

# DETERMINANTES DE LA OFERTA DE MAÍZ GRANO EN MÉXICO<sup>1</sup>

*Eugenio Guzmán-Soria<sup>2</sup>, María Teresa de la Garza-Carranza<sup>2</sup>, José Alberto García-Salazar<sup>3</sup>,  
Juvencio Hernández-Martínez<sup>4</sup>, Samuel Rebollar-Rebollar<sup>4</sup>*

## RESUMEN

**Determinantes de la oferta de maíz grano en México.** El objetivo de este trabajo fue determinar y analizar los factores que afectan la oferta de maíz grano en México. Se usó un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas compuesto por dos de oferta, tres de transmisión de los precios y una identidad; durante el periodo de 1980 a 2010. La oferta de maíz grano en México, con base en los resultados, responde inelásticamente ante cambios en el precio medio rural del maíz producido bajo riego y temporal, con elasticidades precio-propias de 0,3025 y 0,2282; los cambios en el precio de los insumos que más afectan la oferta total de maíz son los registrados en el precio del plaguicida con una elasticidad precio-cruzada de -0,4108; los cambios en el bien competitivo que más le impactaron fueron los registrados en el sorgo, con una elasticidad precio-cruzada de -0,2898, si es producido bajo riego y de -0,1531 en temporal. El precio al productor de maíz en riego y temporal en México es influenciado directamente por el precio al mayoreo a razón de 0,64 y 0,62% por cada 1% de cambio en este último, mientras que el costo de transporte y el precio internacional del maíz inciden sobre el de mayoreo a niveles de 0,31 y 0,24% por cada cambio porcentual unitario en estos.

**Palabras clave:** ecuaciones simultáneas, maíz bajo riego, época de siembra en temporal.

## ABSTRACT

**Supply determinants of grain maize in Mexico.** The objective of this work was to determine and analyze the factors that affect maize grain supply in Mexico. An econometric model of simultaneous equations composed of two supply equations, three transmission prices and one identity; during the period from 1980 to 2010. Based on the results of the model, the supply of maize grain in Mexico responds inelastically to changes in the price of maize produced under irrigation and temporary, with elasticities own-price of 0,3025 and 0,2282, changes in input prices that more affect the total offer are pesticide prices, with a cross-price elasticity of -0,4108; changes in the competitive product that more impacted maize supply was sorghum, with a cross-price elasticity of -0,2898, if produced under irrigation and -0,1531 if produced in temporary. The price to the producer of maize grown under irrigation and temporary in Mexico is directly influenced by the wholesale price at a rate of 0,64 and 0,62% for each 1% change in it, while the cost of transport and the international price of maize influence the wholesale price at levels of 0,31 and 0,24% for every unit percentage change in them.

**Key words:** simultaneous equations, irrigation, temporary.



<sup>1</sup> Recibido: 11 de enero, 2012. Aceptado: 10 octubre, 2012. Parte de los resultados del proyecto “Análisis económico de la producción de maíz en México: Situación actual y perspectivas”. Instituto Tecnológico de Celaya. CP 38010.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Celaya. Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n. Celaya, Guanajuato, México. CP 38010. eugenio@itc.mx (autor para correspondencia); tgarza@itc.mx

<sup>3</sup> Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 26.5 Carr. México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. CP 56230. jsalazar@colpos.com; samre@hotmail.com

<sup>4</sup> Centro Universitario Temascaltepec-Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Barrio de Santiago s/n, Temascaltepec, Estado de México, México. CP 51300. jh\_martinez1214@yahoo.com.mx

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz de 2000 a 2009 registró una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 3,2%, ubicándolo hoy en día como el cereal más producido a nivel mundial. En 2009, el maíz alcanzó las 786,6 millones de toneladas, superando al trigo en 13,3% y en 13,7% al arroz; Estados Unidos fue el principal productor con un 42,3%; le siguieron China (20,7%), Brasil (6,5%), México (2,6%) e Indonesia (2,2%), la TCMA de 2000 a 2009 más alta fue registrada por Indonesia con 6,89% y México la inferior con 1,57% (FAO 2011).

En relación al comercio internacional del maíz durante 2009, las exportaciones de los seis países más importantes ascendieron a 80,6 millones de toneladas, lo que representó un 10,25% de la producción mundial; en este volumen de exportación Estados Unidos participó con 59,29%, seguido por Argentina (10,58%), Brasil (9,65%), Ucrania (8,90%), Francia (8,35%) e India (3,23%). Por otra parte, los cinco principales países importadores de maíz alcanzaron las 39,5 millones de toneladas (5,02% de la producción total) y fueron: Japón (40,98%), República de Corea (18,56%), México (18,38%), China (11,83%) y España (10,25%). De 2000 a 2009 las importaciones de maíz en México han crecido a una TCMA de 3,46% seguido por España con 1,69%, mientras que la República de Corea registró un decremento de 1,90% en sus importaciones.

En México, la superficie sembrada total de maíz durante 2010 ascendió a 7,861 millones de hectáreas; de las cuales tan sólo un 18,1% se encuentran bajo riego y el resto se siembra bajo temporal (81,9%). El estado de Sinaloa concentró la mayor superficie sembrada bajo riego con 34,92% (497 644,0 hectáreas), le siguieron los estados de Guanajuato (7,38%), Michoacán (6,99%), Estado de México (6,94%) y Chihuahua (6,37%) que en conjunto sumaron 394 593,0 hectáreas. La superficie sembrada en temporal, durante el año citado, la concentraron los estados de Chiapas (10,71%), Veracruz (8,87%), Jalisco (8,79%), Oaxaca (8,70%) y Puebla (8,66%), alcanzando en conjunto los 2,943 millones de hectáreas (SAGARPA-SIAP 2011).

En 2010, la producción fue de 23,302 millones de toneladas, de las cuales un 45,59% se obtuvieron de las zonas bajo riego; los principales estados productores fueron Sinaloa (22,44%), Jalisco (14,57%), Estado de México (6,65%), Michoacán (6,55%) y Guerrero

(6,07%), los que en suma produjeron 13,113 millones de toneladas. En cuanto al rendimiento por hectárea se refiere al promedio nacional del maíz producido bajo riego, el cual alcanzó las 7,591 t/ha y en temporal las 2,206 t/ha; es importante hacer mención que en cada régimen hídrico existe una significativa diferencia de los rendimientos del maíz por hectárea entre los estados productores, el rango bajo riego fue de 8,131 t/ha (siendo los extremos Sinaloa y Oaxaca con 10,450 y 2,319 t/ha, respectivamente) y en temporal fue de 5,287 t/ha (Sonora 0,558 t/ha y Jalisco 5,845 t/ha).

Cabe resaltar que, aunque la superficie sembrada total registró durante el periodo 2000-2010 una TCMA decreciente de 0,7%, el aumento en la producción (2,9%) fue debido al incremento en los rendimientos promedios por hectárea a nivel nacional. En 2010, la superficie total destinada al sector agrícola en México alcanzó los 21,953 millones de hectáreas; de estas el maíz ocupó un 35,81% y generó 19,78% del valor de la producción agrícola total.

El objetivo de este trabajo fue determinar y analizar económicamente los factores que afectan la oferta de maíz grano en México. De esta manera, se podrán establecer escenarios de política económica, que conlleven a una mejor toma de decisión por parte de los productores de maíz mexicano ante movimientos en los factores que determinan su oferta particular (riego o temporal) y la oferta total a nivel nacional.

## 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 lo indica Gujarati (2004):

$$\Gamma Y_t + BX_t = E_t \tag{3}$$

donde:  $Y_t$  = Vector de variables endógenas del modelo;  $X_t$  = Vector de variables predeterminadas, más la ordenada al origen;  $\Gamma$  = 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,  $\Gamma$  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  $\Gamma$ , es posible derivar el modelo reducido del sistema:

$$Y_t = \Pi X_t + V_t \tag{4}$$

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.

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

$$\begin{aligned} QPMRIM_t = & \alpha_{11} + \alpha_{12} PMRMRIMR_t + \alpha_{13} PMRSRIMR_t \\ & + \alpha_{14} PMRFRIMR2L_{t-2} + \alpha_{15} PFERTR_t \\ & + \alpha_{16} PPLAGR3L_{t-3} + \alpha_{17} PMOMRL_{t-1} \\ & + \alpha_{18} DAR_t + \alpha_{19} QPMRIML_{t-1} + e_{1t} \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} QPMTEM_t = & \alpha_{21} + \alpha_{22} PMRMTEMR_t + \\ & \alpha_{23} PMRSTEMR2L_{t-2} + \alpha_{24} PMRFTEMRL_{t-1} \\ & + \alpha_{25} PFERTRL_{t-1} + \alpha_{26} PPLAGR_t + \alpha_{27} PMOMR2L_{t-2} \\ & + \alpha_{28} TEMP_t + \alpha_{29} PP_t + \alpha_{210} QPMTEML_{t-1} + e_{2t} \end{aligned} \tag{6}$$

$$PMRMRIMR_t = \alpha_{31} + \alpha_{32} PMAYMR3L_{t-3} + \alpha_{33} D_t + e_{3t} \tag{7}$$

$$PMRMTEMR_t = \alpha_{41} + \alpha_{42} PMAYMR3L_{t-3} + \alpha_{43} D_t + e_{4t} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} PMAYMR_t = & \alpha_{51} + \alpha_{52} CTRANSRL_{t-1} + \alpha_{53} PINTMR_t \\ & + \alpha_{54} D_t + e_{5t} \end{aligned} \tag{9}$$

$$QPMM_t = QPMRIM_t + QPMTEM_t \tag{10}$$

donde:

$QPMRIM_t$  = cantidad producida de maíz bajo riego en México (t)

$PMRMRIMR_t$  = precio medio rural real del maíz producido bajo riego (\$/t)

$PMRSRIMR_t$  = precio medio rural real del sorgo producido bajo riego (\$/t)

$PMRFRIMR2L_{t-2}$  = precio medio rural real del frijol producido bajo riego con dos años de retraso (\$/t)

$PFERTR_t$  y  $PFERTRL_{t-1}$  = precio real del fertilizante en el año  $t$  y con un año de retraso (\$/t)

$PPLAGR_t$  y  $PPLAGR3L_{t-3}$  = precio real del plaguicida en el año  $t$  y con tres años de retraso (\$/t)

$PMOMRL_{t-1}$  y  $PMOMR2L_{t-2}$  = precio real de la mano de obra (salario mínimo general promedio en México) con uno y dos años de retraso (\$/día)

$DAR_t$  = disponibilidad de agua para riego (millones de  $m^3$ )

$QPMRIML_{t-1}$  = cantidad producida de maíz bajo riego en México con un año de retraso (t)

$QPMTEM_t$  = cantidad producida de maíz en temporal en México (t)

$PMRMTEMR_t$  = precio medio rural real del maíz producido en temporal (\$/t)

$PMRSTEMR2L_{t-2}$  = precio medio rural real del sorgo producido en temporal con dos años de retraso (\$/t)

$PMRFTEMRL_{t-1}$  = precio medio rural real del frijol producido en temporal un año de retraso (\$/t)

$TEMP_t$  = temperatura promedio anual ( $^{\circ}C$ )

$PP_t$  = precipitación promedio anual (mm)

$QPMTEML_{t-1}$  = cantidad producida de maíz en temporal en México con un año de retraso (t)

$PMAYMR_t$  y  $PMAYMR3L_{t-3}$  = precio al mayoreo real de maíz en el año  $t$  y con tres años de retraso (\$/t)

$D_t$  = variable de clasificación con cero de 1980 a 1986 que representa el periodo de economía cerrada, y uno de 1987 a 2010 representando la economía abierta

$CTANSRL_{t-1}$  = costo de transporte real con un año de retraso (\$/t)

$PINTMR_t$  = precio real internacional del maíz-variable proxy el precio del maíz en Estados Unidos (\$/t)

$QPMM_t$  = cantidad producida total de maíz en México (t)

Para las variables citadas se conformaron series de tiempo con información anual para el periodo 1980-2010 y dado que en el mercado, la respuesta

de la oferta o 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 5 y 6 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 7 y 8 modelan el efecto de transmisión que el precio al mayoreo de maíz en México tiene sobre los precios medios rurales del maíz producido bajo riego y temporal. La ecuación 9 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 10 establece la cantidad ofertada total de maíz en México, 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 económicamente la producción de este grano, así como otros productos agropecuarios (Chembezi y Womack 1987, Foster y Mwanaumo 1995, Cutts y Hassan 2003, Calderón *et al.* 2004, Ramírez *et al.* 2004, García *et al.* 2004, Shepherd 2006, Mose *et al.* 2007, Brescia y Lema 2007, Benítez *et al.* 2010, Imai *et al.* 2011).

## Datos

Se obtuvieron por medio de diferentes fuentes, las cantidades producidas y los precios medios rurales (SAGARPA-SIAP 2011), los precios del fertilizante y plaguicida (CNA 1995), FAO (2011), el salario mínimo general promedio en México como variable proxy del precio de la mano de obra (CONASAMI 2011), los datos de la disponibilidad de agua para riego (CONAGUA 2011, CVIA 2011), la estadística de precipitación promedio (SMN 2011), la información del precio al mayoreo de maíz en México y el precio del maíz en Estados Unidos (SNIIM 2011) y FAO 2011), y finalmente el costo de transporte (SCT-DGTFM 2011, CANACAR 2011).

Las series fueron deflactadas con el Índice de Precios al Productor del Sector Agropecuario, Silvicultura y Pesca; el Índice Nacional de Precios al Consumidor y del Sector Transporte (BM 2011) e INEGI-BIE (2011).

## Estimación

Los coeficientes del modelo fueron estimados con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (Wooldridge 2009, Gujarati 2004) usando el paquete estadístico SAS -Statistical Analysis System- versión 9,0 (SAS 2002). 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 (Cuadro 1) fueron usados para calcular las elasticidades económicas de cada factor que afecta la oferta de maíz grano en México.

La elasticidad del precio de la oferta de corto plazo ( $Ep$ ,  $cp$ ) en cualquier punto de la curva, está dado por Gujarati (2004):

$$Ep, cp = \left( \frac{\partial Q_t}{\partial P_{t-1}} \right) \left( \frac{P_{t-1}}{Q_t} \right) = b_1 \left( \frac{P_{t-1}}{Q_t} \right) \quad (11)$$

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, los cuales se obtuvieron al dividir los de corto plazo entre el coeficiente de la velocidad de ajuste ( $g$ ) y eliminando la cantidad rezagada  $Qt-1$ :

$$Q_t = (b_0 / \gamma) + (b_1 / \gamma) P_{t-1} + v_t \quad (12)$$

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

**Cuadro 1.** Medias, mínimos y máximos de las variables usadas en el modelo para calcular las elasticidades económicas de cada factor que afecta la oferta de maíz. México, 1980-2010.

Variable	Media	Mínimo	Máximo
QPMRIM	5878732,06	2708343	10622978
PMRMRIMR	2654,16	1140,98	4810,26
PMRSRIMR	1916,13	970,752338	3576,81
PMRFRIMR2L	7897	5124,16	12938,53
PFERTR	1080,68	596,98	2144,37
PPLAGR3L	11962,08	8230,03	17938,46
PMOMRL	57,9264989	32,4903793	133,333333
DAR	32255,42	22309	39786
QPMRIML	5720590,53	2708343	10436900
QPMTEM	11088157,8	7193439	14044178
PMRMTEMR	2831,27	1407,53	5067,06
PMRSTEMR2L	1960,78	974,599431	3775,12
PMRFTEMRL	7587,81	4459,26	14688,07
PFERTRL	1093,27	596,98	2144,37
PPLAGR	11836,22	8230,03	17938,46
PMOMR2L	58,8036065	34,3026786	133,333333
TEMP	20,9	20,4	21,9
PP	785,264516	664,4	962,1
QPMTEML	11035133,1	7193439	14044178
PMAYMR	3345,28	1557,6	6164,78
PMAYMR3L	3459,63	1557,6	6164,78
D	0,7741935	0	1
CTRANSRL	357,965982	107,022901	1252,19
PINTMR	1591,81	791,441441	3436,36
QPM	16966889,9	10119665	24410279

$$Ep, Ip = (\partial Q_i / \partial P_{i,t}) (P_{i,t} / Q_i) = (b_i / \gamma) (P_{i,t} / Q_i) \quad (13)$$

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.

## 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 0,85 a 0,94. El estadístico DW fluctuó entre 1,90 y 1,98, e indica la existencia de un bajo nivel de autocorrelación entre las series de tiempo. Los valores de la prueba Shapiro-Wilk (SW) por variable variaron de 0,89 a 0,98, lo que implica que su distribución se acerca a la normal (Cuadro 2).

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 la cantidad producida total de maíz (QPM), se presentan en el Cuadro 3.

### Elasticidades de corto plazo

El precio de la producción de maíz grano obtenido en temporal en México varía menos que el producido bajo riego (0,8731), e implica que estas producciones se ajustan en forma menos proporcional a los cambios suscitados en los precios al productor. La oferta total de maíz grano es menos afectada por los cambios unitarios en el precio medio rural real de maíz producido bajo riego (0,3025) y temporal (0,2282), 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); resalta la calculada para Zimbabue de 0,3605, aunque resultó muy diferente en comparación a las reportadas para Malawi, Mozambique, Tanzania, Sudáfrica y Zambia que fueron menores a 0,09 (Cutts y Hassan 2003); para Kenya es de 0,50 (Mose *et al.* 2007). De las elasticidades precio propias del maíz encontradas por Brescia y Lema (2007) para algunos países del Mercado Común de América del Sur (MERCOSUR), destaca la de Brasil (0,28) que resultó cercana a las encontradas en este trabajo, no así las calculadas para Argentina (1,305), Paraguay (1,27) y Bolivia<sup>5</sup> (0,62). Rao (1989) resume que las elasticidades precio propias agregadas de productos agrícolas (incluido el maíz) e individuales

<sup>5</sup> País asociado al bloque subregional; al igual que Chile, Colombia, Perú y Ecuador.

**Cuadro 2.** Resultados del modelo en su forma estructural para calcular las elasticidades económicas de cada factor que afecta la oferta de maíz. México.1980-2010.

$QPMRIM=$	2807144+1933,921* $PMRMRIMR$ -2566,38* $PMRSRIMR$ -185,912* $PMRFRIMR2L$			
$t$	(1,04)	(2,44)	(-3,13)	(-1,69)
Error sd.	2694662	793,4178	819,5248	109,8708
SW		0,92	0,92	0,96
	-300,873* $PFERTR$ -141,600* $PPLAGR3L$ -18630,8* $PMOMRL$ +75,17219* $DAR$			
$t$	(-1,38)	(-1,34)	(2,03)	(1,16)
Error sd.	217,7189	105,6202	9199,82	64,69236
SW	0,95	0,93	0,97	0,94
	+0,783463* $QPMRIML$			
$t$	(5,88)			
Error sd.	0,133197			
SW	0,98			
	$R^2=0,94$ ; $R^2A_{just}=0,91$ ; $Pr > F=0,0001$ ; $DW=1,984$			
$QPMTEM=$	31240325+1367,474* $PMRMTEMR$ -1324,83* $PMRSTEMR2L$ -102,807* $PMRFTEMRL$			
$t$	(3,09)	(2,74)	(-3,23)	(-1,18)
Error sd.	10118276	499,7145	409,6248	87,0345
SW		0,91	0,93	0,95
	-727,943* $PFERTRL$ -588,905* $PPLAGR$ -16396,4* $PMOMR2L$ -666491* $TEMP$			
$t$	(-1,03)	(-4,43)	(-2,53)	(-1,47)
Error sd.	708,0436	132,9091	6491,16	452960,1
SW	0,89	0,92	0,96	0,94
	+7727,904* $PP$ + 0,33622* $QPMTEML$			
$t$	(3,50)	(2,71)		
Error sd.	2207,038	0,124231		
SW	0,97	0,98		
	$R^2=0,89$ ; $R^2A_{just}=0,83$ ; $Pr > F=0,0001$ ; $DW=1,897$			
$PMRMRIMR =$	2061,065+ 0,494755* $PMAYMR3L$ -1500,28* $D$			
$t$	(6,41)	(9,46)	(-6,76)	
Error sd.	321,4327	0,052297	221,8095	
SW		0,96	0,95	
	$R^2=0,90$ ; $R^2A_{just}=0,89$ ; $Pr > F=0,0001$ ; $DW=1,929$			
$PMRMTEMR =$	2239,562+ 0,505361* $PMAYMR3L$ -1543,89* $D$			
$t$	(6,03)	(8,36)	(-6,02)	
Error sd.	371,5109	0,060444	256,3668	
SW		0,95	0,97	
	$R^2=0,88$ ; $R^2A_{just}=0,87$ ; $Pr > F=0,0001$ ; $DW=1,879$			
$PMAYMR =$	1834,537+ 2,856266* $CTRANSRL$ + 0,496065* $PINTMR$ -470,098* $D$			
$t$	(2,96)	(6,57)	(2,09)	(-1,12)
Error sd.	619,8470	0,434580	0,236939	418,3544
SW		0,94	0,92	0,95
	$R^2=0,85$ ; $R^2A_{just}=0,84$ ; $Pr > F=0,0001$ ; $DW=1,919$			

Fuente: Datos de la salida de SAS.

**Cuadro 3.** Coeficientes de la forma reducida del modelo con respecto a la cantidad total producida de maíz. México. 1980-2010.

Variables endógenas	Variables exógenas					
	Intercepto	PMRMRIMR	PMRSRIMR	PMRFRIMR2L	PFERTR	PPLAGR3L
QPMM	34047469	1933,921	-2566,38	-185,912	-300,873	-141,6
	PMOMRL	DAR	QPMRIML	PMRMTEMR	PMRSTEMR2L	PMRFTEMRL
QPMM	-18630,8	75,17219	0,783463	1367,474	-1324,83	-102,807
	PFERTRL	PPLAGR	PMOMR2L	TEMP	PP	QPMTEML
QPMM	-727,943	-588,905	-16396,4	-666491	7727,904	0,33622

de corto plazo de 1958 a 1982 en países desarrollados y en desarrollo como: China, India, Bangladesh, Tailandia, Malasia, Turquía, Sudan, Filipinas, Japón y Estados Unidos fueron del orden de 0 a 0,8; esto es congruente con la elasticidad correspondiente calculada para QPMM en este trabajo. Por otro lado, McKay *et al.* (1999) encontró para Tanzania que su elasticidad agregada de cultivos alimenticios, incluyendo el maíz, fue de 0,35; Mundlak *et al.* (1989) señalan que este mismo tipo de elasticidad para Argentina durante el periodo 1913-1984 fue de 0,99 y, para Chile de 1962 a 1982 fue de 1,18, según Coeymans y Mundlak (1993).

De 2005 a 2010, las tasas de crecimiento medias anuales (TCMA's) de los precios medios rurales reales del maíz producido en riego (PMRMRIMR) y temporal (PMRMTEMR) fueron de 4,56 y 3,77%, si éstas se mantienen ocasionarán un aumento en la cantidad producida de maíz obtenida bajo riego (QPMRIM) y temporal (QPMTEM) de 3,98 y 1,92%; la tendencia de estos cambios en las variables explicativas citadas, afectarían a la cantidad producida total de maíz en

México (QPMM) positivamente a razón de 1,38 y 0,86%, respectivamente.

En lo que respecta al efecto de transmisión de los precios reales, los cambios unitarios del precio al mayoreo de maíz (PMAYMR) provocan ajustes relativos muy similares sobre los precios medios rurales de la producción bajo riego (0,64%) y temporal (0,62%); no así aquellas que tienen el costo de transporte (CTRANSR) y el precio internacional del maíz (PINTMR) sobre el de mayoreo en México. Un cambio porcentual unitario en CTRANSR ocasionaría un ajuste de PMAYMR en 0,31% y, de 0,24% si se incrementa en la misma magnitud PINTMR; esto resalta la importancia del precio del combustible como componente preponderante en CTRANSR (Cuadro 4).

Con relación a los otros factores que afectan a QPMM, resaltan la magnitud de los efectos que sobre ésta tienen el precio del sorgo producido bajo riego (PMRSRIMR) y la temperatura media en el país (TEMP); ya que las elasticidades calculadas de -0,2898 y -0,8210, indican un nivel de afectación

**Cuadro 4.** Elasticidades precio propias y de transmisión de los precios de la producción de maíz, México. 1980-2010.

Variables exógenas	Variables endógenas					
	QPMRIM	QPMTEM	PMRMRIMR	PMRMTEMR	PMAYMR	QPMM
PMRMRIMR	0,8731					0,3025
PMRMTEMR		0,3492				0,2282
PMAYMR3L			0,6449	0,6175		
CTRANSRL					0,3056	
PINTMR					0,2360	

menos proporcional ante cambios unitarios en estas variables. Un incremento porcentual unitario en el precio de los insumos comerciables como el fertilizante (PFERTR) y los plaguicidas (PPLAGR), reduce la producción total de maíz (QPMM) en 0,0469 y 0,4108%; resalta el resultado de la segunda elasticidad precio, ya que es cercana a las reportadas por Foster y Mwanauo (1995) -0,48 para Zambia, y Mose *et al.* (2007) -0,83 para Kenia.

Durante el periodo de 2005 a 2010, el PMRSRIMR y la TEMP registraron TCMA's de 5,70 y -0,38%, lo que generaría cambios en QPMM de -1,65 y 0,31%, respectivamente. El aumento unitario en el precio de productos competitivos producidos en temporal (sorgo [PMRSTEMR] y frijol [PMRFTEMR]) impactan negativamente sobre la oferta total de maíz en México y sobre el QPMM (-0,1531 y -0,0460), aunque cabe resaltar que el nivel de afectación negativa de estas variables bajo la tecnología de riego es mayor (Cuadro 5).

Al diferenciar la producción de maíz en México por tipo de tecnología, se encontró que la producción bajo riego (QPMRIM), reacciona menos que proporcional y de forma inversa (-0,2881) ante incrementos unitarios en el precio de los plaguicidas (PPLAGR), además de que los cambios en el precio a nivel productor del bien competitivo que más le afectan son los suscitados en el sorgo [PMRSRIMR] (-0,8365). El incremento en el precio promedio de la mano de obra en el país (PMOMR) reduce la producción citada en una proporción de

-0,18% por cada punto porcentual de cambio positivo en esta variable, mientras que la disponibilidad de agua para riego (DAR) la aumenta en 0,41%.

De 2005 a 2010, las TCMA's de PPLAGR, PMRSRIMR, PMOMR y DAR fueron de 4,78; 5,7; -3,29 y 1,59%; si esta tendencia de cambios se mantiene en las variables citadas generarían movimientos en QPMRIM de -1,38; -4,77; 0,6 y 0,66%, respectivamente. Los factores que más afectan la producción de maíz en temporal (QPMTEM) son, de manera inversa el precio medio rural del sorgo (PMRSTEMR) producido bajo el mismo tipo de tecnología (-0,2343) y el precio de los plaguicidas [PPLAGR] (-0,6286), la temperatura media en México (TEMP) ocasiona una sobre reacción inversa mas que proporcional (-1,2563) y la precipitación promedio (PP) le ocasiona una reacción positiva (0,5473); sobre estas no se puede influir al ser variables estocásticas. Para el mismo periodo citado, las TCMA's de PMRSTEMR, PPLAGR, TEMP y PP fueron de 5,17; 4,78; -0,38 y 4,07%; lo que ocasionaría (si estas tendencias se mantienen), efectos sobre QPMTEM del orden de -1,21; -3; 0,47 y 2,23%.

#### Elasticidades de largo plazo

Estas elasticidades indican que QPMRIM responderá en el largo plazo de manera elástica (4,0323) ante cambios en su respectivo precio medio rural (PMRMRIMR) y QPMTEM (Cuadro 6)

**Cuadro 5.** Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan la producción de maíz. México. 1980-2010.

Variables exógenas	Variables endógenas				
	PMRSRIMR	PMRFRIMR2L	PFERTR	PPLAGR3L	PMOMRL
QPMRIM	-0,8365	-0,2497	-0,0553	-0,2881	-0,1836
QPMM	-0,2898	-0,0865	-0,0192	-0,0998	-0,0636
	DAR	QPMRIML			
QPMRIM	0,4125	0,7624			
QPMM	0,1429	0,2642			
	PMRSTEMR2L	PMRFTEMR	PFERTRL	PPLAGR	PMOMR2L
QPMTEM	-0,2343	-0,0704	-0,0718	-0,6286	-0,0870
QPMM	-0,1531	-0,0460	-0,0469	-0,4108	-0,0568
	TEMP	PP	QPMTEML		
QPMTEM	-1,2563	0,5473	0,3346		
QPMM	-0,8210	0,3577	0,2187		

Fuente: Elaborado con la información de los Cuadros 1, 2 y 3.

**Cuadro 6.** Elasticidades de largo plazo de la producción de maíz, México.1980-2010.

Variables exógenas	Variables endógenas					
	PMRMRIMR	PMRSRIMR	PMRFRIMR2L	PFERTR	PPLAGR3L	PMOMRL
QPMRIM	4,0323	-3,8630	-1,1533	-0,2554	-1,3306	-0,8478
	<b>DAR</b>	<b>QPMRIML</b>				
QPMRIM	1,9048	3,5208				
	<b>PMRMTEMR</b>	<b>PMRSTEMR2L</b>	<b>PMRFTEMRL</b>	<b>PFERTRL</b>	<b>PPLAGR</b>	<b>PMOMR2L</b>
QPMTEM	0,5260	-0,3529	-0,1060	-0,1081	-0,9471	-0,1310
	<b>TEMP</b>	<b>PP</b>	<b>QPMTEML</b>			
QPMTEM	-1,8926	0,8245	0,5041			

Fuente: Elaborado con la información de los Cuadros 1, 2 y 3.

seguirá respondiendo inelásticamente durante el largo plazo (0,5260), ambas difieren a la correspondiente reportada por Foster y Mwanaumo (1995) para Zambia, 1,57. La segunda elasticidad precio propia citada y calculada en este trabajo fue cercana a la reportada por Cutts y Hassan (2003) para Zimbabue (0,4484) y, muy diferentes a las calculadas para Malawi (0,1331), Mozambique (0,0667), Tanzania (0,1339), Sudáfrica (0,1519) y Zambia (0,1694). Rao (1989) señala que durante el periodo de 1958 a 1982 las elasticidades precio propias agregadas (incluido el maíz) e individuales de productos agrícolas de largo plazo, en países desarrollados y en desarrollo como: China, India, Bangladesh, Tailandia, Chile, Malasia, Turquía, Sudan, Argentina, Filipinas, Japón y Estados Unidos estuvieron en el orden de 0,3 a 1,2; asimismo McKay *et al.* (1999) reporta que la correspondiente elasticidad precio propia agregada de cultivos alimenticios (incluido el maíz) para Tanzania, es de casi la unidad.

A la producción en riego, los incrementos porcentuales unitarios en el precio de los insumos le impactaron negativamente de manera significativa al orden de 1,33; 0,85 y 0,26% en lo que respecta al precio del plaguicida (PPLAGR), el de la mano de obra (PMOMR) y el del fertilizante (PFERTR); esta última resultó 1,18% inferior a su similar reportada para Zambia de -1,44 (Foster y Mwanaumo 1995). La disponibilidad de agua para riego (DAR) impacta de manera directa a la oferta de maíz mexicano producido bajo este tipo de tecnología (QPMRIM), un incremento porcentual unitario en este factor determinante aumentaría la

producción citada en 1,905%, la temperatura (TEMP) y precipitación media en el país (PP) afectan inversa y directamente la producción de maíz en temporal (QPMTEM) a razón de 1,89 y 0,82% por cada 1% de cambio positivo en estas variables explicativas estocásticas.

## LITERATURA CITADA

- BM (Banco de México). 2011. Precios e inflación. México. (en línea). Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.banxico.org.mx/>
- Benítez, JG; García, R; Mora, JS; García, JA. 2010. Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Revista Agrociencia* 44(1):109-119.
- Brescia, V; Lema, RD. 2007. Supply elasticities for selected commodities in mercosur and bolivia. *EC Project EUMercoPol (2005-08)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA (Argentina). Consultado 21 may. 2012. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/supply-elasticities-for-selected-commodities-in-mercosur-and-bolivia/>
- Calderón, M; García, R; López, S; Mora, JS; García, JA. 2004. Efecto del precio internacional sobre el mercado de la papa en México, 1990-2000. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(4):377-384.
- CANACAR (Cámara Nacional del Autotransporte de Carga, ME). 2011. Estadísticas e indicadores del autotransporte de carga. México. (en línea). Consultado 22 ago. 2011. Disponible en <http://www.canacar.com.mx/>

- Chembezi, DM; Womack, AW. 1987. An analysis of supply response among cotton growers in Malawi. *Agricultural Systems* 22(2):79-94.
- CNA (Consejo Nacional Agropecuario, ME). 1995. Compendio estadístico del sector agroalimentario: Precio promedio LAB (estación de ferrocarril) de los fertilizantes y producción nacional. México, DF. s.e. 80 p.
- Coymans, JE; Mundlak, Y. 1993. Sectoral growth in Chile: 1962–82. *International Food Policy Research Institute, Research Report 95*. Washington, D.C. 152 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, ME). 2011. Estadísticas sobre la cantidad de agua en las presas del país. México. (en línea). Consultado 4 may. 2011. Disponible en <http://www.cna.gob.mx>
- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos, ME). 2011. Estadísticas del salario mínimo general promedio en el área geográfica C. México. (en línea). Consultado 13 may. 2011. Disponible en [http://www.conasami.gob.mx/t\\_sal\\_mini\\_prof.html](http://www.conasami.gob.mx/t_sal_mini_prof.html)
- Cutts, M; Hassan, R. 2003. An econometric model of the SADC maize sector. Contributed paper presented at the 41st Annual Conference of the Agricultural Economic Association of South Africa (AEASA). Pretoria, South Africa. (en línea). Consultado 18 may. 2012. Disponible en <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19075/1/cp03cu01.pdf>
- CVIA (Centro Virtual de Información sobre el Agua, ME). 2011. Situación de las presas en México. (en línea). Consultado 17 jun. 2011. Disponible en <http://www.agua.org.mx/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2011. FAOSTAT-Statistical Databases. México. (en línea). Consultado 22 jul. 2011. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/351/default.aspx>
- Foster, KA; Mwanaumo, A. 1995. Estimation of dynamic maize supply response in Zambia. *Journal of Agricultural Economics* 12(1):99-107.
- García, R; Villar, MF del; García, JA; Mora, JS; García, RC. 2004. Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia* 29(8):414-420.
- Gujarati, DN. 2004. *Econometría*. 4 ed. México, DF. McGraw-Hill Interamericana. 972 p.
- Imai, KS; Gaiha, R; Thapa, G. 2011. Supply response to changes in agricultural commodity prices in Asian countries. *Journal of Asian Economics* 22(1):61-75.
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática-Banco de Información Económica, ME). 2011. Índice nacional de precios al consumidor por objeto del gasto. México. (en línea). Consultado 21 ago. 2011. Disponible en <http://www.inegi.gob.mx>.
- McKay, A; Morrissey, O; Vaillant, Ch. 1999. Aggregate supply response in Tanzanian agriculture. *The Journal of International Trade & Economic Development* 8(1): 107-123.
- Mose, LO; Burger, K; Kuyvenhoven, A. 2007. Aggregate supply response to price incentives: the case of smallholder maize production in Kenya. (en línea). *African Crop Science Conference Proceedings*. Vol. 8. p. 1247-1275. Consultado 25 may. 2012. Disponible en <http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/309.pdf>
- Mundlak, Y; Cavallo, DF; Domenech, RA. 1989. Agriculture and economic growth in Argentina: 1913–84. *International Food Policy Research Institute, Research Report 76*. Washington, D.C. 139 p.
- Ramírez, M; Martínez, HJ; Ortiz, LX; González, FA; Barrios, CA. 2004. Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas. Documento de trabajo No. 49. Bogotá, Colombia. 61 p.
- Rao, JM. 1989. Agricultural supply response: A survey. *Agricultural Economics* 3(1):1-22.
- SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca, ME). 2011. Sistema de información del sector agrícola: 1980-2010. México. (en línea). Consultado 5 jul. 2011. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
- Samuelson, PA; Nordhaus, WD. 2010. *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*. 19 ed. México, DF. McGraw-Hill. 403 p.
- SAS Institute Inc. 2002. *The SAS System for Windows 9.0*. Cary, N.C. USA.
- SCT-DGTFM (Secretaría de Comunicaciones y Transportes-Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal, ME). 2011. Tarifas ferroviarias de carga. México. (en línea). Consultado 12 oct. 2011. Disponible en <http://dgtfm.sct.gob.mx/>
- Shepherd, B. 2006. Estimating price elasticities of supply for cotton: a structural time-series approach. *FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper No. 21*. Paris, France. 26 p.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional, ME). 2011. Precipitación media anual por estado. México. (en línea).

- Consultado 7 abr. 2011. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/>
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, ME). 2011. Precio del maíz grano en las centrales de abastos del Distrito Federal y Área Metropolitana. México. (en línea). Consultado 9 jun. 2011. Disponible en <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- Wooldridge, JM. 2009. Introducción a la econometría: Un enfoque moderno. 4 ed. México, DF. CENGAGE Learning. 865 p.

