

Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México

Determinants of the supply of bean by type of technology in Mexico

Eugenio Guzmán-Soria*✉, María Teresa de la Garza-Carranza*, José Alberto García-Salazar**, Samuel Rebollar-Rebollar***, Juvencio Hernández-Martínez****

Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M. T., García-Salazar, J. A., Rebollar-Rebollar, S., & Hernández-Martínez, J. (2019). Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(76), 49-59.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el cambio en los factores que determinan la oferta de frijol en México, diferenciándola en riego y temporal, se formuló un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto por dos de oferta, tres de transmisión de los precios y una identidad; usando datos anuales de 1980 a 2016 y el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E). Los resultados indican que la oferta total de frijol, responde inelásticamente ante cambios en su precio, producido bajo riego (0.2814) y temporal (0.2575); el precio del bien competitivo que más le

impacta es el del garbanzo producido en temporal (-0.4594). Por tipo de tecnología las elasticidades precio-propias de la oferta de frijol en riego y temporal, fueron de 0.9087 y 0.3730; los cambios en los bienes competitivos que más impactan sobre los dos tipos de ofertas, son los registrados en el precio del arroz (-0.4498) y del garbanzo (-0.6654).

ABSTRACT

With the goal of evaluating the change in the factors that determine the bean supply in Mexico, differentiating it on irrigation and rain-fed, a model of simultaneous equations was formulated, composed of two of supply, three of prices transmission and one identity; using annual data from 1980 to 2016 and the two-stage least squares method (MC2E). The results indicate that the total bean supply, responds inelastically to changes in its price, produced under irrigation (0.2814) and rain-fed (0.2575); the price of the competitive good that most impacts it is that of the chickpea produced in rain-fed (-0.4594). By type of technology, the price-specific elasticities of the bean supply in irrigation and rain-fed, were 0.9087 and 0.3730; the changes in the competitive goods that have the greatest impact on the two types of offers are those registered in the price of rice (-0.4498) and chickpea (-0.6654).

Palabras clave: producción; frijol; riego; temporal; ecuaciones simultáneas; elasticidades.

Keywords: production; bean; irrigation; temporary; simultaneous equations; elasticities.

Recibido: 28 de marzo de 2018, aceptado: 13 de noviembre de 2018

* Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Celaya-Campus II. Av. García Cubas 1200, Esquina Ignacio Borunda, C. P. 38010, Celaya, Guanajuato, México. Correo electrónico: eugenio.guzman@itcelaya.edu.mx; teresa.garza@itcelaya.edu.mx. ORCID: orcid.org/0000-0003-4713-7154; orcid.org/0000-0002-4877-3403.

** Programa de Economía, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km 26.5 Carr. México-Tezcoco, C. P. 56230, Montecillo, Estado de México, México. Correo electrónico: jsalazar@colpos.mx. ORCID: orcid.org/0000-0002-9892-7618.

*** Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México. Barrio de Santiago s/n, C. P. 51300, Temascaltepec, Estado de México, México. Correo electrónico: samrere@hotmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0002-2906-0571.

**** Facultad de Economía, Centro Universitario UAEM Tezcoco, Universidad Autónoma del Estado de México. Av. Jardín Zumpango s/n, Fracc. El Tejocote, C. P. 56259, Tezcoco, Estado de México, México. Correo electrónico: jhmartinez1412@gmail.com. ORCID: orcid.org/0000-0001-7864-5595.

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de frijol de 2010 a 2016 registró una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1.42%, lo que significó un aumento de 2,170 millones de toneladas (Mt) en el periodo. Históricamente, India ha sido el principal productor de frijol en

el mundo, aunque en los últimos cinco años fue superado por Myanmar. En 2016 la producción de frijol superó las 26.8 Mt, Myanmar y la India fueron los principales productores con 19.34% y 14.53% de participación; después Brasil (9.75%), Estados Unidos (4.73%), Tanzania (4.32%), China (4.2%), México (4.06%), Uganda (3.76%) y Kenya (2.71%). De estos países, Kenya registró la TMAC: 2010-2016 más alta con 10.94%, mientras que la más baja con -3.71% fue de la India (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

En cuanto a las exportaciones de frijol en 2016, de los diez países principales que alcanzaron las 2.96 Mt, lo que representa 10.82% de la producción mundial Myanmar exportó 20.39%, seguido por China (19.90%), Estados Unidos (15.99%), Argentina (14.71%), Canadá (11.34%), Etiopía (6.22%), Australia (5.11%), Tanzania (3.30%), Nicaragua (1.89%) y Egipto (1.16%). México ocupó el lugar dieciséis con 32.9 mil t.

Con respecto a las importaciones de frijol, los 10 países principales en 2016 adquirieron 2.03 Mt (7.57% de la producción mundial) y fueron India (35.92%), Brasil (16.89%), Estados Unidos (8.53%), México (8.09%), Italia (6.61%), Pakistán (5.87%), Reino Unido (5.47%), Japón (5.32%), Canadá (3.97%) e Indonesia (3.34%). De 2010 a 2016 la TMAC más alta fue la de Pakistán con 14.15%, seguido por Brasil con 11.18%, India 6.62%, Canadá 5.73%, México 5.70%, Italia 3.68%, Estados Unidos 3.32% e Indonesia 2.05%, mientras que Reino Unido registró un decremento en sus importaciones a una TMAC 1.99% (FAO, 2018).

A nivel nacional, durante 2016 la superficie sembrada de frijol fue de 1.634 Mha; de estas, 10.33% se sembró bajo riego y 89.67% se sembró en temporal. De la superficie sembrada bajo riego, Sinaloa registró la mayor cantidad con 37.1% (462,679 ha), le siguieron los estados de Zacatecas (15.7%), Nayarit (8.5%), Chihuahua (5.7%) y Sonora (4.9%), lo que suma 121,431 ha. La mayor superficie de temporal se registró en Zacatecas (40.1%), Durango (16.5%), Chiapas (7.8%), Chihuahua (7.7%) y San Luis Potosí (6.6%), con lo que alcanzó en conjunto 1.155 Mha (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2018).

En 2016, la producción de frijol en México fue de 1.089 Mt, de las cuales 23.86% provinieron de las zonas de riego y el resto provino de zonas de temporal (76.14%). Los principales estados productores bajo

riego fueron Sinaloa con 35.01%, Zacatecas con 22.17%, Chihuahua con 7.02%, Guanajuato con 6.34% y Nayarit con 6.02%, los que en suma produjeron 0.199 Mt; mientras que los principales estados productores bajo temporal fueron Zacatecas con 39.7%, Durango con 14.65%, Chihuahua con 10.13%, Chiapas con 7.46% y Guanajuato con 4.47%, los que en suma produjeron 0.633 Mt (figura 1).



Figura 1. Cultivo de frijol grano.

Fotografía tomada del sitio Inforural (15 de julio de 2012).

En relación con el rendimiento por hectárea del frijol en 2016 el promedio nacional del producido bajo riego registró 1.57 t/ha y en temporal 0.85 t/ha; cabe señalar que en cada régimen hídrico existen diferencias significativas en los rendimientos entre los estados productores, bajo riego el rango fue de 1.56 t/ha (como extremos Zacatecas y Quintana Roo con 2.35 y 0.79 t/ha), mientras que el rango en temporal fue de 1.3 t/ha (Nayarit 1.65 t/ha y Aguascalientes 0.35 t/ha) (SIAP, 2018).

En México tanto la superficie sembrada como la producción de frijol registraron desde 2010 hasta 2016 TMAC decrecientes de 2.4 y 1%, lo que hizo incrementar las importaciones mexicanas de frijol con el fin de atender el exceso de demanda generado por este alimento básico. En 2016 la producción nacional del sector agrícola en México alcanzó 513,936 millones de pesos y el frijol representó 2.58% (figura 2). Lo anterior resalta, por un lado, la importancia económica marginal del grano y la dependencia de México hacia las importaciones de frijol.

El objetivo de este trabajo fue determinar y analizar los factores que afectan la oferta de frijol grano, clasificada como *de riego* y *de temporal*; además de medir el efecto de transmisión de

los precios, lo que crea escenarios de política económica que coadyuven a una mejor toma de decisión por parte de los productores de frijol mexicano ante cambios que determinan la oferta en riego y temporal; así como en la total.



Figura 2. Variedades de frijol en vaina. Fotografía tomada del sitio Biodiversidad mexicana (s. f.).

La hipótesis de investigación fue que las ofertas de frijol en riego y temporal son determinadas positivamente por sus precios al productor, la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio (respectivamente); negativamente por los precios de productos competitivos, el precio de los insumos y la temperatura y que la magnitud del efecto en la transmisión de los precios es menos que proporcional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un sistema de ecuaciones simultáneas puede ser expresado en forma matricial condensada, como lo proponen Gujarati & Porter (2010, pp. 711-719) citados por Guzmán-Soria, De la Garza-Carranza, García-Salazar, Hernández-Martínez y Rebolllar-Rebolllar (2012):

$$(1) \quad \Gamma Y_t + B X_t = E_t$$

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:

$$(2) \quad \Pi Y_t + B X_t = E_t$$

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 determinantes de la oferta de frijol en México, diferenciada por tipo de tecnología, fue establecida mediante las elasticidades económicas, calculadas a partir de los resultados de un modelo de ecuaciones simultáneas, que en su forma estructural fue formulado como sigue:

- (3) $QPFRI_t = \alpha_{11} + \alpha_{12} PMRFRIRL_{t-1} + \alpha_{13} PMRMRIRL_{t-1} + \alpha_{14} PMRAPRIR2L_{t-2} + \alpha_{15} PMRGRIR_t + \alpha_{16} PFERTR3L_{t-3} + \alpha_{17} PPLAGR_{t-1} + \alpha_{18} DAR_t + \alpha_{19} TEMP_t + \alpha_{110} QPFRIML_{t-1} + \varepsilon_{1t}$
- (4) $QPFTE_t = \alpha_{21} + \alpha_{22} PMRFTER3L_{t-3} + \alpha_{23} PMRMTERL_{t-1} + \alpha_{24} PMRAPTER2L_{t-2} + \alpha_{25} PMRGTER_t + \alpha_{26} PFERTRL_{t-1} + \alpha_{27} PPLAGR_t + \alpha_{28} PP_t + \alpha_{29} TEMP_t + \alpha_{210} QPFTEML_{t-1} + \varepsilon_{2t}$
- (5) $PMRFRIR_t = \alpha_{31} + \alpha_{32} PMAYFRL_{t-1} + \alpha_{33} Dt + \varepsilon_{3t}$
- (6) $PMRFTER_t = \alpha_{41} + \alpha_{42} PMAYFRL_{t-1} + \alpha_{43} Dt + \varepsilon_{4t}$
- (7) $PMAYFR_t = \alpha_{51} + \alpha_{52} CTRANSRL_{t-1} + \alpha_{53} PINTFIR_t + \alpha_{54} D_t + \varepsilon_{5t}$
- (8) $QPF_t = QPFRI_t + QPFTE_t$

donde: $QPFRI_t$ = cantidad producida de frijol bajo riego en México (t); $PMRFRIRL_{t-1}$ = precio medio rural real del frijol producido bajo riego con un año de retraso (\$/t); $PMRMRIRL_{t-1}$ = precio medio rural real del maíz producido bajo riego con un año de retraso (\$/t); $PMRAPRIR2L_{t-2}$ = precio medio rural real del arroz producido bajo riego con dos años de retraso (\$/t); $PMRGRIR_t$ = precio medio rural real del garbanzo producido bajo riego (\$/t); $PFERTRL_{t-1}$ y $PFERTR3L_{t-3}$ = precio real del fertilizante con un año de retraso y con tres años de retraso (\$/t); $PPLAGR_t$ y $PPLAGR_{t-1}$ = precio real del plaguicida en el año t y con un año de retraso (\$/t); DAR_t = disponibilidad de agua para

riego (millones de m^3); $TEMP_t$ = temperatura promedio anual ($^{\circ}C$); $QPFRIL_{t-1}$ = cantidad producida de frijol bajo riego en México con un año de retraso (t); $QPFTE_t$ = cantidad producida de frijol en temporal en México (t); $PMRFTER3L_{t-3}$ = precio medio rural real del frijol producido en temporal con tres años de retraso ($\$/t$); $PMRMTERL_{t-1}$ = precio medio rural real del maíz producido en temporal un año de retraso ($\$/t$); $PMRAPTER2L_{t-2}$ = precio medio rural real del arroz producido en temporal con dos años de retraso ($\$/t$); $PMRGTER_t$ = precio medio rural real del garbanzo producido bajo temporal ($\$/t$); PP_t = precipitación promedio anual (mm); $QPFTEL_{t-1}$ = cantidad producida de frijol en temporal en México con un año de retraso (t); $PMAYFR_t$ y $PMAYFR_{t-1}$ = precio al mayoreo real de frijol en el año t y con un año de retraso ($\$/t$); D_t = variable de clasificación con cero desde 1980 hasta 1986, que representa el periodo de economía cerrada y uno de 1987 a 2016 que representa la economía abierta; $CTRANSRL_{t-1}$ = costo de transporte real con un año de retraso ($\$/t$); $PINTFIR_t$ = precio real internacional del frijol-variable proxy el precio al productor del frijol en India ($\$/t$) y QPF_t = cantidad producida total de frijol en México (t).

Las ecuaciones 3 y 4 modelan la producción de frijol grano en México bajo riego y temporal. Las ecuaciones 5 y 6 modelan el efecto de transmisión que el precio al mayoreo de frijol en México tiene sobre el precio medio rural del frijol bajo riego y temporal. La ecuación 7 modela el efecto que el costo de transporte y el precio al productor de frijol en India tienen sobre el precio al mayoreo (ya que históricamente durante el periodo de análisis fue el principal país productor del grano) y, por último, la ecuación de identidad 8, establece la cantidad de frijol total producida en México, establecida como suma de las cantidades producidas bajo riego y temporal.

El modelo se basó en evidencia de trabajos de investigación empírica que han analizado económicamente la producción de este grano, así como de otros productos agropecuarios: Benítez-Ramírez, García-Mata, Mora-Flores y García-Salazar (2010), Brescia y Lema (2007), Calderón Chávez, García Mata, López Díaz, Mora Flores y García Salazar (2004), Chembezi y Womack (1987), Coeymans y Mundlak (1993), Cutts y Hassan (2003), Foster y Mwanumo (1995), García Mata, Del Villar Villalón, García Salazar, Mora Flores y García Sánchez (2004), Guzmán-Soria et al. (2012), Imai, Gaiha y Thapa (2011), McKay, Morrissey y Vaillant (1999), Mose, Burger y Kuyvenhoven (2007), Mundlak, Cavallo y

Domenech (1989), Ramírez Gómez, Martínez Covaleda, Ortiz, González, y Barrios (2004), Rao (1989) y Shepherd (2006).

Para cada una de las variables se conformó una serie de tiempo con información anual desde 1980 hasta 2016 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 (más evidente en el caso de la oferta de productos agropecuarios, los cuales por el proceso biológico requieren de algún tiempo para su producción), ya que con frecuencia responden después de cierto tiempo, lapso que recibe el nombre de rezago o retraso (Gujarati & Porter, 2010, pp. 617-622, citados por Guzmán-Soria et al., 2012) 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 (Guzmán-Soria et al., 2012).

Las cantidades producidas y los precios medios rurales se obtuvieron de SIAP (2018), los precios del fertilizante y plaguicida en el Consejo Nacional Agropecuario (1995) y la FAO (2018), la disponibilidad de agua para riego de la Comisión Nacional del Agua (2017) y el Centro Virtual de Información sobre el Agua (2017), la temperatura y precipitación promedio anual del Servicio Meteorológico Nacional (2017), el precio al mayoreo de frijol en México y el precio del frijol en la India del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (2017) y la FAO (2018), respectivamente; por último, el costo de transporte se obtuvo de la Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal (2017) y la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (2017).

Las series monetarias fueron calculadas en términos reales usando el Índice de Precios al Productor del Sector Agrícola, el Índice Nacional de Precios al Consumidor y el Índice Nacional de Precios al Consumidor del Sector Transporte, obtenidos del Banco de Información Económica del INEGI (2017). El año base de los índices de precios fue 2010.

Los coeficientes del modelo fueron estimados con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) (Gujarati & Porter, 2010, pp. 718-720; Wooldridge, 2009, pp. 521-523) con 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 tra-

vés de la prueba *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*) (Guzmán-Soria et al., 2012). La teoría microeconómica de la oferta (Parkin & Loría, 2015; Samuelson & Nordhaus, 2010) fue usada para validar el signo de los coeficientes de cada variable independiente. Con base en Gujarati y Porter (2010, pp. 699-702) para la identificación del modelo se usaron las condiciones de orden y de rango y se obtuvo como resultado que todas las ecuaciones están sobreidentificadas.

RESULTADOS

En su forma estructural, las cinco ecuaciones de regresión mostraron altos coeficientes de determinación ajustada (*R*² Ajust) en rango de 0.81 a 0.93, la prueba *F* de cada ecuación resultó significativa a 0.01, los valores del estadístico *DW* indican un bajo nivel de autocorrelación entre la series de tiempo (1.96 a 2.19) y el valor de *SW* por variable fue de 0.93 a 0.99, lo que implica que su distribución se acerca a la normal (tabla 1).

Tabla 1
Resultados de la forma estructural

$QPFR1 = 1048714 + 27.649 * PMRFR1RL - 31.269 * PMRM1RL - 36.269 * PMRAPR1R2L$					
<i>t</i>	(1.84*)	(5.14***)	(-1.30*)	(-2.29**)	
Error sd.	571467	5.3820	24.1239	15.8187	
<i>SW</i>		0.94	0.96	0.92	
$-4.8751 * PMRGR1R - 326724 * PFERTR3L - 14.788 * PPLAGR1L + 7.7257 * DAR$					
<i>t</i>	(-1.03*)	(-1.03*)	(-2.11**)	(2.01**)	
Error sd.	4.7244	31.7625	7.0147	3.8449	
<i>SW</i>	0.97	0.95	0.93	0.94	
$-40038.6 * TEMP + 0.3827 * QPFR1L$					
<i>t</i>	(-1.40*)	(2.62**)			
Error sd.	28657.6	0.1461			
<i>SW</i>	0.96	0.97			
$R^2=0.92; R^2Ajust=0.11; Pr > F=0.0001; DW=2.19; BP=1.87$					
$QPFR2 = -2512999 + 26.0385 * PMRFR2RL - 68.4682 * PMRM2RL - 118.586 * PMRAPR2RL$					
<i>t</i>	(-1.23*)	(1.14*)	(-1.01*)	(-2.36**)	
Error sd.	2042370	22.79267	67.72067	50.21218	
<i>SW</i>		0.95	0.931	0.93	
$-73.47063 * PMRGR2R - 155.5921 * PFERTR3L - 23.4336 * PPLAGR2L + 517.0063 * PP$					
<i>t</i>	(-1.87**)	(-1.1*)	(-0.9*)	(1.16*)	
Error sd.	39.37581	141.8613	26.04035	444.3468	
<i>SW</i>	0.92	0.92	0.964	0.96	
$-123835.5 * TEMP + 0.37415 * QPFR2L$					
<i>t</i>	(-1.41*)	(2.14**)			
Error sd.	88042.49	0.174623			
<i>SW</i>	0.96	0.97			
$R^2=0.86; R^2Ajust=0.81; Pr > F=0.0001; DW=2.06; BP=1.89$					
$PMRFR1R = 8689.378 + 0.958538 * PMAYFR1L - 1740.6 * D$					
<i>t</i>	(3.76***)	(2.8***)	(-1.19*)		
Error sd.	2312.741	0.342227	456.797		
<i>SW</i>		0.94	0.96		
$R^2=0.96; R^2Ajust=0.94; Pr > F=0.0004; DW=1.992; BP=1.88$					
$PMRFR2R = 5775.489 + 1.685171 * PMAYFR2L - 2178.55 * D$					
<i>t</i>	(2.89***)	(5.71***)	(-1.73**)		
Error sd.	1995.222	0.295242	1256.792		
<i>SW</i>		0.96	0.95		
$R^2=0.87; R^2Ajust=0.84; Pr > F=0.0001; DW=1.978; BP=1.88$					
$PMAYFR = 3228.09 + 1.55936 * CTRANSRL + 0.154038 * PINTFIR - 1282.81 * D$					
<i>t</i>	(5.36***)	(3.38***)	(2.06**)	(-3.34***)	
Error sd.	602.7695	0.461527	0.074751	384.1471	
<i>SW</i>		0.93	0.96	0.95	
$R^2=0.85; R^2Ajust=0.83; Pr > F=0.0001; DW=1.979; BP=1.89$					

Nota: BP= Breush-Pagan, prueba de heterocedasticidad entre las series de tiempo. Valores *t* al 0.1 (*); 0.05 (**); 0.01 (***) de significancia estadística.

Elaboración propia.

Tabla 2
 Resultados de la forma reducida

Variables endógenas	Variables exógenas					
	Intercepto	PMRFRIRL	PMRMRIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L
QPF	-1464285	27.64922	-31.2697	-36.2697	-4.87514	-32.6724
	PPLAGRL	DAR	TEMP	QPFRIL	PMRFTER3L	PMRMTERL
QPF	-14.78815	7.72579	-163874.1	-0.28269	26.03858	-68.46824
	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL	PPLAGR	PP	QPFTEL
QPF	-118.586	-73.47063	155.5921	-23.4336	517.0063	0.37415

Nota: Elaboración propia.

Los valores *t* de Student indican que los coeficientes de las variables endógenas del modelo son significativos estadísticamente y sus signos presentaron congruencia con la teoría microeconómica de la oferta. Los coeficientes de la forma reducida del modelo con relación a la cantidad producida total de frijol (QPF) se reportan en la tabla 2.

Elasticidades de corto plazo

La producción de frijol grano en temporal en México responde más inelásticamente (0.3730) que la obtenida bajo riego (0.9087) e implica que las producciones se ajustan en forma menos que proporcional a los cambios suscitados en sus respectivos precios al productor. La oferta total de frijol grano (QPF) es afectada de forma menos que proporcional ante cambios unitarios en el precio real al productor de frijol producido en riego (0.2814) y en temporal (0.2575). Las TMAC desde 2010 hasta 2016, registradas en los precios reales al productor del frijol obtenido en riego (PMRFRIR) y en temporal (PMRFTER), fueron de 4.99 y 5.93%, si estas se mantienen ocasionarían un aumento en la cantidad producida de frijol en riego (QPFRIL) y temporal (QPFTEL) de 4.53

y 2.21% y las TMAC citadas afectarían la producción total de frijol en México (QPF) directamente en magnitud de 1.4 y 1.53%, respectivamente.

Con relación al efecto de transmisión de los precios reales al productor, un cambio porcentual unitario del precio al mayoreo de frijol real (PMAYFR) provoca un ajuste relativo mayor sobre el precio real al productor de frijol bajo temporal (0.6%), en comparación al ajuste relativo que suscita sobre el precio real al productor de frijol bajo riego (0.33%). En lo que respecta al efecto del costo de transporte (CTRANSR) y el precio internacional del frijol (PINTFIR) sobre el precio al mayoreo de frijol en México, un cambio de 1% en CTRANSR y en PINTFIR ocasionarían un ajuste directo en PMAYFR de 0.16% y 0.27%; esto resalta el impacto que tiene el precio internacional en los márgenes de comercialización del frijol en México (tabla 3).

Con respecto a los otros factores que afectan a QPF sobresalen el precio del arroz producido bajo riego (PMRAPRIR) y la temperatura media en el país (TEMP) con elasticidades de -0.1393 y -3.1384. Por otro

Tabla 3
 Elasticidades precio propias y de transmisión de los precios de la producción de frijol en el corto plazo

Variables exógenas	Variables endógenas					
	QPFRIL	QPFTE	PMRFRIR	PMRFTER	PMAYFR	QPF
PMRFRIRL	0.9087					0.2814
PMRFTER3L		0.3730				0.2575
PMAYFRL			0.3276	0.6049		
CTRANSRL					0.1589	
PINTFIR					0.2684	

Nota: Elaboración propia con información de la tabla 1.

Tabla 4
Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan la producción de frijol en el corto plazo

Variables endógenas	Variables exógenas				
	PMRMIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L	PPLAGR
QPFRI	-0.3481	-0.4498	-0.1444	-0.1492	-0.7377
QPF	-0.1078	-0.1393	-0.0447	-0.0462	-0.2285
	DAR	TEMP	QPFRI		
QPFRI	0.7699	-2.4759	0.3852		
QPF	0.2384	-3.1384	-0.0881		
	PMRMTERL	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL	PPLAGR
QPFTE	-0.3619	-0.6372	-0.6654	-0.3126	-0.5226
QPF	-0.2498	-0.4398	-0.4594	-0.2158	-0.3608
	PP	TEMP	QPFTEL		
QPFTE	0.5358	-3.4357	0.3732		
QPF	0.3698	-3.1384	0.2576		

Nota: Elaboración propia con información de las tablas 1 y 2.

lado, un incremento unitario en el precio real de los insumos comerciables, como el fertilizante (PFERTR) y el plaguicida (PPLAGR) impacta negativamente en QPF a razón de 0.2158 y 0.3608%.

Desde 2010 hasta 2016 el PMRAPRIR y la TEMP registraron TCMA de 1.42 y 1.08%, lo que ocasionaría cambios en QPF de -0.2 y -2.06%. Un aumento de 1% en el precio de productos competitivos obtenidos en temporal (maíz [PMRMTER], arroz [PMRAPTER] y garbanzo [PMRGTER]) impactan negativamente sobre QPF (-0.2498, -0.4398 y -0.4594). El nivel negativo de afectación de estas variables exógenas bajo la tecnología de riego es significativamente menor (tabla 4).

La producción de frijol en México obtenida bajo riego (QPFRI) reacciona de forma negativa y menos que proporcional (-0.7377) ante aumentos unitarios en el precio real de los plaguicidas (PPLAGR); los cambios en el precio real del producto competitivo que le afectan más son los del arroz [PMRAPRIR] (-0.4498). Un aumento de 1% en el precio del fertilizante (PFERTR) provoca la disminución en la producción citada a razón de -0.15%, mientras que la disponibilidad de agua para riego (DAR) la aumenta en 0.78%.

Desde 2010 hasta 2016 las TCMA de PPLAGR, PMRAPRIR, PFERTR y DAR fueron de 6.11, 1.42, 6.11 y 1.9%; si esta tendencia persiste en estas variables generarán cambios en QPFRI de -4.51; -0.64; 0.91 y 1.46%; mientras que los factores que más impactan la producción de frijol obtenida en temporal (QPFTE) son de forma negativa el precio medio rural del garbanzo (PMRGTER) producido bajo el mismo tipo de tecnología (-0.6654), el precio al productor del garbanzo [PMRAPTER] (-0.6372), el precio del plaguicida [PPLAGR] (-0.5226), la temperatura media en México [TEMP] (-3.4357) y la precipitación promedio [PP] (0.5358). Sobre estas dos últimas variables no es posible influir al ser estocásticas. Para el mismo periodo, las TCMA de PMRGTER, PMRAPTER, PPLAGR, TEMP y PP fueron de 5.51, 6.51, 6.11, 1.08 y -4.19%; si estas tendencias persisten ocasionarían efectos sobre QPFTE a razón de -3.67, -4.15, -3.19, -3.71 y -2.25%.

Elasticidades de largo plazo

QPFRI responderá en el largo plazo de forma elástica (1.4720) ante cambios en su propio precio real al productor (PMRFRIR) y QPFTE mantendrá su inelasticidad en el largo plazo (0.5960). Un incremento de 1% en el precio al productor de arroz obtenido bajo riego (PMRAPRIR) y temporal (PMRAPTER) reducirá la producción de frijol grano respectiva a razón de 0.73 y 1.02% (tabla 5).

Tabla 5
 Elasticidades de la producción de frijol en el largo plazo

Variables endógenas	Variables exógenas				
	PMRFRIRL	PMRMIRL	PMRAPRIR2L	PMRGRIR	PFERTR3L
QPFRI	1.4720	-0.5638	-0.7287	-0.2339	-0.2417
	PPLAGR	DAR	TEMP	QPFRI	
QPFRI	-1.1951	1.2471	-4.0108	0.6240	
	PMRFTER3L	PMRMTERL	PMRAPTER2L	PMRGTER	PFERTRL
QPFTE	0.5960	-0.5782	-1.0181	-1.0633	-0.4995
	PPLAGR	PP	TEMP	QPFTEL	
QPFTE	-0.8351	0.8561	-5.4896	0.5963	

Nota: Elaboración propia con información de las tablas 1 y 2.

A la producción de frijol en riego en el país, los aumentos de 1% en el precio de los insumos le impactarán inversamente de forma significativa a razón de 1.195 y 0.243% en relación con el precio del plaguicida (PPLAGR) y con el precio del fertilizante (PFERTR), respectivamente. La disponibilidad de agua para riego (DAR) impacta de manera positiva a la oferta de frijol respectiva (QPFRI) a razón de 1.247% por cada 1% de aumento en DAR. La temperatura (TEMP) y la precipitación media en México (PP) impactan inversa y directamente la producción de frijol obtenida en temporal (QPFTE) a razón de 5.490 y 0.856% por cada 1% de aumento en las variables explicativas estocásticas citadas (figura 3).



Figura 3. Variedades de frijol grano.
 Fotografía tomada de Gastronomía.com (30 de junio de 2015).

DISCUSIÓN

Elasticidades de corto plazo

Las calculadas en este trabajo resultaron congruentes con las elasticidades agregadas de productos agrícolas (incluso el frijol) de corto plazo de 1958 a 1982 obtenidas por Rao (1989, p. 5) para países desarrollados y en desarrollo como China, India, Bangladesh, Tailandia, Malasia, Turquía, Sudan, Filipinas, Japón y Estados Unidos, que fueron del orden de 0 a 0.8, aunque no son elasticidades precio propias, sino elasticidades con respecto a la superficie cultivada, las cuales resultaron superiores a las elasticidades calculadas en relación con el rendimiento.

La elasticidad precio propia de la producción de frijol en temporal resultó cercana a la elasticidad agregada de cultivos alimenticios, incluido el frijol, que McKay et al. (1999, p. 2) encontró para Tanzania como de 0.35 y también al mismo tipo de elasticidad

agregada calculada por Mundlak et al. (1989, p. 65) para Argentina en el periodo comprendido desde 1913 hasta 1984 fue de 0.43. Para Chile, la elasticidad agregada de cultivos alimenticios desde 1962 hasta 1982 fue de 0.67 según Coeymans y Mundlak (1993, p. 30), esta es más cercana a la elasticidad precio propia aquí calculada para la producción de frijol en riego. Ramírez Gómez et al. (2004, p. 11) encontraron una elasticidad precio de la producción para el frijol en Colombia de 0.31 y 0.28, mediante un modelo logarítmico y lineal, respectivamente, e información anual desde 1970 hasta 2002.

De las elasticidades precio propias del frijol de soya calculadas por Brescia y Lema (2007, p. 23) para algunos países del MERCOSUR (Mercado Común de América del Sur), la calculada para Argentina de 0.58 es la más cercana a las encontradas en este trabajo, sobre todo a la calculada para producción de frijol en temporal; no así las calculadas para Uruguay (1.58), Paraguay (2.16) y Bolivia (6.82), que

resultan elásticas, a diferencia de lo encontrado en este trabajo. Imai et al. (2011, p. 73) encontró para 10 países asiáticos elasticidades precio propias de la oferta para *commodities* agrícolas del orden de 0.015 a 0.309, el límite superior de este rango resultó inferior a las dos calculadas en este trabajo.

Elasticidades de largo plazo

Rao (1989, p. 1) calculó elasticidades precio propias agregadas (incluido el frijol) e individuales de productos agrícolas reportadas para el periodo de 1958 a 1982 en países desarrollados y en desarrollo como China, India, Bangladesh, Tailandia, Chile, Malasia, Turquía, Sudán, Argentina, Filipinas, Japón y EE. UU., del orden de 0.3 a 1.2. La elasticidad precio propia de la oferta de frijol bajo temporal aquí calculada está dentro del rango, no así la correspondiente a la oferta de frijol en riego, la cual resultó superior a 1.2.

McKay et al. (1999, p. 2) encontró una elasticidad precio propia agregada de cultivos alimenticios (incluido el frijol) para Tanzania de casi la unidad, lo que difiere a las dos calculadas en este trabajo; Mundlak et al. (1989, p. 96) señalan que este mismo tipo de elasticidad para Argentina durante el periodo 1913-1984 fue de 0.73. Ramírez Gómez et al. (2004, p. 30) calcularon elasticidades precio de la producción para el frijol en Colombia de 0.96 y de 0.85 para el periodo de 1970 a 2002, mediante un modelo logarítmico y lineal.

En comparación al cultivo del maíz, la elasticidad precio propia de la oferta de frijol en riego se acerca a la correspondiente reportada por Foster y Mwanauo (1995, p. 99) para Zambia, de 1.57; la elasticidad precio propia de la oferta en temporal calculada en este trabajo resultó superior a la reportada por Cutts y Hassan (2003, p. 11) para Zimbabue (0.4484) y superior a las calculadas para Malawi (0.1331), Mozambique (0.0667), Tanzania (0.1339), Sudáfrica (0.1519) y Zambia (0.1694).

CONCLUSIONES

Las inelasticidades encontradas con los resultados del modelo apoyan la necesidad de que el estado

elabore un plan integral de subvención hacia los productores de frijol incluyendo sus dos modalidades (riego y temporal), ya que paradójicamente cuando los productores producen más obtienen una menor ganancia.

La oferta total de frijol grano en México responde inelásticamente a cambios en el precio al productor de frijol producido bajo riego (-0.2814) y en temporal (0.2575). El nivel de inelasticidad precio propia es mayor en la oferta de frijol bajo riego (0.9087) que en la de temporal (0.3730). Los cambios en los precios al productor de elementos competitivos que inciden sobre la obtención total de frijol son en mayor medida los registrados en el garbanzo (-0.4594) y el arroz, producidos en temporal (-0.4398).

La hipótesis de investigación no fue rechazada, ya que los resultados del modelo confirmaron que la oferta de frijol obtenida bajo riego y temporal en México responde de forma positiva a los cambios registrados en sus precios medios rurales (o a nivel productor), la disponibilidad de agua para riego y la precipitación promedio anual registrada en el país (respectivamente) y de forma negativa a cambios registrados en los precios al productor de bienes competitivos como el arroz y el garbanzo y en insumos como el precio del plaguicida y del fertilizante.

El efecto de transmisión de los precios indica cambios menos que proporcionales entre estos (0.3276 del precio al mayoreo sobre el precio al productor de frijol en riego y 0.6049 del precio al mayoreo sobre el precio al productor de frijol en temporal), en donde resalta el nivel de impacto mayor que el precio internacional tiene sobre el precio al mayoreo del frijol (0.2684) en comparación con el nivel de afectación que ocasionan los cambios en el costo de transporte (0.1589).

Agradecimientos

Los autores desean reconocer y agradecer el apoyo económico otorgado por el Tecnológico Nacional de México para la realización de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Benítez-Ramírez, J. G., García-Mata, R., Mora-Flores, J. S., & García-Salazar, J. A. (2010). Determinación de los factores que afectan el mercado de carne bovina en México. *Revista Agrociencia*, 44(1), 109-119. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n1/v44n1a11.pdf>
- Biodiversidad mexicana. (s. f.). [Fotografía ilustrativa de frijol en vaina]. Recuperada de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/alimentacion/frijol.html>
- Brescia, V., & Lema, R. D. (2007). *Supply elasticities for selected commodities in Mercosur and Bolivia. EC Project EUMercoPol (2005-08)*. Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/supply-elasticities-for-selected-commodities-in-mercosur-and-bolivia/>
- Calderón Chávez, M., García Mata, R., López Díaz, S., Mora Flores, J. S., & García Salazar, J. A. (2004). Efecto del precio internacional sobre el mercado de la papa en México, 1990-2000. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(4), 377-384. Recuperado de <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/27-4/10a.pdf>
- Cámara Nacional del Autotransporte de Carga. (2017). Estadísticas e indicadores del autotransporte de carga [Base de datos]. Recuperado de <http://www.canacar.com.mx/>
- Centro Virtual de Información sobre el Agua. (2017). Situación de las presas en México [Base de datos]. Recuperado de <http://www.agua.org.mx/>
- Chembezi, D. M., & Womack, A. W. (1987). An analysis of supply response among cotton growers in Malawi. *Agricultural Systems* 23(2), 79-94.
- Coeymans, J. E., & Mundlak, Y. (1993). *Sectoral Growth in Chile: 1962-82 (Research Report 95)*. Recuperado de <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rr95.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. (2017). Estadísticas sobre la cantidad de agua en las presas del país [Base de datos]. Recuperado de <http://www.cna.gob.mx>
- Consejo Nacional Agropecuario. (1995). *Compendio estadístico del Sector Agroalimentario: Precio promedio LAB (estación de ferrocarril) de los fertilizantes y producción nacional*. México: Consejo Nacional Agropecuario.
- Cutts, M., & Hassan, R. (2003, Octubre). *An econometric model of the SADC maize sector*. Documento presentado en la 41ª Conferencia Anual de la Asociación Económica Agrícola de Sudáfrica (AEASA), Pretoria, Sudáfrica. Recuperado de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19075/1/cp03cu01.pdf>
- Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. (2017). Tarifas ferroviarias de carga [Base de datos]. Recuperado de <https://ts.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/transporte-ferroviario-y-multimodal/>
- Foster, K. A., & Mwanauo, A. (1995). Estimation of dynamic maize supply response in Zambia. *Journal of Agricultural Economics*, 12(1), 99-107. Recuperado de <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/173569/2/agec1995v012i001a010.pdf>
- García Mata, R., Del Villar Villalón, M. F., García Salazar, J. A., Mora Flores, J. S., & García Sánchez, R. C. (2004). Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia* 29(8), 414-420. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000800005
- Gastronomía.com. (30 de junio de 2015). [Fotografía ilustrativa de granos de frijol]. Recuperada de <https://mexico.gastronomia.com/noticia/3978/la-trilogia-de-la-gastronomia-mexicana-en-honduras>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría (5ª. ed.)*. México: McGraw-Hill.
- Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M. T., García-Salazar, J. A., Hernández-Martínez, J., & Rebollar-Rebollar, S. (2012). Determinantes de la oferta de maíz grano en México. *Agronomía Mesoamericana* 23(2), 269-279. Recuperado de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v23n02_0269.pdf
- Imai, K. S., Gaiha, R., & Thapa, G. (2011). Supply response to changes in agricultural commodity prices in Asian countries. *Journal of Asian Economics*, 22(1), 61-75.
- Inforural. (15 de julio de 2012). [Fotografía ilustrativa de frijol y sembradío]. Recuperada de <http://www.inforural.com.mx/frijol-produccion-nacional/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Precios e inflación. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- McKay, A., Morrissey, O., & Vaillant, C. (1999). Aggregate supply response in Tanzanian agriculture. *The Journal of International Trade & Economic Development* 8(1), 107-123.
- Mose, L. O., Burger, K., & Kuyvenhoven, A. (2007). Aggregate supply response to price incentives: The case of smallholder maize production in Kenya. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8, 1271-1275. Recuperado de <http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/309.pdf>

- Mundlak, Y., Cavallo, D. F., & Domenech, R. A. (1989). *Agriculture and Economic Growth in Argentina: 1913-84* (Research Report 76). Washington, DC: International Food Policy Research Institute. Recuperado de <https://ageconsearch.umn.edu/record/42166/files/rr76.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). FAOSTAT-Producción, comercio y precios [Base de datos]. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Parkin, M., & Loría, E. (2015). *Microeconomía. Versión para Latinoamérica* (11ª. ed.). México: Pearson Educación.
- Ramírez Gómez, M., Martínez Covalada, H. J., Ortiz, L. X., González, F. A., & Barrios, C. A. (2004). *Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos* (Documento de trabajo No. 49 Observatorio Agrocadenas Colombia). Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0430e/B0430e.pdf>
- Rao, J. M. (1989). Agricultural supply response: A survey. *Agricultural Economics*, 3(1), 1-22. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169515089900364>
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2010). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica* (19ª. ed.). México: McGraw-Hill.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. (2018). Sistema de Información del Sector Agrícola: 1980-2016 [Base de datos]. Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Temperatura y Precipitación media anual por estado y nacional [Base de datos]. Recuperado de <http://smn.cna.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). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ah470e.pdf>
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. (2017). Precio del frijol grano en las centrales de abastos del Distrito Federal y Área Metropolitana [Base de datos]. Recuperado de <http://www.economia-sniim.gob.mx/>
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4ª. ed.). México: CENGAGE Learning.