



## DEMANDA DE SORGO GRANO EN MÉXICO CON LA TÉCNICA DE RETRASOS DISTRIBUIDOS<sup>1</sup>

[SORGHUM GRAIN DEMAND IN MEXICO WITH THE TECHNIQUE OF DISTRIBUTED DELAYS]

M. Carbajal-García<sup>1</sup>, S. Rebollar-Rebollar<sup>1\*</sup>, J. Hernández-Martínez<sup>2</sup>  
G. Gómez-Tenorio<sup>1</sup> and E. Guzmán-Soria<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM  
Temascaltepec. Km. 67.5 Carretera Toluca-Temascaltepec. Col. Barrio de  
Santiago. 51300.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de México-Centro Universitario UAEM  
Texcoco. Av. Jardín Zumpango s/n Fracc. El Tejocote Texcoco-Los Reyes la Paz,  
Estado de México. México. Email: samrere@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Celaya, Campus II. Celaya, Guanajuato, México.  
\*Corresponding author

### RESUMEN

El sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) es uno de los granos forrajeros más importantes dentro del sector pecuario mexicano, ocupa el segundo lugar en producción de granos básicos y se considera el principal ingrediente en la formulación de alimentos balanceados. Para estimar los factores que determinan la demanda de sorgo grano en México, se estimó un modelo econométrico lineal multivariable para el periodo 1995-2014, con la técnica de retrasos distribuidos. Los resultados indicaron que la demanda de sorgo responde inelásticamente ante cambios en el precio, con elasticidades precio-propias de 0.35 y 0.42 en el corto y largo plazo, mientras que un incremento en el precio del maíz provoca que la demanda de sorgo aumente en 0.39 y 0.47, que lo convierte en un bien sustituto e inelástico al consumo del grano. Incrementos porcentuales unitarios en población de bovinos leche y aves para carne, aumentarían la demanda de sorgo en 0.60 y 0.51. La velocidad de ajuste entre el consumo actual y el consumo deseado del grano fue 0.85, es un ajuste rápido, por lo que el mercado no sobre reacciona a cambios en precios, es estable y controlado en el corto plazo. Se concluye que la demanda de sorgo en México, se vio más influenciada por el incremento en las existencias tanto de bovinos leche como en aves para carne.

**Palabras clave:** demanda; modelo econométrico; elasticidades; rezago, sorgo.

### SUMMARY

Sorghum (*Sorghum vulgare* Pers) is one of the most important grains for the Mexican livestock industry, it is the second largest basic grain and is considered the main ingredient in the production of balanced nourishment. In order to estimate the determining factors of grain sorghum demand in Mexico, a multi-variable linear econometric model for the 1995-2014 period was estimated using the distributed delays technique. The results displayed that sorghum demand responds inelastically to changes in price, with price elasticities of 0.35 and 0.42 in the short and long term, while an increase in the price of maize causes the demand for sorghum to increase by 0.39 and 0.47, which makes it a substitute and inelastic good for grain consumption. Unit percentage increases in beef cattle and milk population would increase sorghum demand by 0.60 and 0.51. The adjustment rate between the current consumption and the desired grain consumption was 0.85, it is a quick adjustment, so the market does not overreact to changes in prices, and it is stable and controlled in the short term. It is possible to conclude that demand for sorghum in Mexico is more influenced by the increase of beef and milk cattle as well as poultry.

**Key words:** Demand; econometric model; elasticities; lag; sorghum.

### INTRODUCCIÓN

En México, el sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) es uno de los granos forrajeros para consumo animal más importantes del sector agropecuario. Su contribución radica en ser ingrediente principal en la formulación de

alimentos balanceados y segundo en importancia en la producción de granos básicos, sólo después del maíz (Molina *et al.*, 2012; SIAP, 2017). De 2010 a 2016, datos oficiales evidencian que México tuvo una TMCA en producción de sorgo grano de 6%, al pasar de 7.1 millones de toneladas (t) en 2010 a 10.1

† Submitted October 18, 2017 – Accepted January 08, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

millones de t en 2016. En este último año, las importaciones netas fueron 2.5 millones de t, sumando 12.6 millones de t de consumo nacional aparente (CNA) (FAPRI, 2017a; SIAP, 2017).

Con base en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en 2016, la producción mexicana de sorgo se distribuyó en los ciclos primavera-verano (PV) (48.1%) y otoño-invierno (OI) (51.9%). Por entidades, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán, Nayarit y Jalisco contribuyeron con 60% en el ciclo PV y Tamaulipas con 40.1% en el OI, aunque también, participaron Guanajuato y Sinaloa, con 16.1 y 13.3% de este ciclo, entre otras entidades (SIAP, 2017).

Después de la liberación comercial del sorgo en México (1989) (Bivings, 1997), la producción nacional ha mantenido una tendencia positiva, su participación en el CNA no ha sido inferior al 70%, pese a que México es uno de los principales compradores mundiales del grano, a veces primero, a veces segundo sólo después de Japón (FAPRI, 2017a; SIAP, 2017).

El volumen de compras externas, por parte de México, para abatir el CNA actual siempre ha sido necesario debido a que el país no ha sido capaz de revertirlas en favor de la producción nacional. Por lo que a nivel de consumo actual, tanto el precio que recibe el productor, como los costos de distribución nacional y precio que paga el consumidor del grano (Rebollar *et al.*, 2016b), ya sea por la industria de alimentos balanceados o el comprador del producto final, todo el tiempo se vean afectados por el comportamiento tanto del precio internacional, tipo de cambio, precio relativo ya sea de productos sustitutos o complementarios en el consumo y comportamiento, en general, de los demás granos con los que el sorgo compite. El comportamiento temporal de variables monetarias rezagadas sobre las decisiones orientadas al consumo actual es determinante para ese agente de mercado. Todo consumidor toma decisiones con base en periodos anteriores, de ahí el efecto rezago o retraso (Gujarati y Porter, 2009).

Del total del sorgo grano disponible en México, una fracción importante se destina para consumo pecuario, consumo industrial, semilla para siembra y mermas durante la comercialización (SIAP, 2017); sin embargo, a lo largo del tiempo, el comportamiento del consumo ha estado en función del precio que paga el consumidor final por la compra del grano, del comportamiento del precio del maíz, del precio del trigo, del precio de la soya, de la disponibilidad de especies pecuarias con interés económico como bovinos leche, porcinos y aves para carne y huevo que consumen alimento con alto contenido de granos (Rebollar *et al.*, 2016a)

Por lo anterior, el objetivo consistió en analizar la sensibilidad de la demanda nacional del grano ante variaciones en el precio al consumidor del sorgo, del precio del maíz, precio de la soya, de la dinámica en la en el número de cabezas de bovinos carne, bovinos leche, cerdos, aves para carne y aves productoras de huevo, así como de la evolución del ingreso monetario y del grado de urbanización (población); todos ellos como factores determinantes de dicha demanda. La hipótesis central expresa que tanto en el corto como en el largo plazo, el precio al consumidor de sorgo tiene un efecto inverso e inelástico sobre la cantidad demandada del grano, el precio de los sustitutos (maíz y trigo) tiene efectos directos e inelásticos sobre la demanda del grano, la soya complementa al consumo del grano y tiene un efecto inverso e inelástico sobre la demanda de éste; así también, la demanda del grano responde directa y elástica a variaciones relativas en existencias de bovinos, cerdos, aves, en el ingreso y población en humanos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un modelo de demanda de sorgo grano en México, con datos oficiales del periodo 1995-2014. La estructura del modelo fue lineal tanto en los parámetros como en las variables. La esencia del mismo consistió en adicionar la hipótesis del ajuste parcial (modelo de ajuste de existencias) entre el consumo actual y el consumo deseado, medida a través de una fracción del consumo actual, conocida como velocidad de ajuste, con la técnica de retrasos o rezagos distribuidos, propuesta por Nerlove (1956).

En esencia, se utilizó un modelo de demanda lineal multivariable con rezagos distribuidos, lineal en los parámetros y lineal en las variables, conocido como demanda nerloviana o modelo nerloviano (Gujarati y Porter, 2009). Para la estimación de la variable dependiente ante cambios unitarios en las variables explicativas (X), se consideró información sobre valores actuales y también los rezagados o anteriores al año actual.

El modelo teórico, fue:

$$D_t - D_{t-1} = S(D_t^* - D_{t-1}) \quad (1)$$

Donde,  $D_t - D_{t-1}$  es el cambio real en el consumo corriente,  $D_t^*$  denota el consumo deseado, óptimo, demanda de largo plazo o de equilibrio y,  $(D_t^* - D_{t-1})$  es el cambio de largo plazo y el consumo pasado (cambio deseado); S es el coeficiente de ajuste que denota la proporción entre el consumo actual y el consumo deseado o de largo plazo y, (1) es el modelo de ajuste parcial (MAP) o modelo de ajuste de existencias y, postula que el cambio real en la demanda del producto (sorgo grano) en cualquier momento del

tiempo  $t$  es alguna fracción  $S$  del cambio deseado durante ese periodo (Gujarati y Porter, 2009:633; Wooldridge, 2010:343).

De (1), se desprende que:

$$D_t^* = \frac{1}{S}(D_t) - \frac{1}{S}(D_{t-1}) + D_{t-1} \quad (2)$$

Además, si:

$$D_t^* = a_0 - a_1 P_t + a_2 PIB_t + u_t \quad (3)$$

Al igualar (2) y (3) y realizando operaciones matemáticas básicas:

$$D_t = a_0 S - a_1 S P_t + a_2 S PIB_t + D_{t-1}(1 - S) + U_t S \quad (4)$$

Donde:  $D_{t-1}(1 - S)$  es cierto retraso o inercia en el consumo.

De (4), el modelo estadístico fue:

$$D_t = \beta_0 - \beta_1 P_t + \beta_2 PIB_t + \beta_3 D_{t-1} + U_t \quad (5)$$

En donde,  $\beta_3 = 1 - S$

Las expresiones para estimar las elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazo, fueron:

$$\varepsilon_p^d \text{ corto plazo} = -\beta_1 \left( \frac{\bar{P}}{\bar{D}} \right)$$

Donde:

$\bar{P}$  fue el valor del precio promedio por unidad de volumen de sorgo grano, de los últimos cuatro años de la serie, que se consideró para el cálculo de la elasticidad respectiva.  $\bar{D}$  es el valor estimado de la demanda de sorgo en México, durante el periodo de análisis, al considerar todas las variables independientes.

$$\varepsilon_p^d \text{ largo plazo} = \left( \frac{\varepsilon_p^d \text{ de corto plazo}}{S} \right)$$

$$\varepsilon_{PIB}^d \text{ corto plazo} = \beta_2 \left( \frac{\bar{PIB}}{\bar{D}} \right)$$

Debe entenderse que  $\varepsilon_{PIB}^d$  es elasticidad ingreso de la demanda.

$$\varepsilon_{PIB}^d \text{ largo plazo} = \left( \frac{\varepsilon_{PIB}^d \text{ de corto plazo}}{S} \right)$$

Si  $S = 1$ , entonces el consumo corriente o actual es igual al consumo deseado. El consumo actual se ajusta al consumo deseado de forma instantánea, esto es, en el mismo periodo de tiempo.

Si  $S = 0$ , entonces el ajuste es demasiado lento y está lejos del consumo deseado. En otras palabras, nada cambia y la demanda real en el tiempo  $t$  es la misma que en  $t-1$ .

Si  $S > 1$ , entonces, la elasticidad precio de la demanda ( $\varepsilon_p^d$ ) de corto plazo sería mayor que la  $\varepsilon_p^d$  de largo plazo; por lo que los participantes en el mercado sobre reaccionan a cambios en los precios. El

mercado es muy inestable, no controlado. La sociedad sobre reacciona por el rumor, por la incertidumbre o por la inflación.

Por tanto, se espera que el valor de  $S$  se encuentre entre el cero y la unidad (Gujarati y Porter, 2009).

Así, para este trabajo, la notación general del modelo estadístico fue:

$$Ds = \beta_0 + \beta_1 PCRS + \beta_2 PCRM + \beta_3 PCRT + \beta_4 PCRSOY + \beta_5 PIB + \beta_6 POBBL + \beta_7 POBC + \beta_8 POBAC + \beta_9 POBAH + \beta_{10} URBAN + \beta_{11} Ds_{t-1} + u_t$$

Donde:

$Ds$  = Demanda de sorgo, toneladas

$\beta_0$  = Intercepción

$\beta_i$  = son los parámetros del modelo, para  $i = 1, \dots, 11$

$PCRS$  = Precio al consumidor real de sorgo, cifras en pesos por toneladas

$PCRM$  = Precio al consumidor real de maíz, cifras en pesos por tonelada

$PCRT$  = Precio al consumidor real de trigo, cifras en pesos por tonelada

$PCRSOY$  = Precio al consumidor real de soya, cifras en pesos por tonelada

$PIB$  = Producto Interno Bruto

$POBBL$  = Población bovinos leche, cifras en cabezas

$POBC$  = Población de cerdos, cifras en cabezas

$POBAC$  = Población de aves para carne, cifras en cabezas

$POBAH$  = Población de aves para huevo, cifras en miles de cabezas

$URBAN$  = Población concentrada en la ciudad

$U_t$  = Error estadístico, estocástico o aleatorio.

## Datos

Se utilizó información anual para el periodo 1995-2014, proveniente del SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera), SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta), SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, por sus siglas en inglés), FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación), FAPRI (Instituto de Investigación en Políticas Agrícolas y Alimentación de Estados Unidos, por sus siglas en inglés) y BANXICO (Banco de México). La información de variables monetarias independientes del modelo, expresada en términos corrientes, se transformó a valores constantes o deflactados, con la utilización del INPC (Índice Nacional de Precios al Consumidor) del sector primario, base 2011. La información sobre disponibilidad de animales vivos relacionada a bovinos, porcinos y aves, doble propósito, según correspondió, se dejó en su estado original, no se deflactó por ser variable no monetaria.

La significancia estadística del modelo se realizó con base en el valor del coeficiente de determinación  $R^2$ , el valor de la Fc (F-calculada) y el valor de la t de Student asociada a cada estimador del modelo. Por su parte, la significancia económica del mismo, fue con base en el signo aritmético obtenido que antecedió al coeficiente de cada estimador, asociado a cada una de las variables independientes del modelo y con el valor estimado de cada una de las variables se calcularon las elasticidades asociadas a cada variable en el modelo.

La utilización del rezago se debió a que los factores que influyen en la demanda de productos agropecuarios, difícilmente presentan cambios instantáneos debido a su proceso biológico y, responden después de cierto lapso; el cual, recibe el nombre de rezago o retraso. La naturaleza de los fenómenos rezagados no explican la razón por la que ocurren; sin embargo, las razones del rezago, en general, son de carácter psicológico, tecnológico e institucional (Gujarati y Porter, 2009). Por tanto, las estimaciones derivadas del modelo y del programa se utilizaron para la demanda de sorgo. La estimación estadística del modelo se obtuvo con la utilización del procedimiento GLM (Modelo Lineal General) de SAS, versión 2009.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del modelo se llevó a cabo al considerar su validez estadística. En el modelo estimado, los signos que preceden a los coeficientes de los estimadores fueron los esperados y acordes a la teoría económica (Vázquez y Martínez, 2015). Así, con referencia a la estimación del modelo, cuando el precio (PCRS) que paga el consumidor del sorgo se incrementa, *ceteris paribus*, es de esperarse que, en las condiciones planteadas en esta investigación, la cantidad demandada del grano disminuya. Si el nivel de urbanización (URBAN) aumenta, *ceteris paribus*, se espera que la demanda del grano se incremente y el signo que precede al coeficiente de la variable sea positivo y así con el resto de las variables.

### Análisis estadístico

Estadísticamente, los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) presentan resultados que indican que el modelo de demanda de sorgo grano estimado, es significativo y consistente; además, bajo la estructura de un modelo autorregresivo, la variable estocástica  $Ds_{t-1}$  no se correlacionó con  $u_t$  (Gujarati y Porter, 2009:636), argumento que permite validarse porque de los resultados en la tabla ANDEVA la Fc fue 3.3 ( $P < 0.05$ ) al 95% de confiabilidad. De hecho, se realizó la prueba

de hipótesis al 5% de significancia para los  $\beta_i$  y la F de tablas, es decir,  $F_{19}^8 = 2.48$ , este valor es menor al de la Fc que fue 3.3, por tanto, las variables independientes, en conjunto, son estadísticamente significativas (Wooldridge, 2010:147).

El coeficiente de determinación  $R^2$  fue 0.85, por tanto, de la fuente de variación total del modelo de demanda de sorgo en México y para el periodo de análisis, 85% lo explican las variables predeterminadas, fijas o independientes incluidas en él. En adición, en términos absolutos, en ocho de 11 variables independientes, el valor de t-calculada fue mayor a la unidad y sólo en tres de ellas la t-calculada se acercó a uno (tabla 1), lo que otorgó significancia estadística a cada variable para explicar a la variable dependiente. La variable independiente y estocástica  $Ds_{t-1}$  (Gujarati y Porter, 2009:652), si bien, tiene el signo correcto no es estadísticamente significativa, pero sí tiene influencia sobre la variable dependiente al presentar un valor de su coeficiente  $\beta$  distinto de cero (Wooldridge, 2010:344).

### Elasticidades de corto plazo

Los valores estimados en la segunda columna de la tabla 2, expresan que la elasticidad precio-propia del sorgo grano, en el corto plazo, fue -0.36. Este resultado indica que la cantidad demandada del grano es inelástica al precio de este insumo; este hallazgo concuerda con el que obtuvieron Vázquez y Martínez (2015), en el que la elasticidad precio de la demanda de sorgo fue -0.31 y afirman que los cereales, en general, tienden a tener elasticidades precio por debajo de 0.5; similar con las estimaciones del FAPRI (2017b) para México, donde la elasticidad precio propia del sorgo mexicano es -0.44. En este tenor, la demanda de sorgo en México puede ser afectada en menos que proporcionalmente a cambios en su precio, lo que concuerda con el análisis sobre volatilidad en transmisión de precios (elasticidad) de productos agrícolas realizado por Ceballos *et al.* (2017), ya que los consumidores no responden de forma inmediata ante un cambio en el precio del producto.

En consecución, la elasticidad ingreso (cuantificada a través del PIB) de la demanda de sorgo fue 0.06 (elasticidad positiva), que lo clasifica como un bien normal e inelástico al ingreso (Nicholson y Snyder, 2015; Parkin y Loría, 2015), por lo que un incremento del 1% por ciento en el ingreso al consumidor del grano, es de esperar que la demanda de este grano, se incremente en seis mil t., esto se debe a la relación directa que existe entre la demanda con el ingreso del consumidor.

Tabla 1. Coeficientes de la forma reducida del modelo respecto a la cantidad demandada de sorgo en México, 1995-2014.

Variable predictora	Coeficiente	Estadístico t	Nivel de P
Intercepto	-4.60	-0.38	0.71
PCRS	-0.38	-1.66	0.14
PCRM	0.32	1.03	0.33
PCRT	1.06	1.68	0.13
PCRSOY	-0.86	-1.45	0.19
PIB	0.43	0.21	0.83
POBBL	9.66	3.25	0.01
POBC	3.04	1.49	0.18
POBAC	6.02	2.66	0.03
POBAH	4.13	2.14	0.07
URBAN	2.84	1.08	0.31
LAGDEMAND	0.15	0.48	0.64

Elaboración propia con resultados del modelo.

Tabla 2. Elasticidades de corto y largo plazo para la demanda de sorgo grano en México, 1995- 2014.

Variable independiente	Corto Plazo	Largo Plazo
Sorgo	-0.36	-0.43
Maíz	0.43	0.51
Trigo	1.27	1.49
Soya	-1.69	-1.98
PIB	0.06	0.07
POBBL	0.62	0.07
POBBC	0.13	0.15
POBAC	5.38	6.33
POBAH	2.11	2.48
Urban	0.74	0.87

Cálculos propios, con información de la tabla 1.

Las elasticidades cruzadas de la demanda sorgo-maíz y sorgo-trigo, se calcularon con relación a factores que determinan la demanda de sorgo grano en México, donde destacan los productos competitivos maíz y trigo, mismos que tienen impacto directo e inelástico sobre la demanda de sorgo. Así, las elasticidades cruzadas de largo plazo fueron 0.43 y 0.12, por tanto, por cada 1% en que se incremente el precio por tonelada de maíz, la demanda de sorgo se incrementará en 0.43% y por cada unidad porcentual que incremente el precio del trigo, la demanda de sorgo aumentará en 0.12%; en tanto que el consumo de maíz y trigo disminuirá en 43 y 12 miles t. Mientras que para la soya, este trabajo reportó una elasticidad de -1.6, por lo que ante un aumento de un punto porcentual en su precio, la demanda de sorgo disminuye

automáticamente en esa cantidad, es decir, en 1.6; definiendo a la soya como un bien complementario.

El valor de la elasticidad para bovinos leche fue 0.62, tal resultado clasifica a la variable como inelástica, e implica que ante un aumento en las existencias de bovinos leche, *in vivo*, de 1000 cabezas, el consumo de sorgo se incrementaría en 0.62%. Sucede algo similar con la población de cerdos, en la que existe un valor elástico de 1.3, por lo que un incremento en la población de éstos, aumentará la demanda de sorgo en 1.3%. Para aves carne y aves huevo, se obtuvieron valores elásticos de 5.4 y 2.1 e indican que ante un incremento de mil cabezas de cualquiera de estas especies, *in vivo*, es de esperar que el consumo de sorgo aumente en 5.4 y 2.1 miles de t. La mayor

elasticidad en estas últimas especies se debe a que su alimentación se basa en el consumo de sorgo. Finalmente, para la variable urbanización (URBAN) la elasticidad fue 0.74, en consecuencia, la demanda de sorgo aumenta 740 t. por lo que la variable tiene un efecto directo e inelástico al consumo del grano. Lo anterior se debe a que un proceso de urbanización acelerado trae consigo el aumento en el consumo de productos cárnicos, por lo que se destina buena parte de granos al forraje (Lechuga *et al.*, 2002).

### Elasticidades de largo plazo

En la demanda, se habla de largo plazo cuando algunas variables, cuya influencia dependiente, no se da de forma inmediata; por lo que sus efectos se hacen con retrasos en el tiempo. Así, se tiene que cambios en la población, en el ingreso, cambios en gustos de los consumidores y la tecnología, todos ellos se desarrollan con lentitud en periodos largos y las personas reaccionan de la misma manera a los cambios de precios y otras condiciones (Guzmán *et al.*, 2011). El análisis de las elasticidades de largo plazo, es similar a las de corto plazo, en este trabajo se dividió el resultado de la elasticidad de corto plazo entre el cociente de la velocidad de ajuste que fue 0.85, cuyo resultado tiende a ser mayor. En otras palabras, el ajuste a los nuevos precios tiende a ser más lento por parte de los consumidores (Leroy y Meiners, 1990:152).

Por tanto, la elasticidad precio de la demanda de sorgo, en el largo plazo, indica que ante un incremento de 1% en el precio del bien provocará una disminución de 0.42% en la demanda, equivalente a 400 miles de t. Este resultado dista del encontrado por Martínez y Hernández (2012), pero es congruente con el de esta investigación, pues con otra metodología y otro propósito, concluyeron que la elasticidad precio de la demanda en importaciones de sorgo fue -0.76. En el largo plazo, la elasticidad ingreso de la demanda estimada, fue 0.07, tal resultado clasifica al sorgo grano, por parte de la demanda, como un bien normal e inelástico al ingreso (Nicholson y Snyder, 2015); por lo que un incremento del 1% en el ingreso del consumidor, la demanda por este grano habría de incrementarse en 0.07; es decir, en siete mil t.

La elasticidad cruzada de la demanda sorgo- maíz, en el largo plazo, fue de 0.51, por lo que un incremento del 1% por ciento en el precio del maíz generaría un alza en la demanda de sorgo de 0.51%, resultado similar al trigo, donde la elasticidad fue 0.14, indicando que ante un incremento del 1% en el precio del trigo la demanda de sorgo aumenta en la misma cantidad; es decir, en 47 y 14 miles de t.

Para la soya, el signo de su elasticidad es negativo, con un valor de -1.9 lo que muestra que el incremento de

1% en el precio de la tonelada de soya, la demanda de sorgo disminuiría en 190 t. de acuerdo con la teoría microeconómica, este resultado clasifica a la soya como un bien complementario, indicando que el consumidor disminuye la demanda de sorgo, al aumentar el precio de la soya.

Con relación a la variable bovinos para leche, donde un incremento de mil cabezas en su población, aumentaría el consumo de sorgo en 0.7%, es decir en 700 t; este resultado fue un tanto distinto y contrastó con lo estimado por Ramírez *et al.* (2010), quienes reportaron una elasticidad de -0.52 e indicaron que una disminución de 10% en el precio de sorgo habría de aumentar la producción en 5.2%, tal hallazgo fue diferente al encontrado en esta investigación. Así mismo, la demanda de sorgo se incrementa en 1.4, 0.6 y 2.3 cuando aumenta la población de cerdos, aves carne y huevo presentando un consumo de 600 a 2,300 t, por lo que si las personas incrementan el consumo de carne de estas especies, por ende, el consumidor comprará más sorgo para la alimentación del ganado. En adición, el valor de la elasticidad de la urbanización, de largo plazo, fue 0.8 (inelástica); es decir, la urbanización tiene un efecto inelástico en la demanda de sorgo grano e indica que un incremento de una unidad porcentual en la concentración de la población humana en zonas urbanas, se espera que el consumo de sorgo tenga incrementos en alrededor del 8% (800 t). Con respecto a la población humana los resultados indican que no responde de manera inmediata a la demanda de estos bienes; es decir, no modifican sus hábitos de consumo inmediatamente siendo en el largo plazo donde se ve reflejado el cambio.

Finalmente, la velocidad de ajuste  $S$  se estimó en  $(1 - 0.15) = 0.85$ , es decir, fue menor a la unidad y significa que sólo cerca del 85% de la discrepancia entre el consumo real de sorgo y el consumo deseado de este grano en México, se elimina en un año, lo cual se considera un ajuste rápido (Gujarati y Porter, 2009:640).

### CONCLUSIONES

La demanda de sorgo respondió de forma inelástica al precio de este grano; en el largo plazo, los cambios en el precio, presentan un mayor ajuste por parte de los demandantes. Asimismo, la demanda de sorgo respondió directa e inelásticamente al precio de los sustitutos maíz y trigo, por lo que un incremento en el precio de cualquiera de estos productos favorecería la demanda de sorgo en México. El ingreso del consumidor tuvo un efecto directo e inelástico tanto en el corto como en el largo plazo, clasificándolo como un bien normal. En adición, las variables orientadas a especies pecuarias que aquí se analizaron, respondieron de forma directa. Mientras que la

variable urbanización presentó mayor ajuste a largo plazo, por lo que se espera que la demanda de sorgo se incremente cuando exista una mayor concentración de población humana en zonas urbanas, seguido de un mayor consumo de carne y huevo. En general, el consumo de sorgo en México en el corto plazo, presentó poca respuesta a cambios en su precio, ya sea de productos sustitutos o complementarios, así como a incrementos en el nivel de ingreso. Por tanto, las variaciones en el consumo de sorgo respondieron de manera retrasada ante las variaciones en las variables consideradas en esta investigación. En el largo plazo existe una tendencia entre el consumo real y el consumo deseado, lo que indica que los consumidores se ajustan rápidamente a los cambios en los precios. Estos resultados pueden ser utilizados para orientar políticas que sirvan para incentivar la producción del cultivo en zonas específicas de México, así como favorecer el consumo y crecimiento poblacional de las especies pecuarias analizadas en la investigación.

### REFERENCIAS

- Bivings, E.L. 1997. The seasonal and spatial dimensions of sorghum market liberalization in Mexico. *American Journal Agricultural Economics*. 79 (2): 383-393. <https://doi.org/10.2307/1244137>
- Ceballos, F., Hernández, M.A., Minot, N., Robles, M. 2017. Grain price and volatility transmission from international to domestic markets in developing countries. *World Development*. 94: 305-320. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.01.015>
- FAPRI. Food and Agriculture Policy Research Institute. 2017a. Database. Sorghum-Production. <http://www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.aspx>. Consulta, 16 febrero, 2017.
- FAPRI. Food and Agriculture Policy Research Institute. 2017b. Elasticity Database. <http://www.fapri.iastate.edu/tools/elasticity.aspx>. Consulta, 15 junio, 2017.
- Gujarati, D.N., Porter, D.C. 2009. *Econometría*. Quinta edición. McGraw-Hill Interamericana. México, D. F.
- Guzmán, S.E., Rebollar, R.S., García, S.J.A., de la Garza, C.M.T., Hernández, M.J. 2011. Factores determinantes de la demanda internacional del turismo en México. *Revista Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*. 3: 30-49. DOI:10.3232/GCG.2011.V5.N3.02.
- INPC. Índice Nacional de Precios al Consumidor. 2011. Sector agropecuario, 1ra quincena de julio 2011=100. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/IndicePrecios/tabla>. Consulta Febrero 2016.
- Lechuga, M.J., Massieu, T.Y. 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*. XVII (36): 281-291. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41303610>
- Leroy, M.R., Meiners, E.R. 1990. *Microeconomía*. Tercera Edición. Mc Graw Hill. México, D. F.
- Martínez, D.M.A., Hernández, O.J. 2012. Importaciones de granos básicos y precio interno en México: un enfoque de sistema de demanda inverso. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 9 (4): 401-410. <http://www.colpos.mx/asyd/volumen9/numero4/asd-12-007.pdf>
- Molina, G.J.N., García, S.J.A., Chalita, T.L.E., Pérez, S.F. 2012. Efecto de PROCAMPO sobre la Producción y las Importaciones de Granos Forrajeros En México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3: 999-1010. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123214012>.
- Nerlove, M. 1956. Estimates of elasticities of supply of selected agricultural commodities. *American Journal of Agricultural Economics*. 38 (2): 496-509. <https://doi.org/10.2307/1234389>
- Nicholson, W., Snyder, C. 2015. *Teoría Microeconómica Principios básicos y ampliaciones*. Decimoprimer edición. Cengage Learning. México, D. F.
- Parkin, M., Loría, E. 2015. *Microeconomía, un Enfoque para América Latina*. Decimoprimer edición. Pearson Educación. México.
- Ramírez, J, R., García, S, J.A., Mora, F, J.S., García M, R. 2010. Efectos del tratado de libre comercio de américa del norte sobre la producción de leche en México. *Universidad y Ciencia*. 26 (1): 283-292. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15416258007>.
- Rebollar, R.S., García, S.J.A., Rodríguez, L.G. 2004. Efecto de la Política Comercial y Cambiaria sobre el Mercado de Sorgo en México. *Comercio Exterior*. 55(5): 394-401. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238212>.

- Rebollar, R.E., Rebollar, R.S., González, R.F.J., Rebollar, R.A., Hernández, M.J., Gómez, T. G. 2016a. Dinámica regional de la producción de sorgo en México, 1994-2012. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7: 619-630. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263145554012>.
- Rebollar, R.S., Hernández, M.J., González, R.F.J., García, M. A. 2016b. Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 38: 229-240. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14146082004>.
- SAS Institute Inc. 2009. The SAS System for Windows 9.0. Cary, N.C. USA. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14146082004>.
- SIACON. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta, data base 1980-2014. 2016. Consulta, 14 febrero, 2016.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Producción Agrícola. En: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do). Consulta, 17 febrero 2017.
- Vázquez, A.J.M.P., Martínez, D.M.A. 2015. Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5): 955-965. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139893004>.
- Wooldridge, M.J. 2010. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Cuarta Edición. Cengage Learning. México, D. F.