores de maíz mexicanos vieron afectados sus ingresos por la saturación del mercado en épocas de cosecha. Una economía protegida, un régimen de precios establecidos por el Estado y subsidios importantes a la producción los alejaron del contexto internacional (Ochoa, 2011a).

Para aminorar estos efectos negativos, en 1991 fue creado el programa “Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria” (ASERCA), teniendo como una de sus funciones proteger los ingresos de los productores de movimientos adversos en los precios a través de coberturas con instrumentos de mercados de futuros. Fue hasta 1996 que la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) dejó de regular los precios del maíz que el programa ha sido utilizado por los productores, en la mayoría maíz blanco, para la adquisición de instrumentos bursátiles en el Chicago Board of Trade (CBOT), que tienen como subyacente el maíz amarillo calidad US#2.

Sin embargo, los contratos de futuros pueden reflejar necesidades completamente diferentes entre países, que son el resultado de numerosos factores tales como: diferencias en grado y calidad del producto, el costo de transporte y las características locales de oferta y demanda. Por lo que, conocer la integración que existe en el mercado *spot* en México y el mercado de futuros de Chicago posibilita inferir si la cobertura de precios que ofrece el programa ASERCA es eficiente en la administración de riesgos de los productores de maíz blanco mexicanos, específicamente en el periodo de 2007 a 2012.

Una forma de conocer las interrelaciones entre el precio *spot* de maíz blanco en el mercado mexicano y el de mercado de futuros de Chicago es estudiar la transmisión de volatilidades entre ellos. En este sentido, Ledebur (2009) y Hernández, Ibarra y Trupkin (2011) concluyen que la estimación de un modelo de transmisión de volatilidad multivariante en el precio permite conocer la magnitud y fuente de la interdependencia entre mercados y, cómo un choque o una innovación en un mercado afectan la volatilidad en otros mercados. Particularmente, un modelo de volatilidad estocástica multivariante es útil, pues permite calcular las volatilidades de los activos componentes del sistema analizado y las correlaciones que existan entre ellos (Ruiz y Veiga, 2008).

Mediante la presente investigación, se pretende contribuir al campo de las finanzas, a través del estudio de la interrelación entre un mercado financiero y un *spot*.



El trabajo se conforma de la siguiente manera: Inicialmente se revisa la literatura existente en el tema, posteriormente, se resume cómo ha operado la cobertura de precios mediante el programa ASERCA, después se describen los modelos de volatilidad estocástica multivariante, en la sección siguiente se expone la selección y construcción de variables, posteriormente se exponen los resultados de la aplicación de las especificaciones MGARCH *Constant Conditional Correlation* y *Dynamic Conditional Correlation* para conocer la transmisión de volatilidad entre los precios *spot* y futuro. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

1. Revisión de literatura

Una forma de conocer las interrelaciones entre diferentes mercados es estudiar la transmisión de volatilidades entre ellos. Particularmente, se espera conocer si existe integración de precios de maíz entre el mercado *spot* en México y el mercado de futuros de Chicago mediante el estudio de las volatilidades de precios.

Los modelos GARCH multivariados permiten conocer este tipo de relaciones, autores que proponen este tipo de modelización son: Bollerslev (1990), Longin y Solnik (1995), Karoyi y Stulz (1996) Engle (2002), Harvey, Ruiz y Shepard (1994), entre otros. Una revisión muy completa a la literatura sobre este tipo de modelos la ofrecen Bawens, Laurent y Romboust (2006) desde el punto de vista de la econometría, lo mismo hacen Asai, McAleer y Yu (2006) para los modelos estocásticos.

Respecto a la integración entre los mercados *spot* y futuro algunos estudios que ofrecen evidencia mediante modelos M GARCH puede encontrarse en Ledebur (2009), Shawky, Marathe y Barrett (2003), Hernández, Ibarra y Trupkin (2011), Bekiros y Diks (2008).

El estudio de la relación precios *spot* y futuros de maíz blanco y amarillo, respectivamente, ha sido poco profundizado, un primer avance mediante la estimación de Vectores Autorregresivos la ofrece Godínez (2006), con un modelo GARCH multivariado lo hace Rapsomanikis (2011).

2. El programa de coberturas de precios “Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria”

La cobertura de precios de productos agropecuarios en ASERCA tiene dos objetivos centrales (Ochoa, 2011b):

- a) Mediante coberturas de precios operadas con instrumentos del mercado de futuros, proteger el ingreso esperado de los productores, comercializadores y consumidores agropecuarios, disminuyendo el riesgo frente a fluctuaciones adversas en los precios internacionales de sus productos, y,
- b) Difundir una cultura financiera y bursátil entre agentes económicos vinculados al campo mexicano.

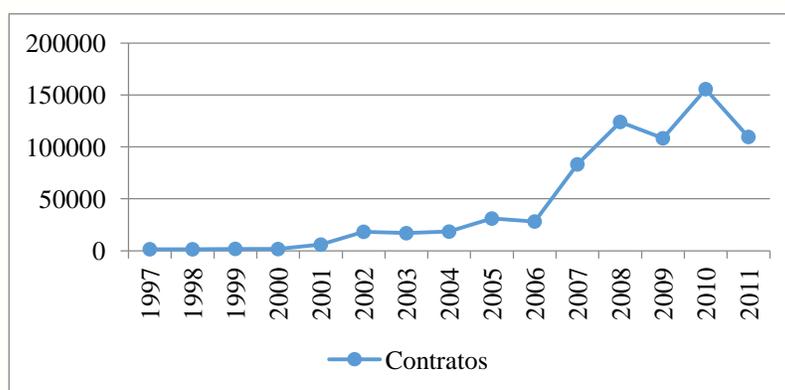


Los productos sujetos a cobertura de precio por el programa son: maíz, trigo, arroz, sorgo, algodón, avena, jugo de naranja, caña de azúcar, cacao, cebada, oleaginosas y sus derivados, ganado bovino, ganado porcino y leche. De acuerdo al producto es posible tomar la cobertura con otro producto que sea representativo del movimiento de precios (ASERCA, 2012).

Las coberturas que opera ASERCA involucran una posición en el mercado de futuros opuesta a la que tiene el participante en el mercado spot doméstico, entonces, cualquier pérdida en el mercado *spot* es compensada con la cobertura en el mercado de futuros y la adquisición de coberturas de precios agropecuarios tiene un carácter nacional, y su operación está en función de lo que se establece en las Reglas de Operación que cada año publica la Sagarpa en el Diario Oficial (Ochoa, 2011b).

A partir de 1997, las coberturas en el precio de maíz se hicieron a través de posiciones de opciones put y call. Durante el periodo 1997-2011 se han cubierto 705, 672 contratos, lo que indica que este tipo de herramienta ha tenido un importante impulso gubernamental y respuesta por parte de los productores (Ochoa, 2011b).

Gráfica 1 Contratos de coberturas colocadas de 1997 a 2011



Fuente: Elaboración propia con base en: Ochoa (2011).

Por otra parte, el 24 de octubre de 2012, a través del MexDer la Sagarpa presentó el primer contrato de futuros de maíz amarillo en México, señaló como beneficiarios a los productores, comercializadores, industriales e inversionistas financieros del sector agropecuario (Sagarpa, 2012).

ASERCA (2012) indicó que México se encuentra lejos de tener una bolsa agropecuaria, ya que no existen precios conocidos, mecanismos de regulación, arbitraje, resolución de conflictos y certificados de calidad de físicos. Un primer avance, es listar contratos de futuros de maíz del CME Group, fungiendo Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) como agente financiero del gobierno para desempeñar las funciones de ASERCA. Con la participación de los intermediarios bancarios y no bancarios que operan con FIRA, se subsidiará la compra de coberturas con recursos de la Sagarpa.

Sin embargo, de acuerdo con el estudio realizado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2012, los precios nacionales de maíz no son competitivos, debido a que el maíz blanco producido en el país es aproximadamente 35% más caro que el maíz amarillo; adicionalmente, la política agrícola que aplica Estados Unidos (principal país productor de maíz) se caracteriza por mantener altos subsidios a sus productores y bajos precios de exportación.

Adicionalmente, existe evidencia de que en otros países las bolsas de físicos se han transformado en bolsas de futuros, por lo que la creación de la primera es requisito para que exista un mercado de futuros agropecuarios en México, además de que los requisitos para su implementación son similares. En (CEDDRSSA, 2007) se listan como bolsas de físicos en América Latina de reciente creación: Nicaragua, Honduras, Colombia, Brasil y Argentina. En el caso de Brasil y Argentina también son bolsas de futuros, además de que en este último país existen dos bolsas de futuros.

Ante la dificultad de contar con una bolsa de futuros agropecuarios en México, resulta de interés conocer la relación entre el precio futuro de maíz amarillo calidad US#2 comercializado en el CME Group con los precios *spot* de maíz blanco mexicano, ya que este producto es el que ha tenido mayor subsidio de ASERCA y el maíz amarillo empleado para la cobertura es de menor calidad y precio. En la siguiente sección se presentan las especificaciones del modelo de volatilidad estocástica multivariante.

3. Volatilidad Estocástica Multivariante

Los modelos GARCH permiten modelar la varianza a partir de la dependencia de sus propios rezagos (Tsay, 2005); en el caso multivariado (MGARCH) es posible estimar las interacciones entre las volatilidades (varianza-covarianza) de diferentes series en todas las direcciones (Soriano, 2004).

El modelo general es descrito en Bawens, Laurent y Romboust (2006), como se muestra a continuación:

Considerando un vector con procesos estocásticos $\{y_t\}$ de dimensiones $N \times 1$. La información pasada es generada por los valores pasados de dicho vector y se denota por I_{t-1} hasta el periodo $t-1$; y se denota a θ como un vector finito de parámetros:

$$y_t = \mu_t(\theta) + \varepsilon_t$$

Donde $\mu_t(\theta)$ es el vector de media condicional, y:

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2}(\theta)z_t$$

Donde $H_t^{1/2}(\theta)$ es una matriz definida positiva de orden $N \times N$. El vector z_t se asume como aleatorio de orden $N \times 1$ y tiene como primeros dos momentos:



$$E(z_t) = 0$$

$$\text{Var}(z_t) = I_N$$

I_N es la matriz identidad de orden N . Quitando de la notación al término θ para explicar a $H_t^{1/2}$. Se calcula la matriz de varianza condicional de y_t :

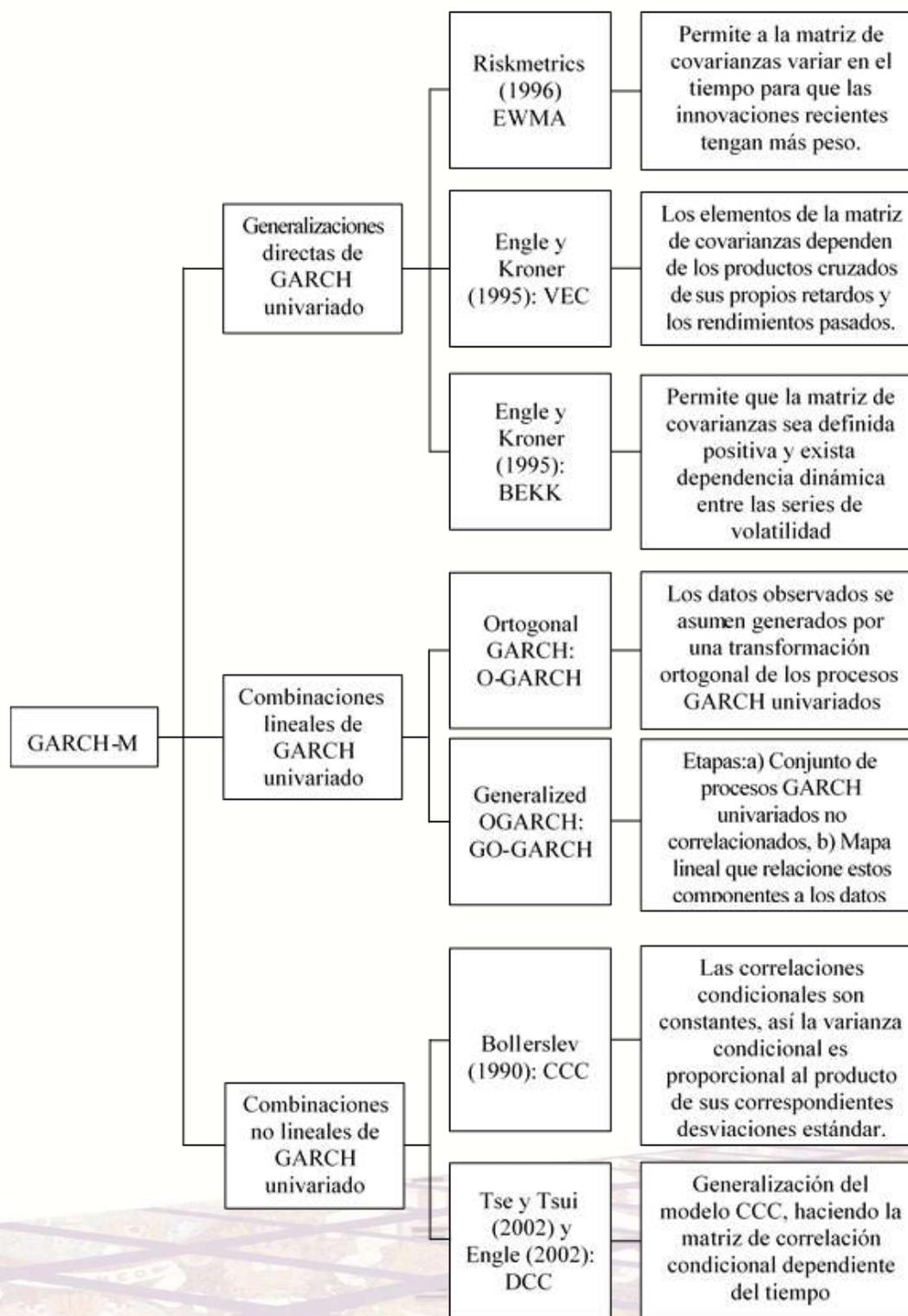
$$\begin{aligned} \text{Var}(y_t|I_{t-1}) &= \text{Var}_{t-1}(y_t) = \text{Var}_{t-1}(\varepsilon_t) \\ &= H_t^{1/2} \text{Var}_{t-1}(z_t) (H_t^{1/2})' \\ &= H_t \end{aligned}$$

$H_t^{1/2}$ es cualquier $N \times N$ matriz definida positiva, H_t es la matriz de varianza condicional, $H_t^{1/2}$ puede ser obtenida mediante la factorización de Cholesky. Los parámetros H_t y μ_t dependen del vector desconocido θ .

Existen diferentes representaciones de los modelos MGARCH que se estiman por el método de máxima verosimilitud, las más importantes se muestran en el cuadro 1 a continuación:



Cuadro 1. Clasificación de los principales modelos MGARCH



Fuente: Elaboración propia con base en: Bauwens, Laurent y Rombouts (2006) y Tsay (2005).

Las variaciones de los modelos MGARCH *Constant Correlation Model* y *Dynamic Correlation Model* se han vuelto populares debido a que imponen restricciones que son simples de modelar. A continuación se describen con base en Bawens, Laurent y Romboust (2006):

Constant Correlation Model (CCC)

En esta especificación de los modelos MGARCH las correlaciones condicionales son constantes y en consecuencia, las covarianzas son proporcionales al producto de las desviaciones estándar condicionales correspondientes. Esta restricción reduce el número de parámetros desconocidos y simplifica la estimación. El modelo CCC se define como:

$$H_t = D_t R D_t = \left(\rho_{ij} \sqrt{h_{iit} h_{jjt}} \right)$$

Donde:

$$D_t = \text{diag}(h_{11t}^{1/2} \dots h_{NNt}^{1/2})$$

$h_{11t}^{1/2}$ es cualquier modelo GARCH univariante. Y $R = (\rho_{ij})$ es una matriz simétrica definida positiva con $\rho_{ii} = 1, \forall i$

R es la matriz que contiene las correlaciones condicionales constantes ρ_{ij} . El modelo original tenía un GARCH (1,1) como especificación para cada varianza condicional en D_t :

$$h_{iit} = \omega_i + \alpha_i \varepsilon_{i,t-1}^2 + \beta_i h_{i,t-1} \quad i = 1, \dots, N$$

H_t es definida positiva si y solo si, las varianzas condicionales son positivas y R también es definido positivo. El supuesto de que las correlaciones condicionales son constantes puede parecer no realista, aun así este modelo ayuda a conocer el grado de interdependencia entre mercados.

Dynamic Correlation Model (DCC)

Este modelo es una generalización del anterior, permite a la matriz de correlación condicional variar en el tiempo, la cual debe ser definida positiva a través del tiempo. Las especificaciones originales del modelo son:

$$H_t = D_t R_t D_t$$

D es nuevamente:

$$D_t = \text{diag}(h_{11t}^{1/2} \dots h_{NNt}^{1/2})$$

Y h_{iit} puede ser definido como cualquier modelo GARCH univariante.



$$R_t = (1 - \theta_1 - \theta_2)R + \theta_1\psi_{t-1} + \theta_2R_{t-1}$$

θ_1 y θ_2 son parámetros no negativos que satisface $\theta_1 + \theta_2 < 1$, R es una matriz simétrica de parámetros definida positiva con $\rho_{ii} = 1$ y ψ_{t-1} es una matriz de correlaciones de orden $N \times N$ de ε_τ , para $\tau = t - M, t - M + 1, \dots, t - 1$. Sus elementos i, j -ésimo están dados por:

$$\psi_{ij,t-1} = \frac{\sum_{m=1}^M u_{i,t-m} u_{j,t-m}}{\left(\sum_{m=1}^M u_{i,t-m}^2\right) \left(\sum_{m=1}^M u_{j,t-m}^2\right)}$$

Donde,

$$u_{it} = \varepsilon_{it} / \sqrt{h_{iit}}$$

y la matriz ψ_{t-1} , es posible definirla como:

$$\psi_{t-1} = B_{t-1}^{-1} L_{t-1} L'_{t-1} B_{t-1}^{-1}$$

Y B_{t-1} es una matriz diagonal de orden $N \times N$ como i ésimos elementos diagonales dados por: $(\sum_{h=1}^M u_{i,t-h}^2)^{1/2}$

Por su parte, $L_{t-1} = (u_{t-1}, \dots, u_{t-M})$ es una matriz $N \times M$ que contiene a $u_t = (u_{1t} u_{2t} \dots u_{Nt})'$. Una condición necesaria para garantizar que ψ_{t-1} y R_t sean positivos es que $M \geq N$.

4. Selección y construcción de variables

A partir del segundo semestre del 2006, los precios mundiales de los principales alimentos comenzaron a incrementarse. Para el primer semestre de 2008 se registraron los niveles más altos de los últimos 30 años, a pesar de que al siguiente año disminuyeron, los precios en la actualidad son superiores a los niveles observados antes de 2006 (Dirección de Comercio y Mercado de la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación, 2009).

Con el objetivo de no encontrar cambios estructurales que afecten a los resultados de las estimaciones el periodo de análisis comprende desde la primera semana de 2007 hasta la última de 2012, por lo que se cuentan con 313 observaciones.

Los precios de los contratos de futuros del maíz amarillo #2 del CBOT se obtuvieron en el Sistema Nacional de Información de Mercados (SNIIM) de la Secretaría de Economía (SE); se usa el futuro con vencimiento a marzo, fundamentado lo anterior, en las "Bases teóricas de maíz" del MexDer y la unidad de medida es dólar por kilogramo.



De la misma manera, para obtener los precios spot de México, en el SNIIM se seleccionaron los cuatro principales estados productores de maíz¹ de acuerdo con ASERCA (2013), se verificó que durante el periodo de análisis ASERCA brindará apoyos directos a coberturas de precios para maíz en los estados de Jalisco, México, Michoacán y Chihuahua. Los precios del SNIIM se obtuvieron de las principales centrales de abasto de cada estado, por lo que se encuentran al mayoreo en pesos corrientes por kilogramo comercializado en bulto de 50 kg., y son los más frecuentes, estadísticamente (la moda).

Para realizar las estimaciones del modelo econométrico se empleó el programa estadístico Stata versión 12.

5. Transmisión de la volatilidad de los precios de maíz futuro y spot

Con el objetivo de estudiar series financieras es requisito que sean estacionarias, es decir que tengan reversión a la media. Es posible comprobar la presencia de estacionariedad a través la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentada, que sustenta las siguientes hipótesis:

H_0 : Raíz unitaria

H_1 : No hay raíz unitaria

Al realizar la prueba de raíz unitaria a nivel en todas las series se encontró que no existe evidencia estadística suficiente para no rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria, es decir, la serie no es estacionaria, ya que no se puede aplicar la teoría de series de tiempo a series no estacionarias, fue necesario aplicar la prueba sobre primeras diferencias, obteniendo que todas las series eran estacionarias.

Cuadro 2. Prueba Dickey-Fuller Aumentada

Variable (Precio)	Estadístico t	Valores críticos		
		1%	5%	10%
Jalisco	-1.406	-3.455	-2.878	-2.570
México	-0.269	-3.455	-2.878	-2.570
Michoacán	-2.612	-3.455	-2.878	-2.570
Chihuahua	-1.138	-3.455	-2.878	-2.570
Futuro	-1.644	-3.455	-2.878	-2.570
Δ Jalisco	-27.142	-3.455	-2.878	-2.570
Δ México	-17.695	-3.455	-2.878	-2.570
Δ Michoacán	-20.216	-3.455	-2.878	-2.570
Δ Chihuahua	-20.486	-3.455	-2.878	-2.570
Δ Futuro	-16.662	-3.455	-2.878	-2.570

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

Posteriormente, fue necesario verificar que las series estuvieran cointegradas para asegurar una relación de largo plazo entre ellas. Es posible inferir que si todas las series son

¹ Otros estados como Guanajuato y Guerrero que también mantienen una alta producción de maíz y son beneficiarios del programa se excluyeron de la muestra por no contar con precios en el SNIIM.



estacionarias de orden $I(1)$, su orden de cointegración es $I(0)$. La prueba de Engle-Granger consiste en realizar una prueba Dickey-Fuller Aumentada sobre los residuos estimados a partir de la regresión de las variables estacionarias, se confirma que las variables están cointegradas.

Cuadro 3. Prueba de cointegración Engle-Granger

Variable	Estadístico t	Valores críticos		
		1%	5%	10%
Residuo	-4.861	-3.456	-2.878	-2.570

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

Analizando los correlogramas de cada serie, se identificaron los procesos AR y MA, ninguna serie presentó estacionalidad, por lo que las estimaciones del Modelo Autorregresivo de Media Móvil (ARMA) para cada variable en primera diferencia es:

- Jalisco (1,1)
- Estado de México (1,0)
- Michoacán (5,2)
- Chihuahua (1,0)
- Futuro (2,0)

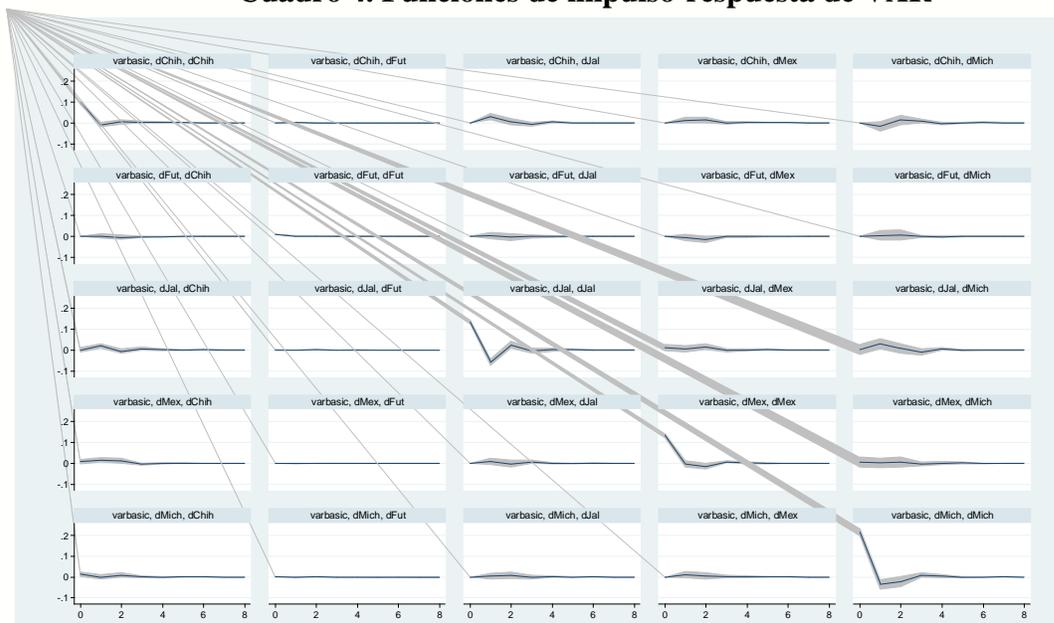
Los estadísticos t, para las cinco series muestran con un nivel de confianza del 95% que los componentes autorregresivos, de medias móviles y estacionales son significativamente diferentes de cero y las raíces características son invertibles. Los correlogramas y el estadístico Durbin-Watson², por su parte indican que los coeficientes no están correlacionados entre sí, por lo que son estables.

Si existe simultaneidad entre las variables objeto de estudio, entonces es posible especificar un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR). El número óptimo de rezagos de acuerdo a los criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn puede ser 1,2 o 3. En este caso, utilizando los rezagos 1 y 2, se observa a un nivel de 95% de significancia que ante un *shock* los precios del mercado de futuros tienen poca influencia sobre los precios *spot* nacionales. Se comprobó que los valores propios caen dentro del círculo unitario y por lo tanto, el modelo es estacionario.

² Si el estadístico es $d = (1 - \hat{\rho})$, entonces se busca que su valor sea cercano a dos, para afirmar que el coeficiente de correlación es cercano a cero.



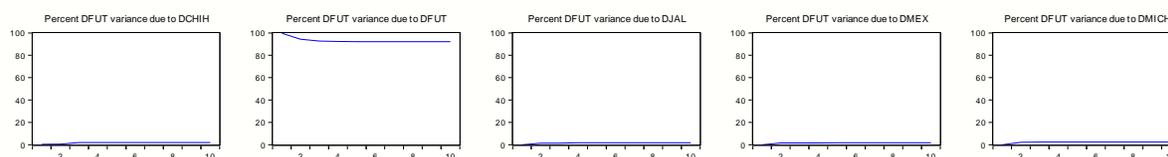
Cuadro 4. Funciones de impulso-respuesta de VAR



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

Del cuadro anterior, es posible concluir que un *shock* originado en el CBOT no afecta a los precios *spot* domésticos, por lo que no existe interrelación entre la variable futuro de maíz amarillo con los precios de maíz blanco nacionales. Las innovaciones provenientes del CBOT tampoco muestran persistencia, el proceso de ajuste es muy rápido.

Cuadro 5. Descomposición de varianza



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

Particularmente, para la relación de precios futuros y *spot*, la descomposición de varianza indica que las innovaciones provenientes del CBOT no afectan a las variables nacionales.

Posteriormente, fue necesario comprobar la presencia de efectos ARCH sobre las series, por lo que se aplicó el contraste de heterocedasticidad LM-ARCH a los residuos de las estimaciones ARMA, el cual tiene como hipótesis:

$$H_0: \text{No existen efectos ARCH}$$

$$H_1: \text{Existen perturbaciones ARCH}$$

Se obtuvo que las series Estado de México, Michoacán, Chihuahua y Futuro presentan efectos ARCH, tal como se muestra en el siguiente cuadro:



Cuadro 5. LM-test para heterocedasticidad condicional autorregresiva

Rezago	Prob > χ^2				
	Jalisco	México	Michoacán	Chihuahua	Futuro
1	0.5942	0.0000	0.1123	0.3281	0.1123
2	0.7704	0.0000	0.0461	0.0000	0.0461
3	0.8961	0.0000	0.0878	0.0000	0.0878
4	0.9586	0.0000	0.0125	0.0000	0.0125
5	0.9849	0.0000	0.0244	0.0000	0.0244
6	0.9937	0.0000	0.0361	0.0000	0.0361
7	0.9974	0.0000	0.0609	0.0000	0.0609
8	0.9990	0.0000	0.0293	0.0000	0.0293
9	0.9997	0.0000	0.0407	0.0000	0.0407
10	0.9999	0.0000	0.0398	0.0000	0.0398
11	0.9999	0.0000	0.0618	0.0000	0.0618
12	1.0000	0.0000	0.0819	0.0000	0.0819
13	1.0000	0.0000	0.1034	0.0000	0.1034
14	1.0000	0.0000	0.1443	0.0000	0.1443
15	1.0000	0.0000	0.0852	0.0025	0.0852

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

A partir de las estimaciones realizadas de los modelos ARCH y GARCH para las series de Estado de México, Michoacán, Chihuahua y Futuro se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 6. Resultados de los modelos ARCH y GARCH

México	Coefficiente	P value
AR	-1.9505	0.015
ARCH	0.3265	0.000
GARCH	0.2448	0.054

Chihuahua	Coefficiente	P value
AR	-0.4808	0.000
ARCH	1.3314	0.000

Michoacán	Coefficiente	P value
AR	-0.5804	0.000
ARCH	1.9581	0.000
GARCH	0.2625	0.026

Futuro	Coefficiente	P value
ARCH	0.0886	0.001
GARCH	0.8632	0.000

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

De los coeficientes obtenidos, es posible resaltar que en Michoacán y Chihuahua existe persistencia de volatilidad ante un *shock* de volatilidad.

El nivel de interdependencia entre los precios se captura mediante el modelo CCC, el cual muestra que no existen correlaciones entre el precio de maíz amarillo futuro y los precios de maíz blanco de los estados de Michoacán y México. Esta relación sólo es válida para Chihuahua, sin embargo, la correlación aunque es estadísticamente significativa es negativa, es decir, por cada variación positiva en el precio de maíz amarillo futuro el precio *spot* de Chihuahua registra una variación negativa de -0.1130.



Cuadro 7. Resultados del modelo MGARCH *Constant Conditional Correlation*

Variable	Coefficiente	z	P>z
ARCH Futuro	0.0001	12.49	0.0000
ARCH Michoacán	0.0498	12.49	0.0000
ARCH México	0.0188	12.49	0.0000
ARCH Chihuahua	0.0118	12.49	0.0000
Correlación Futuro	Coefficiente	z	P>z
Michoacán	0.0701	1.25	0.2130
México	0.00179	0.03	0.9750
Chihuahua	-0.1131	-2.02	0.0430

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

Como se mencionó en la sección anterior, el modelo DCC es una generalización del modelo CCC y permite a las correlaciones condicionales variar en el tiempo. Los parámetros λ_1 y λ_2 son parámetros de noticias y decadencia, por lo que muestran el efecto de las innovaciones en las correlaciones condicionales conforme varía el tiempo y su persistencia en el mercado. El parámetro de noticias es pequeño (0.0054), mientras que el parámetro de decadencia muestra que existe persistencia en la transmisión de volatilidad y tiene una decadencia lenta (0.9830).

Cuadro 8. Resultados del modelo MGARCH *Dynamic Conditional Correlation*

Variable	Coefficiente	Z	P>z
ARCH Futuro	0.0001	12.38	0.0000
ARCH Michoacán	0.0539	11.96	0.0000
ARCH México	0.0192	12.29	0.0000
ARCH Chihuahua	0.0121	12.69	0.0000
λ_1	0.0053	1.83	0.0680
λ_2	0.9829	298.85	0.0000

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del SNIIM

6. Conclusiones y discusión de resultados

En esta investigación se examina la dinámica de la volatilidad entre el precio empleado como cobertura por los productores de maíz blanco mexicanos y el realmente registrado en el país. Es así, que se analizan cuatro precios *spot* de maíz blanco provenientes de los estados de Jalisco, México, Michoacán y Chihuahua, y un precio originario del CBOT el cual es para maíz amarillo calidad US #2.

Las conclusiones a las que llega el trabajo son las mismas que en el estudio de Godínez, su trabajo se centra en verificar la relación de precios mediante un modelo de Vectores Autorregresivos, aunque abarca a más estados del país.



En una primera etapa, se pudo apreciar mediante la estimación de Vectores Autorregresivos que un *shock* originado en el CBOT no afecta a los precios *spot* domésticos, por lo que no existe interrelación entre la variable futuro de maíz amarillo con los precios de maíz blanco nacionales. Las innovaciones provenientes del CBOT tampoco muestran persistencia, el proceso de ajuste es muy rápido.

Cuando se estudió el grado de interdependencia entre los mercados mediante el análisis de volatilidad estocástica multivariante, los resultados de las estimaciones mostraron que el precio de mercado de futuros agrícolas no se encuentra relacionado con los precios registrados en los estados de México y Michoacán, con el único estado que muestra una pequeña correlación negativa es Chihuahua.

Si los precios del mercado de futuros no guían a los precios nacionales, la cobertura mediante el esquema de ASERCA no es la adecuada, por lo que una investigación futura podría analizar en primer lugar, el motivo por el cual el programa ha aumentado de forma considerable el número de contratos cubiertos, ya que la cobertura de precios opera en paralelo con otros programas ofrecidos por ASERCA; y por otra parte, si la cobertura de precios presenta una desventaja al no proveer de manera correcta los precios e investigar el motivo por el cual los productores de maíz blanco mexicano la demandan.



Referencias

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) (2012), Objetivo del programa, [En Red], Disponible en: <http://www.aserca.gob.mx>. [2012, 30 de abril].
- Bawens L., Laurent S. y Rombouts J. (2006) “Multivariate GARCH models: A survey”, *Journal of applied econometrics*, N. 21, Wiley Interscience.
- Brooks C. (2008), *Introductory econometrics for finance*, 2ª edición, Reino Unido, Editorial Cambridge University Press.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDDRSSA) (2007), *Ventajas viabilidad y requerimientos para la instalación de una bolsa de físicos agropecuarios en México*, México, Distrito Federal, Cámara de Diputados.
- Dirección de Comercio y Mercado de la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación (2009), *El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2009*, Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación.
- Hernández M. e Ibarra R. (2011) “¿Hasta dónde se transfieren los choques a través de las fronteras? Examinando la transmisión de volatilidad en los principales mercados de futuros agrícolas”, México, Banco de México, (documentos de investigación).
- Ledebur O. y Schmitz J. (2009) “Corn Price behavior: Volatility transmission during the boom on future markets” 113 Seminario de EAAE.
- Ochoa R. (2011a), “El futuro de los alimentos: De tendencias y cuestiones claves, en un contexto de crisis económica y volatilidad de los precios”, *Claridades agropecuarias*, N. 219, México, SAGARPA.
- Ochoa R. (2011b), “Cobertura de precios de productos agropecuarios”, *Claridades agropecuarias*, N. 220, México, SAGARPA.
- Ruíz E. y Veiga H. (2008), “Modelos de volatilidad estocástica: Una alternativa atractiva y factible para modelizar la evolución de la volatilidad”, *Anales de estudios económicos y empresariales*.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2012), “Lanzan primer contrato de futuros de maíz en México”, Comunicado de prensa, México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012), *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*.
- Tsay, R. (2005), *Analysis of Financial Time Series*, 2ª edición, Estados Unidos, Editorial Wiley-Interscience.

