

La producción de brócoli bajo riego en Guanajuato, México: 1980-2011

(Recibido: 24/junio/2015 –Aceptado: 27/junio/2016)

Eugenio Guzmán Soria^{*}

María Teresa de la Garza Carranza^{**}

Samuel Rebollar Rebollar^{***}

Juvencio Hernández Martínez^{****}

Resumen

La producción de brócoli en el estado de Guanajuato durante el 2011 representó 56% del total nacional, para determinar el efecto de cambios en los principales factores internos que explican la producción de brócoli bajo riego; así como cuantificar el nivel de impacto del precio internacional de esta hortaliza sobre el precio al mayoreo a nivel estatal, se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas con información anual de 1980 a 2011. Los resultados indican que la producción de brócoli bajo riego en el estado responde inelásticamente (0.2727) ante cambios en su precio medio rural, los cambios en el precio de los factores que más afectan la producción estatal son los registrados en el precio del plaguicida y la coliflor, con elasticidades precio-cruzadas de -0.7587 y -0.7095. El efecto de transmisión del precio internacional del brócoli, incide sobre el precio al mayoreo en el estado a un nivel de 0.0009% por cada cambio porcentual unitario del primero.

Palabras Clave: Producción, riego, brócoli, ecuaciones simultáneas, elasticidades.

Clasificación JEL: C32, C51, D24.

^{*} Profr. Investigador del Posgrado en Administración. Instituto Tecnológico de Celaya-Campus II. <eugenio.guzman@itcelaya.edu.mx>.

^{**} Profr. Investigador del Posgrado en Admón. IT de Celaya Campus II. <teresa.garza@itcelaya.edu.mx>.

^{***} Profr. Investigador de la FMVZ, Centro Universitario UAEM Temascaltepec, UAEM. <samrere@hotmail.com>.

^{****} Profr. Investigador del Programa de la Lic. en Econ., UAEM Texcoco. <jhmartinez1412@gmail.com>.

Introducción

El brócoli es una verdura que pertenece a la familia de las Crucíferas y está compuesto por una gran variedad de vitaminas y minerales, además presenta gran contenido de folato o ácido fólico (Vitamina B), el cual es necesario para el crecimiento y división celular. Su consumo previene defectos del tubo neural durante el embarazo, es importante tener presente que la cocción de este vegetal produce pérdida importante de ácido fólico, y es por ello que se recomienda prepararlo al vapor para disminuir su pérdida. El brócoli contiene más calcio que la leche, lo cual hace pensar que esta verdura podría bien ser un sustituto de dicho producto, en caso de que no se logre adquirir; su alto contenido de potasio y escasez de sodio producen efectos diuréticos favoreciendo la eliminación del exceso de líquidos del organismo y resultando beneficioso en caso de hipertensión y retención de líquidos, así como en caso de oliguria.¹ Su alto contenido en fibra previene el estreñimiento, contribuye a reducir las tasas de colesterol en la sangre y ayuda al buen control de la glicemia en las personas que tienen diabetes. En crudo, esta verdura tiene alto contenido en compuestos de azufre que pueden irritar el tejido renal; por lo que, se recomienda que personas con problemas renales se abstengan de consumirla de esta forma. Al igual que en las personas que sufren de hipotiroidismo, ya que esta planta frena la absorción de yodo y disminuye el funcionamiento de la glándula tiroidea (Cazabonne, 2010).

La producción a nivel mundial de coliflor y brócoli o brécol, en 2010 alcanzó los 18.165 millones de toneladas en un área cosechada de 1 millón 64 mil hectáreas y, la producción registró una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.96% durante el periodo de 2000 a 2010. China es el principal productor de esta hortaliza a nivel mundial, durante 2010 concentró 41.54%; le siguen India (32.97%), España (2.81%), Italia (2.35%), Francia (2.04%) y Pakistán (1.73%), la TCMA de 2000 a 2010 más alta fue la registrada por Pakistán con 4.76% e Italia la inferior con -1.9%. México participa, en el contexto mundial con un 0.44% de la producción y presentó una TCMA negativa durante el periodo citado de 12.59% (Cuadro 1).

Durante el 2009 el comercio internacional de coliflor y brócoli se desarrolló como sigue, las exportaciones de los diez países más importantes ascendieron a las 842 mil toneladas, lo que representó un 88.3% del total mundial y un 4.2% de la producción; el principal exportador durante ese año fue España con 25.38%, seguido por Francia (16.54%), México (11.01%), Estados Unidos (9.42%), China

¹ Producción escasa de orina.

(6.22%) y Ecuador (5.77%). El valor de las exportaciones mundiales ascendió a los 964.8 millones de dólares. Los cinco principales países importadores en 2009 fueron Canadá, Reino Unido, Alemania, Francia y Malasia, que en conjunto alcanzaron las 375 mil toneladas (51.58% de las importaciones totales), demandando 19.34%, 12%, 9.08%, 5.77% y 5.39%, respectivamente. Las importaciones mexicanas de coliflor y brócoli representaron, durante el año citado, un 0.97% del total mundial y en el periodo de 2000 a 2009 decrecieron a una TCMA de 2.9%. A nivel mundial las importaciones de coliflor y brócoli crecieron, durante el periodo citado, a un ritmo de 3.8% anual, siendo el país con la mayor tasa de crecimiento Canadá (13.11%), seguido de Italia (9.89%), Dinamarca (6.99%) y República Checa (6.44%), mientras que Alemania registró un decremento en sus importaciones de 2.45%; en suma, las importaciones mundiales alcanzaron las 728 mil toneladas y un valor de 788.7 millones de dólares (FAO, 2012).

Cuadro 1
Situación internacional de coliflor y brócoli, 2000 y 2010 (toneladas).

	<i>Producción mundial</i>			
	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>%</i>	<i>TCMA%</i>
China	5,794,859.00	7,545,200.00	41.54	2.67
España	482,899.00	511,100.00	2.81	0.57
Estados Unidos	322,958.00	284,900.00	1.57	-1.25
Francia	387,355.00	370,968.00	2.04	-0.43
India	4,720,000.00	5,988,500.00	32.97	2.41
Italia	518,030.00	427,407.00	2.35	-1.90
México	305,227.00	79,453.00	0.44	-12.59
Pakistán	196,892.00	313,414.00	1.73	4.76
Polonia	248,200.00	252,325.00	1.39	0.16
Reino Unido	217,900.00	188,300.00	1.04	-1.45
Subtotal	13,194,320.00	15,961,567.00	87.87	1.92
Total	14,957,691.00	18,164,958.00		1.96
<i>Exportaciones</i>	<i>Comercio internacional</i>			
	<i>2000</i>	<i>2009</i>	<i>Participación en 2009</i>	
Alemania	9,296.00	20,992.00	2.20	9.47
China	22,716.00	59,323.00	6.22	11.26
Ecuador	70.00	55,056.00	5.77	109.77
España	203,840.00	242,080.00	25.38	1.93
Estados Unidos	74,246.00	89,866.00	9.42	2.14
Francia	191,793.00	157,800.00	16.54	-2.14
Guatemala	41,101.00	37,649.00	3.95	-0.97
Italia	72,870.00	48,838.00	5.12	-4.35
México	51,045.00	105,012.00	11.01	8.35
Países Bajos	10,303.00	25,815.00	2.71	10.74
Subtotal	677,280.00	842,431.00	88.31	2.45
Total	775,807.00	953,992.00		2.32

Continúa...

<i>Importaciones</i>	<i>Comercio internacional</i>			
	<i>2000</i>	<i>2009</i>	<i>Participación en 2009</i>	
Alemania	82,608.00	66,056.00	9.08	-2.45
Bélgica	23,376.00	21,166.00	2.91	-1.10
Canadá	46,435.00	140,759.00	19.34	13.11
Dinamarca	8,539.00	15,686.00	2.16	6.99
Francia	40,598.00	42,002.00	5.77	0.38
Italia	9,454.00	22,098.00	3.04	9.89
Malasia	20,953.00	39,194.00	5.39	7.21
México	9,242.00	7,088.00	0.97	-2.91
Países Bajos	22,833.00	28,388.00	3.90	2.45
Reino Unido	89,502.00	87,301.00	12.00	-0.28
República Checa	14,057.00	24,658.00	3.39	6.44
Subtotal	358,355.00	487,308.00	66.97	3.47
Total	520,114.00	727,639.00		3.80

Fuente: FAO, 2012.

En el contexto nacional, la superficie sembrada total de brócoli durante 2010 ascendió a 22,651 hectáreas; de las cuales un 94.8% se encuentran bajo riego y el resto se sembró bajo $\leq$ temporal (5.2%). Guanajuato concentró la mayor superficie sembrada bajo riego con 63.8% (13,694 hectáreas), le siguieron Jalisco (7.4%), Puebla (6.9%), Michoacán (5.9%), Distrito Federal (4.8%) y Sonora (4.4%) que en conjunto sumaron 19,942 hectáreas. Durante el año citado, la reducida superficie sembrada en temporal se concentró en los estados de Michoacán (93.44%) y Puebla (5.97%), alcanzando en conjunto 1,166 hectáreas; de 1980 a 2010 el estado de Guanajuato sólo registró superficie sembrada de brócoli bajo temporal en 1984 y 2003 con 8 y 17 hectáreas, respectivamente. La producción total, en el año citado, fue de 306,523 toneladas, de las cuales un 92.53% se obtuvieron de la superficie sembrada bajo riego; los principales estados productores fueron Guanajuato con 56.17%, Michoacán 14.79%, Puebla 5.8%, Sonora 4.5%, Distrito Federal 3.38% y Aguascalientes 2.27%, los que en suma produjeron 290,455 toneladas (94.76%) (Cuadro 2). El rendimiento de la superficie sembrada bajo riego registró, durante el periodo 2000-2010, una TCMA de 1.4% y cabe resaltar que en el estado de Guanajuato fue de 1.6% (SAGARPA-SIAP, 2012).

Cuadro 2
Situación nacional del brócoli, 2000 y 2010

<i>Superficie sembrada (hectáreas)</i>					<i>Producción (toneladas)</i>				
<i>Total Nacional</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>%</i>	<i>TCMA%</i>	<i>Total Nacional</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>%</i>	<i>TCMA%</i>
Aguascalientes	406.00	491.00	2.17	1.90	Aguascalientes	4,183.00	6,953.00	2.27	5.20
Distrito Federal	309.00	1038.00	4.58	12.90	Distrito Federal	3,190.00	10,361.00	3.38	12.50
Guanajuato	14558.00	13694.00	60.46	-0.60	Guanajuato	157,604.00	172,166.00	56.17	0.90
Jalisco	1107.00	1586.00	7.00	3.70	Jalisco	12,626.00	24,014.00	7.83	6.60
Michoacán	752.00	2317.00	10.23	11.90	Michoacán	14,573.00	45,326.00	14.79	12.00
Puebla	788.00	1545.00	6.82	7.00	Puebla	10,223.00	17,837.00	5.82	5.70
Querétaro	307.00	314.00	1.39	0.20	Sonora	15,415.00	13,799.00	4.50	-1.10
Sonora	980.00	936.00	4.13	-0.50	Subtotal	4,016.00	4,179.00	1.36	0.40
Subtotal	19207.00	21920.00	96.77	1.30	Tlaxcala	221,828.00	294,634.00	96.12	2.90
Total	21056.00	22651.00		0.70	Total	244,083.00	306,523.00		2.30
<i>Bajo riego</i>					<i>Bajo riego</i>				
Distrito Federal	309.00	1038.00	4.83	12.90	Distrito Federal	3,190.00	10,361.00	3.65	12.50
Guanajuato	14558.00	13694.00	63.76	-0.60	Guanajuato	157,604.00	172,166.00	60.70	0.90
Jalisco	1107.00	1579.00	7.35	3.60	Jalisco	12,626.00	23,872.00	8.42	6.60
Michoacán	750.00	1221.00	5.68	5.00	Michoacán	14,547.00	23,458.00	8.27	4.90
Puebla	788.00	1475.00	6.87	6.50	Puebla	10,223.00	16,957.00	5.98	5.20
Sonora	980.00	936.00	4.36	-0.50	Sonora	15,415.00	13,799.00	4.87	-1.10
Subtotal	18492.00	19942.00	92.85	0.80	Subtotal	213,604.00	260,612.00	91.88	2.00
Total	21007.00	21478.00		0.20	Total	243,130.00	283,633.00		1.60
<i>Bajo temporal</i>					<i>Bajo temporal</i>				
Jalisco	—	7.00	0.60	—	Jalisco	142.10	0.62	0.62	—
Michoacán	2.00	1096.0	93.44	87.90	Michoacán	26.00	21,868.99	95.53	96.10
Puebla	—	70.00	5.97	—	Puebla	880.00	3.84	2.84	—
Subtotal	2.00	1173.00	100.00	89.20	Subtotal	26.00	22,890.00	100.00	97.00
Total	49.00	1173.00		37.40	Total	953.00	22,890.00		37.40

*Participación en 2010 con respecto al total.

Fuente: SAGARPA-SIAP, 2012.

A nivel estatal, en 2010 la totalidad de la superficie sembrada de brócoli en Guanajuato fue bajo riego y, representó 60.46% (13,694 hectáreas) del total nacional; lo que ubica a esta entidad en el primer lugar nacional como productor de esta hortaliza con 172,166 toneladas, lo que representó el 56.17% del total producido en el país. De 2000 a 2010, la superficie sembrada de brócoli en el estado registró una TCMA de -0.6%, mientras que la registrada por el rendimiento por hectárea fue de 1.6%, al pasar de 10.83 a 12.75 toneladas.

La producción de brócoli estatal creció a una TMCA de 0.9% en el periodo de 2000 a 2010, ocupó 1.45% de la superficie total cultivada en el estado y generó 3.91% del valor de la producción agrícola. Lo anterior resalta la importancia económica y social de esta hortaliza en este estado por lo que el objetivo de este trabajo es determinar y analizar econométricamente los factores que afectan la oferta de brócoli, obtenida bajo riego, en Guanajuato; así como medir el efecto que

los diferentes niveles de precios tienen sobre ésta. La hipótesis de investigación es que la oferta de brócoli es determinada directamente por el precio al productor y la disponibilidad de agua para riego 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.

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 explicativa

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

Un sistema de ecuaciones simultáneas puede ser expresado en forma matricial condensada como (Gujarati, 2004):

$$\Gamma Y_t + B X_t = E_t \quad (3)$$

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.

Con base en lo anterior, el modelo de ecuaciones simultáneas de la oferta de brócoli estatal obtenida bajo riego fue conformado por una ecuación de oferta y dos ecuaciones de transmisión de los precios:

$$\begin{aligned} QPBRI_t = & \alpha_{11} + \alpha_{12}PMRBRIR_t + \alpha_{13}PMRRRIR2L_{t-2} + \alpha_{14}PMRCRIRL_{t-1} \\ & + \alpha_{15}PMRLRIR2L_{t-2} + \alpha_{16}PFERTR2L_{t-2} + \alpha_{17}PPLAGR_t + \alpha_{18}PMOGTOR4L_{t-4} \\ & + \alpha_{19}DAR_t + \alpha_{110}QPBRI_{t-1} + \varepsilon_{1t} \end{aligned} \quad (5)$$

$$PMRBRIR_t = \alpha_{21} + \alpha_{22}PMAYBR_t + \alpha_{23}D_t + \varepsilon_{2t} \quad (6)$$

$$PMAYBR_t = \alpha_{31} + \alpha_{32}CTRANSR_t + \alpha_{33}PINTBRL_{t-1} + \alpha_{34}D_t + \varepsilon_{3t} \quad (7)$$

donde: $QPBRI_t$ = cantidad producida de brócoli bajo riego en el estado (t); $PMRBRIR_t$ = precio medio rural real del brócoli bajo riego en el estado (\$ t⁻¹); $PMRRRIR2L_{t-2}$ = precio medio rural real de la coliflor producido bajo riego en el estado con dos años de retraso (\$ t⁻¹); $PMRCRIRL_{t-1}$ = precio medio rural real de la coliflor producida bajo riego en el estado con un año de retraso (\$ t⁻¹); $PMRLRIR2L_{t-2}$ = precio medio rural real de la lechuga producida bajo riego en el estado con dos años de retraso (\$ t⁻¹); $PFERTR2L_{t-2}$ = precio real del fertilizante con dos años de retraso (\$ t⁻¹); $PPLAGR_t$ = precio real del plaguicida (\$ t⁻¹); $PMOGTOR4L_{t-4}$ = precio real de la mano de obra en el estado (salario mínimo general promedio en el área geográfica C) con cuatro años de retraso (\$ día⁻¹); DAR_t = disponibilidad de agua para riego en el estado (millones de m³); $QPBRI_{t-1}$ = cantidad producida de brócoli bajo riego en el estado con un año de retraso (t); $PMAYBR_t$ = precio al mayoreo real de brócoli en León, Guanajuato en el año t (\$ t⁻¹); $CTRANSR_t$ = costo de transporte real (\$ t⁻¹); $PINTBRL_t$ = precio real internacional del brócoli-variable proxy el precio ponderado del brócoli en China e India (\$ t⁻¹); D_t = variable de clasificación con cero de 1980 a 1986 que representa el periodo de economía cerrada, y uno de 1987 a 2011 representando la economía abierta.

Para las variables citadas se conformaron series de tiempo con información anual para el periodo 1980-2011 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 cuatro periodos de rezago; lo que fue estadísticamente justificado en función de su significancia individual. La ecuación 5 modela la oferta de brócoli obtenida bajo la tecnología de riego en el estado. Las ecuaciones 6 modelan el efecto de transmisión que el precio al mayoreo de brócoli en el estado tiene sobre su precio medio rural, producido éste bajo riego. La ecuación 7 modela el efecto que el costo de transporte y el precio al productor ponderado de brócoli en China e India tienen sobre el precio al mayoreo estatal, ya que son los principales países productores de esta hortaliza. El modelo fue basado en evidencia de investigación aplicada, en estudios que han analizado productos agropecuarios (Foster y Mwanaumo, 1995; Cutts y Hassan, 2003; Calderón *et al.*, 2004; García *et al.*, 2004; Moseet *et al.*, 2007; Brescia y Lema, 2007; Benítez *et al.*, 2010; Guzmán *et al.*, 2011).

Los datos

La cantidad producida y los precios medios rurales se obtuvieron de SAGARPA-SIAP (2012) y OEIEDRUS (2012); la fuente de los precios del fertilizante y plaguicida fue CNA (1980-1994) y FAO (2012); 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 (2012); los datos de la disponibilidad de agua para riego se obtuvieron de CONAGUA (2012), CEAG (2012) y CVIA (2012); la estadística de precipitación promedio se obtuvo de SMN (2012); la información del precio al mayoreo y el precio del brócoli en China e India tuvieron como fuentes el SNIIM (2012) y FAO (2012), respectivamente; finalmente el costo de transporte se obtuvo de SCT-DGTFM (2012) y CANACAR (2012). 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 Banxico (2012) e INEGI-BIE (2012).

La estimación

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 –StatisticalAnalysisSystem– 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 3) fueron usados para calcular las correspondientes elasticidades económicas.

Cuadro 3
Medias de las variables usadas en el modelo, 1980-2011

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
QPBRI	107149.77	1152.00	200813.00
PMRBRIR	3056.63	2076.05	4641.36
PMRRRIR2L	1686.22	910.47	2523.19
PMRCRIRL	2956.19	1607.52	4371.34
PMRLRIR2L	1716.38	1062.77	2730.77
PFERTR2L	1107.99	596.98	2144.37
PPLAGR	11825.96	8230.03	17938.46
PMOGTOR4L	53.79	35.10	114.29
DAR	22756129.42	8079075.00	52808190.00
QPBRIIL	104982.57	1152.00	200813.00
PMAYBR	3462.61	2498.01	5064.65
CTRANSR	350.01	107.02	1252.19
PINTBRL	1152.32	553.41	3495.97
D	0.77	0.00	1.00

Fuente: Salida de SAS.

Análisis de resultados

Las tres ecuaciones de regresión del modelo en su forma estructural presentaron una alta bondad de ajuste con coeficientes de determinación (R^2) de 0.89 a 0.96. El estadístico DW fluctuó entre 1.99 y 2.31. Los valores de la prueba Shapiro-Wilk (SW) por variable oscilaron de 0.89 a 0.98, lo que implica que su distribución se acerca a la normal (Cuadro 4) y, el análisis de cointegración de Johansen fue de $r=1$ a un nivel de significancia de 0.05. 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.

Cuadro 4
Resultados del modelo en su forma estructural

<i>QPBR1</i> = 221575.40 + 9.56* <i>PMRBR1R</i> -7.82* <i>PMRRR1R2L</i> -25.72* <i>PMRCR1RL</i> -13.48* <i>PMRLR1R2L</i>					
<i>t</i>	(3.10)	(2.01)	(-1.16)	(-1.61)	(-1.24)
Error sd.	71380.39	4.76	6.76	15.95	10.92
SW		0.92	0.94	0.96	0.91
-33.17* <i>PFERTR2L</i> -6.87* <i>PPLAGR</i> -483.46* <i>PMOGTOR4L</i> + 0.002* <i>DAR</i> + 0.45* <i>QPBR1L</i>					
<i>t</i>	(-1.32)	(-1.72)	(-1.22)	(2.7)	(2.41)
Error sd.	25.10	3.99	395.27	0.001	0.19
SW	0.97	0.90	0.95	0.89	0.9
R2=0.96; R2Ajust=0.91; Pr > F=0.00; DW=2.31; BP1=1.88					
<i>PMRBR1R</i> = -622.21+ 0.84* <i>PMAYBR</i> + 204.67*D					
<i>t</i>	(-1.92)	(12.59)	(-9.17)		
Error sd.	323.2	0.07	19.45		
SW		12.78	1.21		
R2=0.89; R2Ajust=0.88; Pr > F=0.00; DW=1.99; BP=1.86					
<i>PMAYBR</i> = 1098.09 + 2.99 * <i>CTRANSR</i> + 0.003* <i>PINTBRL</i> + 1571.39*D					
<i>t</i>	(1.53)	(5.28)	(2.98)	(2.66)	
Error sd.	717.22	0.57	0.001	591.08	
SW		0.94	0.92	0.97	
R2=0.94; R2Ajust=0.89; Pr > F=0.00; DW=2.16; BP=1.93					

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

Fuente: Datos de la salida de SAS.

Elasticidades de corto plazo

La elasticidad precio propia calculada indica que la producción de brócoli obtenida bajo riego en Guanajuato responde inelásticamente (0.2727). De 2005 a 2011, la TCMA de *PMRBR1R* fue de 3.54%, si ésta se mantiene ocasionará un aumento en *QPBR1* de 0.97%. En lo que respecta al efecto de transmisión del precio, el cambio unitario del precio al mayoreo estatal de brócoli provoca un ajuste, casi proporcional, sobre el precio medio rural de la producción bajo riego (0.9533); no así el que tiene el costo de transporte y el precio internacional del brócoli sobre el de mayoreo estatal. Un cambio porcentual unitario en el costo de transporte ocasionaría un ajuste del precio al mayoreo en 0.30% y, de 0.0009% si se incrementa en la misma magnitud el precio internacional del brócoli (Cuadro 5).

Cuadro 5
Elasticidades precio propias y de transmisión
de los precios

<i>Variables exógenas</i>	<i>Variables endógenas</i>		
	<i>QPBRI</i>	<i>PMRBRI</i>	<i>PMAYBR</i>
PMRBRI	0.27		
PMAYBR		0.95	
CTransR			0.30
PINTBRL			0.001

Fuente: Elaborado con la información de los Cuadros 3 y 4.

Respecto a los otros factores que afectan la oferta de brócoli en Guanajuato, resaltan la magnitud de los efectos que sobre ésta tienen el precio de la coliflor producida bajo riego en el estado y el precio del plaguicida; ya que las elasticidades calculadas de -0.7095 y -0.7587, representan el nivel de afectación en QPMRI ante cambios unitarios en estas variables. Un incremento porcentual unitario en el precio del fertilizante reduce la producción de brócoli estatal en 0.343%. Durante el periodo de 2005 a 2011, PMRCRIR, PPLAGR y PFERTR registraron TCMA de 2.68%, 11.21% y 9.44%, lo que generaría cambios en QPBRI de -1.90%, -8.51% y -3.24%, respectivamente. El aumento unitario en el precio del insumo mano de obra en el estado y de productos competitivos como la lechuga y la coliflor producidos bajo riego impactan negativamente sobre la oferta de brócoli estatal del orden de 0.2427, 0.2159 y 0.123, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6
Elasticidades relacionadas con otros factores que afectan
la producción de brócoli bajo riego estatal

<i>Variables endógenas</i>	<i>Variables exógenas</i>			
	<i>PMRRRIR2L</i>	<i>PMRCRIRL</i>	<i>PMRLRIR2L</i>	<i>PFERTR2L</i>
QPBRI	-0.12	-0.71	-0.22	-0.34
	PPLAGR	OMOGTOR4L	DAR	QPBRIIL
QPBRI	-0.76	-0.24	0.42	0.44

Fuente: Elaborado con la información de los Cuadros 3 y 4.

Elasticidades de largo plazo

El coeficiente de ajuste correspondiente sirvió para obtener los parámetros de largo plazo del modelo de producción y, poder así calcular las elasticidades de largo plazo

de la oferta de brócoli bajo riego en el estado. La elasticidad precio propia para el largo plazo de 0.4968 indica que la producción citada seguirá respondiendo de manera inelástica ante cambios unitarios en el precio medio rural de brócoli. Las únicas elasticidades que a largo plazo su situación cambia de inelásticas a elásticas son la respectiva cruzada con respecto al precio del producto competitivo coliflor y el precio del plaguicida, cuyos incrementos porcentuales unitarios inducirán una disminución en la producción de brócoli bajo riego estatal de 1.29 y 1.38%, respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7
Elasticidades de largo plazo

<i>Variables endógenas</i>	<i>Variables exógenas</i>			
	<i>PMRBRIR</i>	<i>PMRRRIR2L</i>	<i>PMRCRIRL</i>	<i>PMRLRIR2L</i>
QPBRI	0.05	-0.22	-1.29	-0.39
	PFERTR2L	PPLAGR	PMOGTOR4L	DAR
QPBRI	-0.76	-0.24	0.42	0.44

Fuente: Elaborado con la información de los Cuadros 3 y 4.

La disponibilidad de agua para riego impacta de manera directa a la oferta de brócoli estatal producida bajo riego, al orden de 0.766% por cada incremento porcentual unitario en este factor determinante estocástico.

Conclusiones

La producción de brócoli obtenida bajo riego en el estado de Guanajuato responde inelásticamente a cambios en su respectivo precio al productor, manteniéndose esta situación a largo plazo. Los cambios en el precio del insumo que más impacta la variable dependiente citada es el precio del plaguicida, seguido del fertilizante y la mano de obra; y en relación a los productos competitivos son el precio al productor de coliflor y lechuga. Cambios en la variable estocástica considerada en el modelo (disponibilidad de agua para riego), ocasiona movimientos menos que proporcionales en la oferta de brócoli estatal.

La hipótesis de investigación planteada fue aceptada, ya que los resultados del modelo indican que la variable dependiente responde directamente a los cambios registrados en el precio medio rural y la disponibilidad de agua para riego y, de manera inversa ante cambios en los precios medios rurales de productos competitivos como la coliflor y la lechuga; así como con respecto al precio de insumos como

el plaguicida y el fertilizante. El efecto derivado de la transmisión de los precios ocasiona cambios menos que proporcionales entre éstos.

Resalta el mínimo nivel de afectación que el precio internacional tiene sobre el precio al mayoreo de brócoli en el estado. Lo que hace suponer la existencia e importancia de acuerdos de compra-venta precosecha de los productores estatales con precios mínimos que les permitan llevar a cabo una planificación su producción y por ende de su inversión.

Referencias bibliográficas

- Banxico (Banco de México). (2012). "Precios e Inflación". <<http://www.banxico.org.mx/>> (2 de mayo de 2012).
- 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 (1), pp. 109-119.
- Brescia, V; Lema, R. (2007). "Supply elasticities for selected commodities in mercosur and Bolivia". *EC Project EUMercoPol (2005-08)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA (Argentina). <<http://inta.gob.ar/documentos/supply-elasticities-for-selected-commodities-in-mercosur-and-bolivia/>> (21 de mayo de 2012).
- 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". *Fitotecnica Mexicana*. 27 (4), pp.377-384.
- CANACAR (Cámara Nacional del Autotransporte de Carga). (2012). "Estadísticas e indicadores del autotransporte de carga". <<http://www.canacar.com.mx/>> (15 de abril de 2012).
- Cazabonne, C. 2010. "El brócoli (brassica oleracea)". *Periódico La Jornada*. <<http://lajornadanet.com/diario/archivo/2010/mayo/26/9.html>> (22 de noviembre de 2010).
- CEAG (Comisión Estatal del Agua). (2012). "Diagnóstico del agua para riego en el Estado de Guanajuato". <<http://www.guanajuato.gob.mx/ceag/>> (23 mayo de 2012).
- 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). (2012). "Estadísticas sobre la cantidad de agua en las presas del país". <<http://www.cna.gob.mx>> (25 de junio de 2012).

- CONASAMI (Comisión Nacional de Salarios Mínimos). (2012). “Estadísticas del salario mínimo general promedio en el área geográfica” C. <http://www.conasami.gob.mx/t_sal_mini_prof.html> (3 de marzo de 2012).
- 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), October 2-3, Pretoria, South Africa. <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/19075/1/cp03cu01.pdf>> (18 de mayo de 2012).
- CVIA (Centro Virtual de Información sobre el agua). (2012). “Situación de las presas en México”. <<http://www.agua.org.mx>> (10 de agosto de 2012).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2012). FAOSTAT StatisticalDatabases. <<http://faostat.fao.org/site/351/default.aspx>> (30 de abril de 2012).
- Foster, K. A. and Mwanaumo A. (1995). “Estimation of dynamic maize supply response in Zambia”. *Agricultural Economics*. 12 (1), pp. 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 (8), pp. 414-420.
- Gujarati, D. N. (2004). *Econometría*. Cuarta Edición. McGraw-Hill Interamericana. México D.F. 972 p.
- Guzmán S. E., S. Rebollar R., J. Hernández M., J. A. García S., M. T. de la Garza C., N. Callejas J. y A. Terrones C. (2011). “La oferta de maíz grano en Guanajuato, México: 1980-2009”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14 (3), pp. 857-866.
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática-Banco de Información Económica). (2012). “Índice Nacional de Precios al Consumidor por objeto del gasto”. <<http://www.inegi.gob.mx>>(30 de julio de 2012).
- Mose, LO; Burger, K; Kuyvenhoven, A. (2007). “Aggregate supply response to Price incentives: the case of smallholder maize production in Kenya”. *African Crop Science Conference Proceedings*. Vol. 8. Pp. 1247-1275. <<http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/309.pdf>> (25 mayo de 2012).
- OEIEDRUS (Oficina Estatal de Información Estadística para el Desarrollo Rural Sustentable). (2012). *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). (2012). *Sistema de Información del Sector Agrícola: 1980-2011*. <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>> (19 de agosto de 2012).

- Samuelson, P. A. y Nordhaus, W. D. (2010). *Microeconomía con aplicaciones a Latinoamérica*. Decimo novena edición. McGraw-Hill. México D. F. 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). (2012). “Tarifas ferroviarias de carga”. <<http://dgtfm.sct.gob.mx/>> (21 de septiembre de 2012).
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2012). “Precipitación media anual por estado”. <<http://smn.cna.gob.mx/>> (15 de mayo de 2012).
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). (2012). “Precio del maíz grano en la central de abastos de León, Guanajuato”. <<http://www.economia-sniim.gob.mx>> (17 de septiembre de 2012).
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno*. Cuarta Edición. CENGAGE Learning. México D. F. 865 p.