



NOTA CORTA [SHORT NOTE]

LA OFERTA DE MAIZ GRANO EN GUANAJUATO, MÉXICO: 1980-2009

[SUPPLY OF GRAIN MAIZE IN GUANAJUATO, MEXICO: 1980-2009]

E. Guzmán-Soria^{1*}, S. Rebollar-Rebollar², J. Hernández-Martínez²,
J. A. García-Salazar³, M. T. de la Garza-Carranza¹, N. Callejas-Juárez⁴,
A. Terrones-Cordero⁵

¹Posgrado en Administración. Instituto Tecnológico de Celaya. Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n. Celaya, Guanajuato, México. 38010. E-mail: eugenio@itc.mx.

²Centro Universitario UAEM Temascaltepec-Universidad Autónoma del Estado de México. Barrio de Santiago s/n, Temascaltepec, Estado de México. 51300.

³Economía. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 26.5 Carr. México- Texcoco. Montecillo, Estado de México. 56230.

⁴Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada Km. 1 C.P. 31031, Chihuahua, Chihuahua.

⁵Instituto de Ciencias Económico Administrativas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera a Tulancingo Km. 4.5 C.P. 42185, Pachuca, Hidalgo

.*Corresponding author

RESUMEN

En México la escasa rotación de cultivos ha afectado la capacidad del suelo para producir, el uso de genotipos de maíz con mayor potencial de rendimiento y sistemas de producción más intensivos ha incrementado la demanda de insumos; lo cual afecta la economía del productor. Para determinar el efecto de los cambios en el precio de los insumos y de los principales factores que explican la oferta de maíz grano en Guanajuato, en este trabajo se estimó un modelo econométrico compuesto por dos ecuaciones de oferta, tres de transmisión de los precios y una identidad para el periodo de 1980 a 2009. Los resultados indican que la oferta de maíz grano en el estado responde inelásticamente ante cambios en el precio medio rural del maíz producido bajo riego y de manera elástica si los cambios se suscitan en el mismo nivel de precio pero de la oferta en temporal, con elasticidades precio-propias de 0.8531 y 1.0604; los cambios en el precio de los insumos que más afectan la oferta estatal son el precio del plaguicida y de la mano de obra, con elasticidades precio-cruzada de -0.6154 y -0.5470; los cambios en el bien competitivo que más le impactan son los registrados en el frijol, con elasticidades precio-cruzada de -0.5489 si es producido bajo riego y de -1.0292 si es producido en temporal. El efecto de transmisión de los precios, indica que el precio al productor de maíz en riego y temporal estatal es influenciado directamente por el precio al mayoreo a razón de 0.79 y 0.80% por cada 1% de cambio en este último, mientras que el costo de transporte y el precio internacional del maíz inciden sobre el precio al mayoreo en el estado a niveles de

0.21 y 0.13% por cada cambio porcentual unitario en éstos.

Palabras clave: Maíz; oferta; riego; temporal; modelo econométrico; elasticidades.

SUMMARY

In Mexico, poor crop rotation has affected the capacity of soil to produce; the use of maize genotypes with higher yield potential and more intensive production systems has increased the demand for inputs, which affects the economy of the producer. To determine the effect of changes in input prices and the main factors that explain the supply of maize grain in Guanajuato, in the present work an econometric model was estimated; comprised of two supply equations, three transmission prices and an identity for the period from 1980 to 2009. The results indicate that the supply of maize grain in the state responds inelastically to changes in the producer price of maize produced under irrigation and elastically if changes arise in the same price level but the offer temporary, with elasticities own-price 0.8531 and 1.0604, changes in input prices that more affect the state offer are the pesticide and labor price, with cross-price elasticities of -0.6154 and -0.5470, changes in the competitive product that more impact are those in the bean, with cross-price elasticities of -0.5489, if produced under irrigation and -1.0292 if produced in temporary. The effect of price transmission, indicate that the producer price of maize under irrigation and temporary state is directly influenced by the wholesale price at a rate of 0.79 and 0.80% for each 1% change in it, while the cost of transport and the international price of maize influence

on the wholesale price in the state at levels of 0.21 and 0.13% for every unit percentage change in them.

INTRODUCCIÓN

El maíz es una planta que domesticaron los antiguos habitantes de Mesoamérica a partir de especies silvestres como el Teocintle (*Zea mays sp mexicana*)¹, del cual fueron generando mazorcas más complejas. Lo anterior implica que fue realizada una selección de manera intencional a través de un tiempo prolongado, hace “por lo menos 5,000 o 7,000 años y, en varios lugares a la vez”, para obtener las características deseadas del maíz (*Zea mays sp L.*); creándose así razas y especies que podían adaptarse a los más diversos climas y altitudes, como resultado del ingenio y la creatividad humana (Stockton McNeish citado por López, 2004).

El maíz es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial, en 2009 alcanzó las 786.6 millones de toneladas, superando al trigo y al arroz en 13.3% y 13.7% respectivamente. De 2000 a 2009 la producción mundial de maíz registró una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 3.2%. Estados Unidos es el principal productor del cereal a nivel mundial, durante 2009 concentró 42.3% de la total mundial; le siguen China (20.7%), Brasil (6.5%), México (2.6%) e Indonesia (2.2%), la TCMA de 2000 a 2009 más alta fue la registrada por Indonesia con 6.89% y México la inferior con 1.57% (Tabla 1).

En lo que respecta al comercio internacional del maíz, las exportaciones de los cinco países más importantes, durante ese año, ascendió a las 85.6 millones de toneladas, lo que representó un 10.9% de la producción mundial; en este volumen de exportación Estados Unidos participó con 63.21%, seguido por Argentina (17.97%), Brasil (7.52%), Francia (7.17%) e India (4.13%). Los principales países importadores de maíz en 2009 fueron Japón, México, República de Corea, España y China, que en conjunto alcanzaron las 44.3 millones de toneladas (5.6% de la producción total) y, las demandaron como sigue: 37.16, 20.65, 20.36, 12.29 y 9.55%, respectivamente. De 2000 a 2008 las importaciones de maíz en México han crecido a una TCMA de 6.94% seguido por España con 5.74%, mientras que China ha registrado un decremento en sus importaciones de 1.93% (FAO, 2010).

En México, la superficie sembrada total de maíz durante 2009 ascendió a 7.726 millones de hectáreas; de las cuales tan sólo un 18.3% se encuentran bajo

Keywords: Maize; supply; irrigation; temporary; econometric model; elasticities.

riego y el resto se siembra bajo temporal (81.7%). Sinaloa concentró la mayor superficie sembrada bajo riego con 35.66% (502,802 hectáreas), le siguieron Guanajuato (7.57%), Michoacán (7.22%), Chihuahua (7.1%) y Edo. de México (7.06%) que en conjunto sumaron 408,137 hectáreas. Durante el año citado, la superficie sembrada en temporal la concentraron los estados de Chiapas (10.72%), Veracruz (9.12%), Oaxaca (9%), Jalisco (8.94%) y Puebla (8.67%), alcanzando en conjunto los 2.934 millones de hectáreas. La producción fue de 20.143 millones de toneladas, de las cuales un 50.73% se obtuvieron de las zonas bajo riego; los principales estados productores fueron Sinaloa con 26%, Jalisco 12.63%, Edo. de México 6.53%, Chiapas 6.05% y Michoacán 5.87%, los que en suma produjeron 11.497 millones de toneladas (Tabla 2). Cabe resaltar que, aunque la superficie sembrada total registró durante el periodo 2000-2009 una TCMA decreciente de 1%, el aumento en la producción (1.6%) fue debido al incremento en los rendimientos promedios por hectárea a nivel nacional (SAGARPA-SIAP, 2010).

A nivel estatal, en 2009 la superficie sembrada de maíz en Guanajuato representó 4.96% de la total nacional; con 106,694 hectáreas bajo riego y 276,560 hectáreas en temporal ocupó el octavo lugar en este rubro y el noveno como productor de maíz a nivel nacional con un total de 844,470 toneladas producidas, de las cuales 93.16% provino de las hectáreas sembradas bajo riego y el resto de las sembradas bajo temporal. La producción de maíz estatal representó un 4.19% de la total nacional durante el año citado y creció a una TMCA de 2.9% en el periodo de 2000 a 2009, ocupó 36.14% de la superficie total cultivada en el estado y generó 17.07% del valor de la producción agrícola. Lo anterior resalta la importancia económica y social de este cereal en Guanajuato por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar y analizar económicamente los factores que afectan la oferta de maíz grano en Guanajuato, diferenciándola por tipo de tecnología (riego y temporal); así como medir el efecto que los diferentes niveles de precios tienen sobre ésta. La hipótesis de investigación es que la oferta de maíz es determinada directamente por el precio al productor, la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio e inversamente por los precios de productos competitivos y el precio de los insumos; además de que el efecto de la transmisión de los precios se comporta de manera menos que proporcional.

¹ Gramínea silvestre de pequeñas mazorcas con pocos granos.

Tabla 1. Panorama internacional del maíz grano, 2000, 2008 y 2009 (toneladas).

| Producción mundial | | | |
|------------------------|-------------|-------------|----------|
| | 2000 | 2009 | TCMA (%) |
| Brasil | 31,879,392 | 51,232,447 | 5.41 |
| China | 106,178,315 | 163,118,097 | 4.89 |
| Estados Unidos | 251,852,210 | 333,010,910 | 3.15 |
| Indonesia | 9,677,000 | 17,629,740 | 6.89 |
| México | 17,556,900 | 20,202,600 | 1.57 |
| Subtotal | 417,143,817 | 585,193,794 | 3.83 |
| Total | 592,475,220 | 786,643,234 | 3.20 |
| Comercio internacional | | | |
| Exportaciones | | | |
| | 2000 | 2008 | |
| Estados Unidos | 47,970,800 | 54,094,400 | 1.51 |
| Argentina | 10,846,500 | 15,382,800 | 4.46 |
| Brasil | nd* | 6,432,660 | |
| Francia | 7,947,830 | 6,137,570 | -3.18 |
| India | nd | 3,537,300 | |
| Subtotal | 66,765,130 | 85,584,730 | 3.15 |
| Importaciones | | | |
| Japón | 16,111,200 | 16,460,200 | 0.27 |
| México | 5,347,620 | 9,145,990 | 6.94 |
| Corea del Sur | 8,714,510 | 9,021,000 | 0.43 |
| España | 3,483,610 | 5,442,310 | 5.74 |
| China | 4,944,842 | 4,230,611 | -1.93 |
| Subtotal | 38,601,782 | 44,300,111 | 1.74 |

*No disponible.

Fuente: FAO, 2010.

Tabla 2. Panorama nacional del maíz grano, 2000 y 2009.

| | Superficie sembrada (hectáreas) | | | Producción (toneladas) | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------|----------|------------------------|------------|------------|------|
| | 2000 | 2009 | TCMA (%) | 2000 | 2009 | TCMA (%) | |
| Total nacional | 8,444,794 | 7,726,110 | -1.0 | Total nacional | 17,556,905 | 20,142,816 | 1.6 |
| Bajo riego | | | | | | | |
| Chihuahua | 69,146 | 100,073 | 4.2 | Chihuahua | 438,859 | 870,163 | 7.9 |
| Guanajuato | 89,085 | 106,694 | 2.0 | Guanajuato | 582,245 | 786,694 | 3.4 |
| México | 101,073 | 99,594 | -0.2 | Michoacán | 277,974 | 509,692 | 7.0 |
| Michoacán | 75,967 | 101,776 | 3.3 | Sinaloa | 2,263,689 | 5,208,491 | 9.7 |
| Sinaloa | 274,383 | 502,802 | 7.0 | Tamaulipas | 59,235 | 387,716 | 23.2 |
| Total | 1,060,263 | 1,410,018 | 3.2 | Total | 5,736,424 | 10,219,218 | 6.6 |
| Bajo temporal | | | | | | | |
| Chiapas | 957,920 | 677,237 | -3.8 | Chiapas | 1,839,292 | 1,184,369 | -4.8 |
| Guanajuato | 320,850 | 276,560 | -1.6 | Guanajuato | 70,416 | 57,776 | -2.2 |
| Jalisco | 654,680 | 564,539 | -1.6 | Guerrero | 1,099,003 | 992,002 | -1.1 |
| Oaxaca | 550,700 | 568,358 | 0.4 | Jalisco | 2,017,809 | 2,256,338 | 1.2 |
| Puebla | 560,120 | 547,619 | -0.3 | México | 1,327,696 | 975,123 | -3.4 |
| Veracruz | 664,258 | 576,020 | -1.6 | Veracruz | 1,225,684 | 1,118,389 | -1.0 |
| Total | 7,384,532 | 6,316,092 | -1.7 | Total | 11,820,481 | 9,923,598 | -1.9 |

Fuente: SAGARPA-SIAP, 2010.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo

El modelo de ecuaciones simultáneas usado, fue compuesto por modelos de rezagos distribuidos, en los que para explicar la respuesta de las variables dependientes (Y) a un cambio unitario de las variables explicativas (X) no solo se consideraron sus valores actuales, sino también los rezagados o anteriores

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + U_t \quad (1)$$

y, modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos; ya que se incluyeron valores rezagados de la variable dependiente como explicativas

$$Y_t = \lambda + \lambda_1 X_t + \lambda_2 X_{t-1} + \lambda_3 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Un sistema de ecuaciones simultáneas puede ser expresado en forma matricial condensada como (Gujarati, 2004): $\Gamma Y_t + B X_t = E_t$ (3)

donde: Y_t = Vector de variables endógenas del modelo; X_t = Vector de variables predeterminadas, más la ordenada al origen; Γ = Matriz de parámetros estructurales asociados a las variables endógenas; B = Matriz de parámetros estructurales asociados a las variables predeterminadas; E = Vector de los términos de error aleatorios. Los vectores Y_t y E_t son de orden $M \times 1$, donde M es el número de variables endógenas del modelo. Por su parte, Γ es una matriz cuadrada de orden $M \times M$. A su vez, B es una matriz de orden $K + 1 \times M$, donde K es el número de variables exógenas y endógenas retrasadas del modelo más la ordenada al origen; en general, K puede o no ser igual a M . Al existir la inversa de Γ , es posible derivar el modelo reducido del sistema:

$$Y_t = \Pi X_t + V_t \quad (4)$$

donde: $\Pi = -\Gamma^{-1}B$ es la matriz de los parámetros de la forma reducida; $V_t = -\Gamma^{-1}E_t$ es la matriz de las perturbaciones de la forma reducida.

La relación entre los factores que explican la cantidad producida de maíz en el estado fue determinada mediante el cálculo de elasticidades económicas. La elasticidad precio de la oferta de corto plazo (Ep , cp) en cualquier punto de la curva, esta dado por:

$$Ep, cp = (\partial Q_t / \partial P_{t-1}) (P_{t-1} / Q_t) = b_1 (P_{t-1} / Q_t) \quad (5)$$

donde: $(\partial Q_t / \partial P_{t-1})$, es la pendiente de la curva de oferta (b_1) y P_{t-1} y Q_t , son el precio recibido por el productor en el año anterior y la cantidad ofrecida en el año t .

Para calcular las elasticidades cruzadas respecto a los precios de productos relacionados y de los factores de la producción, se usaron los respectivos coeficientes, el precio y la cantidad. Para calcular las elasticidades de largo plazo se usaron los respectivos coeficientes del modelo de largo plazo, los cuales se obtuvieron al dividir los de corto plazo entre el coeficiente de la velocidad de ajuste (γ) y eliminando la cantidad rezagada Q_{t-1} :

$$Q_t = (b_0 / \gamma) + (b_1 / \gamma) P_{t-1} + v_t \quad (6)$$

entonces la elasticidad precio propia de la oferta de largo plazo se obtuvo como,

$$Ep, lp = (\partial Q_t / \partial P_{t-1}) (P_{t-1} / Q_t) = (b_1 / \gamma) (P_{t-1} / Q_t) \quad (7)$$

Las elasticidades cruzadas de largo plazo para precios de productos relacionados y de factores de la producción, se calcularon con los respectivos coeficientes del modelo de largo plazo y el cociente del precio entre la cantidad (*Íbid*).

Con base en lo anterior, el modelo de ecuaciones simultáneas de la oferta de maíz estatal fue conformado por dos ecuaciones de oferta, tres ecuaciones de transmisión de los precios y una identidad:

$$\begin{aligned} QPMRI_t = & \alpha_{11} + \alpha_{12} PMRMRI2L_{t-2} + \alpha_{13} PMRSRIR_t + \\ & \alpha_{14} PMRFRIRL_{t-1} + \alpha_{15} PFERTR_t + \alpha_{16} PPLAGR2L_{t-2} \\ & + \alpha_{17} PMOGTOR3L_{t-3} + \alpha_{18} DAR_t + \alpha_{19} QPMRIL_{t-1} + \\ & \alpha_{110} D_t + \varepsilon_{1t} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} QPMTE_t = & \alpha_{21} + \alpha_{22} PMRMTERL_{t-1} + \alpha_{23} PMRSTER_t \\ & + \alpha_{24} PMRFTERL_{t-1} + \alpha_{25} PLAGTEL_{t-1} + \alpha_{26} SAL_t + \\ & \alpha_{27} PP_t + \alpha_{28} QPMTEL_{t-1} + \alpha_{29} D_t + \varepsilon_{2t} \end{aligned} \quad (9)$$

$$PMRMRI_t = \alpha_{31} + \alpha_{32} PMAYMR3L_{t-3} + \alpha_{33} D_t + \varepsilon_{3t} \quad (10)$$

$$PMRMTER_t = \alpha_{41} + \alpha_{42} PMAYMR3L_{t-3} + \alpha_{43} D_t + \varepsilon_{4t} \quad (11)$$

$$PMAYMR_t = \alpha_{51} + \alpha_{52} CTRANSRL_{t-1} + \alpha_{53} PINTMR_t + \alpha_{54} D_t + \varepsilon_{5t} \quad (12)$$

$$QPM_t = QPMRI_t + QPMTE_t \quad (13)$$

donde: $QPMRI_t$ = cantidad producida de maíz bajo riego en el estado (t); $PMRMRI2L_{t-2}$ = precio medio rural real del maíz producido bajo riego en el estado con dos años de retraso ($\$ t^{-1}$); $PMRSRIR_t$ = precio medio rural real del sorgo producido bajo riego en el estado ($\$ t^{-1}$); $PMRFRIRL_{t-1}$ = precio medio rural real del frijol producido bajo riego en el estado con un año de retraso ($\$ t^{-1}$); $PFERTR_t$ = precio real del fertilizante ($\$ t^{-1}$); $PPLAGR2L_{t-2}$ = precio real del plaguicida con

dos años de retraso ($\$ t^{-1}$); $PMOGTOR3L_{t-3}$ = precio real de la mano de obra en el estado (salario mínimo general promedio en el área geográfica C) ($\$ \text{ día}^{-1}$); DAR_t = disponibilidad de agua para riego en el estado (millones de m^3); $QPMRIL_{t-1}$ = cantidad producida de maíz bajo riego en el estado con un año de retraso (t); D_t = variable de clasificación con cero de 1980 a 1986 que representa el periodo de economía cerrada y tipo de cambio fijo, y uno de 1987 a 2009 representando la economía abierta y tipo de cambio flexible; $QPMTE_t$ = cantidad producida de maíz en temporal en el estado (t); $PMRMTERL_{t-1}$ = precio medio rural real del maíz producido en temporal en el estado con un año de retraso ($\$ t^{-1}$); $PMRSTER_t$ = precio medio rural real del sorgo producido en temporal en el estado ($\$ t^{-1}$); $PMRFTERL_{t-1}$ = precio medio rural real del frijol producido en temporal en el estado con un año de retraso ($\$ t^{-1}$); $PLAGTEL_{t-1}$ = relación del precio medio rural del maíz en temporal en el año t entre el precio de los plaguicidas en el año t, esto con un año de retraso; SAL_t = relación del precio medio rural del maíz en temporal en el año t entre el salario mínimo general promedio en el área geográfica C en el año t; PP_t = precipitación promedio anual en el estado (mm); $QPMTEL_{t-1}$ = cantidad producida de maíz en temporal en el estado con un año de retraso (t); $PMAYMR_t$ y $PMAYMR3L_{t-3}$ = precio al mayoreo real de maíz en León, Guanajuato en el año t y con tres años de retraso ($\$ t^{-1}$); $CTRANSRL_{t-1}$ = costo de transporte real con un año de retraso ($\$ t^{-1}$); $PINTMR_t$ = precio real internacional del maíz-variable proxy el precio del maíz en Estados Unidos ($\$ t^{-1}$); QPM_t = cantidad producida de maíz en el estado (t).

Para las variables citadas se conformaron series de tiempo con información anual para el periodo 1980-2009 y dado que en el mercado, la respuesta de la oferta o de la demanda a los cambios de sus factores determinantes rara vez es instantánea (esto es más evidente en el caso de la oferta de productos agropecuarios, los cuales por el proceso biológico requieren de algún tiempo para su producción), sino que con frecuencia responden después de cierto tiempo, lapso que recibe el nombre de rezago o retraso (Gujarati, 2004); en el modelo citado se supuso que algunas de las variables exógenas están influenciadas con uno, dos o hasta tres periodos de rezago; lo que fue estadísticamente justificado en función de su significancia individual. Las ecuaciones 1 y 2 modelan las ofertas de maíz en el estado, diferenciadas según el tipo de tecnología que se usa para obtener la producción (riego y temporal). Las ecuaciones 3 y 4 modelan el efecto de transmisión que el precio al mayoreo de maíz tiene sobre los precios medios rurales del maíz producido bajo riego y temporal. La ecuación 5 modela el efecto que el costo de transporte y el precio al productor de maíz en Estados Unidos tienen sobre el precio al mayoreo, ya que es el principal país productor del cereal; y por último la

ecuación de identidad 6 establece la cantidad ofertada total de maíz en el estado, la cual es la suma de las cantidades producidas bajo riego y temporal. El modelo fue basado en evidencia de investigación aplicada en estudios que han analizado productos agropecuarios (Foster y Mwanaumo, 1995; Calderón *et al.*, 2004; García *et al.*, 2004; Benítez *et al.*, 2010).

Datos

Las cantidades producidas y los precios medios rurales se obtuvieron de SAGARPA-SIAP (2010) y OEIEDRUS (2009); la fuente de los precios del fertilizante y plaguicida fue CNA (1980-1994) y FAO (2010); el salario mínimo general promedio en el área geográfica C como variable proxy del precio de la mano de obra en el estado se obtuvo de CONASAMI (2010); los datos de la disponibilidad de agua para riego se obtuvieron de CONAGUA (2010), CEAG (2010) y CVIA (2010); la estadística de precipitación promedio se obtuvo de SMN (2010); la información del precio al mayoreo y el precio del maíz en Estados Unidos tuvieron como fuentes el SNIM (2010) y FAO (2010), respectivamente; finalmente el costo de transporte se obtuvo de SCT-DGTFM (2010) y CANACAR (2010). Las series fueron deflactadas con el Índice de Precios al Productor del Sector Agropecuario, Silvicultura y Pesca; el Índice de Precios al Consumidor en la ciudad de León, Guanajuato y el Índice Nacional de Precios al Consumidor del Sector Transporte. Los índices se obtuvieron del BM (2010) e INEGI-BIE (2010).

Los coeficientes del modelo fueron estimados con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (Wooldridge, 2009 y Gujarati, 2004) usando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System versión 9.0). La congruencia estadística se determinó por medio de la significancia global de cada ecuación a través de la prueba de *F*, su nivel de auto correlación vía el estadístico Durbin Watson (DW), la significancia individual de cada coeficiente a través de la *t* de Student y la normalidad de las variables con la prueba Shapiro-Wilk (SW). La teoría económica de la producción (Samuelson y Nordhaus, 2010) se usó para validar el signo de los coeficientes de cada variable exógena. Los coeficientes estimados y, los valores medios de las variables (Tabla 3) fueron usados para calcular las correspondientes elasticidades económicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cinco ecuaciones de regresión del modelo en su forma estructural presentaron una alta bondad de ajuste con coeficientes de determinación (R^2) de 0.86 a 0.97. El estadístico DW fluctuó entre 1.89 y 1.97. Los valores de la prueba Shapiro-Wilk (SW) por variable

oscilaron de 0.85 a 0.97, lo que implica que su distribución se acerca a la normal (Tabla 4) y, el análisis de cointegración de Johansen's fue de $r=1$ a un nivel de significancia de 5%. Los valores de la t de Student indican que todos los coeficientes de las variables explicativas del modelo son estadísticamente significativos, ya que resultaron mayores de uno en términos absolutos y además sus signos presentaron congruencia con la teoría de la producción. Los coeficientes de la forma reducida del modelo con respecto a QPM, se presentan en la Tabla 5.

Elasticidades de corto plazo

Las elasticidades precio propias calculadas indican que la producción de maíz grano obtenida en temporal en Guanajuato responde más elásticamente (2.6275) que la correspondiente bajo riego (1.4304), como se esperaba. La oferta total de maíz grano en el estado es afectada de manera menos que proporcional ante cambios unitarios en el precio medio rural de maíz bajo riego (0.8531), en comparación al efecto más que proporcional que ocasiona un cambio unitario del mismo nivel de precio pero sobre la producción obtenida bajo temporal (1.0604); el nivel de la primera elasticidad precio propia es el más cercano a la correspondiente reportada para Zambia (0.54) por Foster y Mwanaumo (1995). De 2000 a 2009, las TCMA's de PMRMIR y PMRMTER fueron de 7.61 y 7.13%, si estas se mantienen ocasionaran un aumento en QPMRI y QPMTE de 10.88 y 18.75%; la tendencia de estos cambios en las variables explicativas citadas, afectarían a QPM positivamente a razón de 6.49 y 7.57%, respectivamente. En lo que respecta al efecto de transmisión de los precios, los

cambios unitarios del precio al mayoreo de maíz provocan ajustes muy similares sobre los precios medios rurales de la producción bajo riego (0.7852) y temporal (0.8024); no así el que tienen el costo de transporte y el precio internacional del maíz sobre el de mayoreo estatal. Un cambio porcentual unitario en el costo de transporte real ocasionaría un ajuste del precio al mayoreo en 0.21% y, de 0.13% si se incrementa en la misma magnitud el precio internacional del maíz (Tabla 6).

Con relación a los otros factores que afectan la oferta total de maíz grano en Guanajuato, resaltan la magnitud de los efectos que sobre ésta tienen el precio del frijol producido en temporal y la precipitación en el estado; ya que las elasticidades calculadas de -1.0292 y 1.0651, indican un nivel de afectación más que proporcional ante cambios unitarios en estas variables. Un incremento porcentual unitario en el precio de los insumos comerciables como el fertilizante y los plaguicidas, reduce la producción de maíz estatal en 0.498 y 0.615%; resalta el resultado de la primera elasticidad precio cruzada citada, ya que es similar al reportado por Foster y Mwanaumo (1995) para Zambia, -0.48. Durante el periodo de 2000 a 2009, PMRFTER y PP registraron TCMA's de 8.32 y -1.68%, lo que generaría cambios en QPM de -8.57 y -1.79%, respectivamente. El aumento unitario en el precio de productos competitivos producidos bajo riego (sorgo y frijol) impactan negativamente sobre la oferta total de maíz (-0.2090 y -0.5489), aunque cabe resaltar que el nivel de afectación negativa de estas variables en temporal es mayor (Tabla 7).

Tabla 3. Medias de las variables usadas en el modelo, 1980-2009.

| Variable | Media | Mínimo | Máximo | Variable | Media | Mínimo | Máximo |
|----------|------------|------------|----------|-----------|------------|------------|------------|
| T | 1994.5 | 1980 | 2009 | QPMTEL | 338248.83 | 47353 | 720636 |
| QPMRI | 486041.23 | 156445 | 966272 | PMRMIR | 2698.06 | 1108.53 | 4892.31 |
| DAR | 23213457.6 | 8079075 | 52808190 | PMRMIR2L | 2770.17 | 1108.53 | 4892.31 |
| QPMTE | 328899.73 | 47353 | 720636 | PMRFIRL | 8603.27 | 4787.44 | 15815.38 |
| SAL | 51.405 | 31.34 | 86.34 | PPLAGR2L | 11962.08 | 8230.03 | 17938.46 |
| PP | 736.756667 | 510.1 | 921.5 | PMOGTOR2L | 53.1173079 | 34.9845656 | 114.285714 |
| D | 0.7666667 | 0 | 1 | PMRMTER | 2657.49 | 1122.81 | 4923.08 |
| PMRSRIR | 2025.67 | 1065.25 | 4033.33 | PMRMTERL | 2694.75 | 1122.81 | 4923.08 |
| PFERTR | 1093.27 | 596.98 | 2144.37 | PMRFTERL | 8045.51 | 4229.86 | 16043.12 |
| PMRSTER | 2034.26 | 1091.23 | 4098.55 | PLAGTEL | 0.3155517 | 0.174 | 0.581 |
| PINTMR | 1508.49 | 756.532223 | 3516.28 | PMAYMR | 3378.93 | 1915.51 | 5767.44 |
| QPM | 814940.97 | 323273 | 1638580 | PMAYMR3L | 3426.29 | 1915.51 | 5767.44 |
| QPMRIL | 475673.9 | 156445 | 966272 | CTRANSRL | 366.523213 | 107.022901 | 1252.19 |

Fuente: Salida de SAS.

Tabla 4. Resultados del modelo en su forma estructural.

| | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| $QPMRI = 1534388 + 250.9732 * PMRMIR2L - 84.0621 * PMRSRIR - 51.9974 * PMRFRIRL - 371.013 * PFERTR$ | | | | | |
| <i>t</i> | (4.13) | (2.01) | (-1.22) | (-2.98) | (-2.21) |
| Error sd. | 371885.3 | 124.6708 | 69.12018 | 17.44890 | 168.2013 |
| SW | | 0.91 | 0.93 | 0.95 | 0.90 |
| $-41.9267 * PPLAGR2L - 8391.65 * PMOGTOR3L + 0.010671 * DAR + 0.561398 * QPMRIL - 354910 * D$ | | | | | |
| <i>t</i> | (-2.57) | (-1.76) | (2.79) | (3.69) | (-2.02) |
| Error sd. | 16.33524 | 4767.597 | 0.003826 | 0.151953 | 175464.3 |
| SW | 0.96 | 0.89 | 0.94 | 0.92 | 0.95 |
| $R^2=0.97; R^2Ajust=0.94; Pr > F=0.0001; DW=1.948; BP^1=1.828$ | | | | | |
| $QPMTE = 443410.9 + 320.6941 * PMRMTERL - 102.264 * PMRSTER - 104.249 * PMRFTERL - 2266235 * PLAGTEL$ | | | | | |
| <i>t</i> | (0.70) | (1.61) | (-1.15) | (-1.69) | (-1.58) |
| Error sd. | 632706.6 | 198.7851 | 89.26858 | 61.70471 | 1437405 |
| SW | | 0.93 | 0.91 | 0.97 | 0.88 |
| $-2547.351 * SAL + 1178.109 * PP + 0.20390 * QPMTEL - 168424 * D$ | | | | | |
| <i>t</i> | (-1.21) | (3.21) | (1.21) | (-1.23) | |
| Error sd. | 2099.950 | 367.0772 | 0.168018 | 136818.4 | |
| SW | 0.85 | 0.94 | 0.90 | 0.95 | |
| $R^2=0.86; R^2Ajust=0.84; Pr > F=0.0001; DW=1.877; BP=1.771$ | | | | | |
| $PMRMIR = 1781.169 + 0.618289 * PMAYMR3L - 1586.78 * D$ | | | | | |
| <i>t</i> | (6.46) | (12.59) | (-9.17) | | |
| Error sd. | 275.9069 | 0.049095 | 173.0821 | | |
| SW | | 0.96 | 0.95 | | |
| $R^2=0.95; R^2Ajust=0.94; Pr > F=0.0001; DW=1.962; BP=1.846$ | | | | | |
| $PMRMTER = 1682.285 + 0.622336 * PMAYMR3L - 1540.86 * D$ | | | | | |
| <i>t</i> | (3.94) | (8.18) | (-5.75) | | |
| Error sd. | 427.5181 | 0.076072 | 268.1910 | | |
| SW | | 0.96 | 0.95 | | |
| $R^2=0.88; R^2Ajust=0.87; Pr > F=0.0001; DW=1.886; BP=1.869$ | | | | | |
| $PMAYMR = 3047.624 + 1.951671 * CTRANSRL + 0.296490 * PINTMR - 1103.16 * D$ | | | | | |
| <i>t</i> | (6.40) | (6.10) | (1.66) | (-3.44) | |
| Error sd. | 475.9069 | 0.319855 | 0.178317 | 321.0207 | |
| SW | | 0.91 | 0.94 | 0.95 | |
| $R^2=0.88; R^2Ajust=0.86; Pr > F=0.0001; DW=1.971; BP=1.793$ | | | | | |

¹ Se utilizó el estadístico Breush-Pagan (Ji-cuadrada) como prueba de heterocedasticidad entre las series de tiempo.

Fuente: Datos de la salida de SAS.

Al diferenciar la producción de maíz estatal por tipo de tecnología se encontró que la producción bajo riego, ante incrementos unitarios en el precio de los plaguicidas, más que reacciona de forma inversa (-1.0319), los cambios en el precio a nivel productor del bien competitivo que más le afectan son los suscitados en el frijol (-0.9204) y el incremento en el precio promedio de la mano de obra en el estado desestimula la producción citada en una proporción de -0.92% por cada punto porcentual de cambio, mientras que la disponibilidad de agua para riego la estimula en 0.51%. De 2000 a 2009, las TCMA's de PPLAGR,

PMRFRIR, PMOGTOR y DAR fueron de 8, 8.67, 5.28 y 0.67%; si esta tendencia de cambios se mantiene en las variables citadas generarían movimientos en QPMRI de -8.27, -7.98, -4.84 y 0.34%, respectivamente. Los factores que más afectan la producción de maíz en temporal son, de manera inversa el precio medio rural del frijol producido bajo el mismo tipo de tecnología (-2.5501) y la relación que guarda el precio al productor de maíz en temporal con el precio de los plaguicidas (-2.1743), la precipitación promedio en el estado ocasiona una sobre reacción positiva en la producción de maíz en temporal sobre la

cual no se puede influir al ser una variable estocástica. Para el mismo periodo citado, las TCMA's de PMRFTER, PLAGTE y PP fueron de 8.32, -1.41 y -1.68, lo que ocasionaría, si estas tendencia se mantienen, efectos sobre QPMTE del orden de -21.23, 3.06 y -4.45%.

Elasticidades de largo plazo

Con los coeficientes de ajuste correspondientes se obtuvieron los parámetros de largo plazo de los modelos de producción y, poder así calcular las elasticidades de largo plazo por tipo de oferta de maíz grano en el estado. Estas elasticidades indican que las producciones de maíz bajo riego (3.2613) y temporal (3.3005) en el estado responderán en el largo plazo de manera más elástica ante cambios en sus respectivos precios medios rurales, ambas resultaron ser mayores a la correspondiente reportada por Foster y Mwanauo (1995) para Zambia, 1.57. El incremento porcentual unitario en el precio al productor de frijol en riego y

temporal disminuirá la producción de maíz grano respectiva, en 2.1 y 3.2% (Tabla 8).

A la producción en riego los incrementos porcentuales unitarios en el precio de los insumos le impactaran negativamente de manera significativa al orden de 2.35, 2.09 y 1.9% en lo que respecta al precio del plaguicida, el precio de la mano de obra estatal y el precio del fertilizante; esta última resultó 0.5% superior a la similar reportada para Zambia por Foster y Mwanauo (1995), -1.44. La disponibilidad de agua para riego impacta de manera directa a la oferta de maíz estatal producida bajo este tipo de tecnología, un incremento porcentual unitario en este factor determinante aumentaría la producción citada en 1.162% y, la precipitación en el estado afecta directamente la producción de maíz en temporal a razón de 3.32% por cada 1% de cambio positivo en esta variable explicativa estocástica.

Tabla 5. Coeficientes de la forma reducida del modelo con respecto a QPM.

| Variables endógenas | Variables exógenas | | | | | | |
|---------------------|--------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| | Intercepto | PMRMIR2L | PMRSRIR | PMRFRIRL | PFERTR | PPLAGR2L | PMOGTOR3L |
| QPM | 1977799 | 250.9732 | -84.0621 | -51.9974 | -371.013 | -41.9267 | -8391.65 |
| QPM | | DAR | QPMRIL | D | PMRMTERL | PMRSTER | PMRFTERL |
| | | 0.010671 | 0.561398 | -523334 | 320.6941 | -102.264 | -104.249 |
| QPM | | PLAGTEL | SAL | PP | QPMTEL | | |
| | | -2266235 | -2547.351 | 1178.109 | 0.2039 | | |

Fuente: Datos de la salida de SAS.

Tabla 6. Elasticidades precio propias y de transmisión de los precios.

| Variables exógenas | Variables endógenas | | | | | |
|--------------------|---------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
| | QPMRI | QPMTE | PMRMIR | PMRMTER | PMAAYMR | QPM |
| PMRMIR2L | 1.4304 | | | | | 0.8531 |
| PMRMTERL | | 2.6275 | | | | 1.0604 |
| PMAAYMR3L | | | 0.7852 | 0.8024 | | |
| CTRANSRL | | | | | 0.2117 | |
| PMINTR | | | | | 0.1324 | |

Fuente: Elaborado con la información de los Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 7. Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan la producción de maíz estatal.

| Variables endógenas | Variables exógenas | | | | | | |
|---------------------|--------------------|----------|---------|----------|-----------|--------|--------|
| | PMRSRIR | PMRFRIRL | PFERTR | PPLAGR2L | PMOGTOR2L | DAR | QPMRIL |
| QPMRI | -0.3503 | -0.9204 | -0.8345 | -1.0319 | -0.9171 | 0.5096 | 0.5494 |
| QPM | -0.2090 | -0.5489 | -0.4977 | -0.6154 | -0.5470 | 0.3040 | 0.3277 |
| | PMRSTER | PMRFTERL | PLAGTEL | SAL | PP | QPMTEL | |
| QPMTE | -0.6325 | -2.5501 | -2.1743 | -0.3981 | 2.6390 | 0.2097 | |
| QPM | -0.2553 | -1.0292 | -0.8775 | -0.1607 | 1.0651 | 0.0846 | |

Fuente: Elaborado con la información de los Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 8. Elasticidades de largo plazo.

| Variables endógenas | Variables exógenas | | | | | | |
|------------------------|--------------------|---------|----------|---------|----------|-----------|--------|
| | PMRMIR2L | PMRSRIR | PMRFRIRL | PFERTR | PPLAGR2L | PMOGTOR2L | DAR |
| QPMRI | 3.2613 | -0.7988 | -2.0985 | -1.9027 | -2.3526 | -2.0909 | 1.1620 |
| QPMTE | 3.3005 | -0.7945 | -3.2033 | -2.7311 | -0.5001 | 3.3150 | |

Fuente: Elaborado con la información de los Tablas 3, 4 y 5.

CONCLUSIONES

La producción total de maíz grano en el estado de Guanajuato responde inelásticamente a cambios en el precio al productor de maíz producido bajo riego y de manera elástica ante cambios en el mismo nivel de precio pero del maíz producido en temporal; esto es de esperarse dado que la producción de este cultivo se concentra en las áreas bajo riego en el estado. Al diferenciar la producción por tipo de tecnología, el nivel de elasticidad precio propia es mayor en la oferta de maíz en temporal en comparación con la de riego.

Los cambios en el precio del plaguicida inciden, sobre la producción total de maíz estatal, en mayor medida que los registrados en el precio de la mano de obra y del fertilizante; así que es en este orden de afectación y prioridad que vía política económica se deberá incidir sobre los insumos comerciables citados, para incentivar la producción de maíz a nivel estatal. De las variables estocásticas consideradas en el modelo, la que más afecta a la variable dependiente citada es la precipitación pluvial; cuyos cambios ocasionan movimientos más que proporcionales en la oferta de maíz grano estatal. Aunque, si bien es cierto que poco se puede hacer sobre estas variables; ya que su cambio a largo plazo depende de la suma de voluntades a nivel mundial, para el corto y mediano plazo es imprescindible su monitoreo constante; ya que permitirá medir su nivel de incidencia real sobre la producción de este cereal en el estado y así poder llevar a cabo una planificación de su superficie sembrada mínima que permita cubrir las necesidades de consumo.

En lo que respecta a la hipótesis de investigación planteada, esta fue aceptada ya que los resultados del modelo econométrico indican que la oferta de maíz en el estado responde directamente a los cambios registrados en el precio medio rural, la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio anual y, de manera inversa ante cambios en los precios medios rurales de productos competitivos como el sorgo y el frijol, y el precio de insumos como el fertilizante, el plaguicida y la mano de obra en el estado. El efecto derivado de la transmisión de los precios ocasiona cambios menos que proporcionales entre éstos.

Resaltar el nivel de afectación mayor que el costo de transporte tiene sobre el precio al mayoreo de maíz en el estado, en comparación al efecto de los cambios que se registren en el precio internacional de maíz. Lo que hace suponer, la importancia del precio del combustible como componente preponderante en el costo de transporte de cualquier mercancía y, por ende un elemento de política agraria importante a considerar en cualquier programa institucional a nivel estatal o nacional orientado a incentivar el nivel de competitividad, no solo de la producción de maíz sino, de cualquier producto agrícola en México.

REFERENCIAS

- BM (Banco de México). 2010. Precios e Inflación. <http://www.banxico.org.mx/> (Consulta el 22 de septiembre de 2010).
- Benítez R. J. G., R. García M., J. S. Mora F. y J. A. García S. 2010. Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Agrociencia*. 44: 109-119.
- Calderón Ch. M., R. García M., S. López D., J. S. Mora F. y J. A. García S. 2004. Efecto del precio internacional sobre el mercado de la papa en México, 1990-2000. *Fitotecnia Mexicana*. 27: 377-384.
- CANACAR (Cámara Nacional del Autotransporte de Carga). 2010. Estadísticas e indicadores del autotransporte de carga. <http://www.canacar.com.mx/> (Consulta el 20 de septiembre de 2010).
- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). 2010. Estadísticas del salario mínimo general promedio en el área geográfica C. http://www.conasami.gob.mx/t_sal_mini_prof.html (Consulta el 23 de abril de 2010).
- CEAG (Comisión Estatal del Agua). 2010. Diagnóstico del agua para riego en el Estado de Guanajuato. <http://www.guanajuato.gob.mx/ceag/> (Consulta el 13 mayo de 2010).

- CNA (Consejo Nacional Agropecuario). 1980-1994. Compendio Estadístico del Sector Agroalimentario: Precio promedio LAB (estación de ferrocarril) de los fertilizantes y Producción nacional. México, D. F. 80 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas sobre la cantidad de agua en las presas del país. <http://www.cna.gob.mx> (Consulta el 04 de marzo de 2010).
- CVIA (Centro Virtual de Información sobre el agua). 2010. Situación de las presas en México. <http://www.agua.org.mx/> (Consulta el 10 de julio de 2010).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. FAOSTAT Statistical Databases. <http://faostat.fao.org/site/351/default.aspx> (Consulta el 07 de mayo de 2010).
- Foster, K. A. and Mwanaumo A. 1995. Estimation of dynamic maize supply response in Zambia. *Agricultural Economics*. 12: 99-107.
- García M. R., M. F. del Villar V., J. A. García S., J. S. Mora F. y R. C. García S. 2004. Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia*. 29: 414-420.
- Gujarati, D. N. 2004. *Econometría*. Cuarta Edición. McGraw-Hill Interamericana. México D.F. 972 p.
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática-Banco de Información Económica). 2010. Índice Nacional de Precios al Consumidor por objeto del gasto. <http://www.inegi.gob.mx> (Consulta el 15 de agosto de 2010).
- López, M. G. 2004. Pueblo de maíz: La Cocina Ancestral de México. Expediente Técnico para la Postulación como Patrimonio Inmaterial y Oral ante la UNESCO. CONACULTA, México, D.F.
- OEIEDRUS (Oficina Estatal de Información Estadística para el Desarrollo Rural Sustentable). 2009. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera de Guanajuato. (CD-Rom).
- SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2010. Sistema de Información del Sector Agrícola: 1980-2009. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (Consulta el 11 de junio de 2010).
- Samuelson, P. A. y Nordhaus, W. D. 2010. *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*. Decimonovena edición. McGraw-Hill. México D. F. 403 p.
- SCT-DGTFM (Secretaría de Comunicaciones y Transportes-Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal). 2010. Tarifas ferroviarias de carga. <http://dgtfm.sct.gob.mx/> (Consultado el 09 de octubre de 2010).
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2010. Precipitación media anual por estado. <http://smn.cna.gob.mx/> (Consulta el 17 de febrero de 2010).
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2010. Precio del maíz grano en la central de abastos de León, Guanajuato. <http://www.economia-sniim.gob.mx/> (Consulta el 14 de julio de 2010).
- Wooldridge, J. M. 2009. *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno*. Cuarta Edición. CENGAGE Learning. México D. F. 865 p.

Submitted February 17, 2011 – Accepted April 15, 2011

Revised received May 05, 2011