

La producción de bioetanol y su impacto en el precio de productos agrícolas en México

Production of bioethanol and its impact on the price of agricultural products in Mexico

Alberto Pérez-Fernández^{1*}, Mayra Iliana Rivas-Martínez², Ignacio Caamal-Cauich³, David Martínez-Luis¹

¹Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ciencias Económico Administrativas, Calle 56 No 4. Esq. Avenida Concordia Col. Benito Juárez, CP. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Programa en Ciencias en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. México.

³Universidad Autónoma Chapingo, Facultad de Ciencias Económico Administrativas. México.

*Autor de correspondencia: albertopefe@gmail.com

Nota científica recibida: 30 de noviembre de 2015 **aceptada:** 23 de marzo de 2017

RESUMEN. Los problemas de contaminación por el uso de los derivados del petróleo originan la búsqueda de nuevas fuentes de energía, como el bioetanol. El objetivo del estudio fue estimar las elasticidades de la demanda Marshallianas y Hicksianas mediante la aplicación del sistema de demanda casi ideal con ecuaciones aparentemente no relacionadas y el uso del índice de precio Stone. Los resultados muestran que los cinco productos tienen una demanda inelástica, sin embargo, el maíz es el único que mostró ser un bien superior, por lo que se requiere aumentar y redistribuir la producción de maíz para evitar dañar la capacidad de adquisición de la población.

Palabras clave: Demanda; elasticidad Hicksiana; elasticidad Marshalliana; índice Stone

ABSTRACT. Pollution issues from the use of petroleum products lead to the search for new sources of energy, such as bioethanol. The objective of the study was to estimate the Marshallian and Hicksian demand elasticities by applying the almost ideal demand system with apparently unrelated equations and the use of the Stone price index. The results show that the five products have an inelastic demand; however, corn is the only one that showed to be a higher good; therefore, it is necessary to increase and redistribute corn production to avoid damaging the population acquisition capacity.

Key words: Demand; Hicksian elasticity; Marshallian elasticity; Stone index

INTRODUCCIÓN

El daño ambiental por la quema de energéticos fósiles y la disminución de las reservas de petróleo en el mundo, ha ocasionado la búsqueda de nuevas fuentes de energía (Alejos y Calvo 2015). Los biocombustibles son una fuente de energía renovable que permite disminuir la emisión de contaminantes y la dependencia del petróleo (Demirbas 2011). Los biocombustibles se pueden obtener de cultivos con alto contenido de almidones como el maíz (Romero *et al.* 2015), las frutas con altos contenidos de azúcares como la piña, la manzana y la uva (Zamora-Hernández *et al.* 2014), la caña de azúcar y los residuos agrícolas (Agüero-Rodríguez *et al.* 2015, Velásquez y López 2015).

En América Latina, el uso de alimentos básicos para producir bioetanol es controversial, debido a la baja productividad agrícola (Morelos 2016). Aunado a lo anterior, cerca de dos tercios de la población vive en pobreza extrema; por lo que el uso de cultivos agrícolas para producir energéticos no es la mejor opción (FAO 2016). En México, el maíz es la base de la alimentación, y representa parte de la soberanía alimentaria, por lo que su uso para producir biocombustibles puede modificar su demanda y precio (Romero *et al.* 2015). Al respecto, Hochman *et al.* (2014) reportan que la producción de bioetanol contribuye con el 30 % del incremento del precio del maíz, lo que genera una pérdida del bienestar económico en las familias que

consumen este producto. Además de que es cuestionable su eficiencia energética, ya que para producir 442 L de etanol se requiere una tonelada de grano (Cardona et al. 2005).

Los biocombustibles de primera generación, obtenidos de cultivos alimenticios modifican los precios de los mercados mundiales (Rendon-Sagardi et al. 2014, Alejos y Calvo 2015). Para el 2017, se estima una producción de 122 millones de litros de etanol y se espera alcanzar en 2025 una producción de 128.4 millones de litros, de los que cerca del 70 % provendrá de maíz, el 29 % de la caña de azúcar y el resto de biomasa (OCDE-FAO 2016). Al respecto, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos, regula el otorgamiento de permisos para la producción de bioenergéticos, e indica que, solo se otorgarán permisos cuando existan inventarios excedentes de producción interna (DOF 2008). Aunque de forma interna se regule la producción de etanol de maíz, los mercados internacionales regulan la demanda, lo que afecta los precios del maíz destinado al consumo animal y humano (Ranum et al. 2014). Mientras que la caña de azúcar es un cultivo que puede ser utilizado como materia prima para la producción de etanol en sustitución del maíz; sin embargo, la agroindustria azucarera en México tiene baja productividad (Aguilar-Rivera 2014), lo que se agrava con la caída de los precios del azúcar (Brambila-Paz et al. 2013). La demanda de etanol producido mediante propuestas sustentables, aumenta cada año (Padilla y Serafín 2016) y con ello la necesidad de aumentar la productividad o integrar a mediano plazo suelos marginales a la producción agrícola para producir biocombustibles (Platas et al. 2016). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue calcular las elasticidades Marshallianas, Hicksianas y del gasto de los cultivos de la caña de azúcar, maíz, cebada, sorgo y trigo, para medir los cambios en la demanda de los cultivos ante aumentos en los precios de los bienes que se utilizan para producir bioetanol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usó información de los cultivos de caña

de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), maíz (*Zea mays* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), sorgo (*Sorghum vulgare*) y trigo (*Triticum aestivum* L.). Las variables registradas para cada uno de los cultivos fueron el precio medio rural y la producción nacional. Los precios medios rurales se obtuvieron del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2013), y la producción de la Organización para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO 2013). Se usaron estadísticas de 1980 a 2012, ya que 32 años son suficientes para establecer tendencias en el comportamiento de precios y la producción de los cultivos.

El análisis se realizó con el Sistema de Demanda Casi Ideal (Deaton y Muellbauer 1980): $w_i = \alpha_i - \beta_i \log \Theta + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \frac{x}{p^*}$, de la que se tiene la siguiente ecuación: $w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log (X/P)$. Donde w_i es la participación del i -ésimo bien en el gasto del grupo, α_i = son las ordenadas al origen, p_j = son los precios de los bienes en el grupo, γ_{ij} = son los coeficientes de los precios, β_i = son los coeficientes del gasto, X = es el gasto total en los bienes considerados, \log = denota logaritmo natural y P = es un índice de precios Translog, el cual se define como: $\ln P = \alpha_0 + \sum_j \alpha_j \ln p_j + 1/2 \sum_j \sum_l \gamma_{jl} \ln(p_j) \ln(p_l)$. Siendo p_j , p_l los precios de los bienes en el grupo y α_0 , α_j y γ_{jl} . Las condiciones de aditividad y homogeneidad se consideraron independientes, por lo que el modelo supone las condiciones básicas de:

$$\text{Aditividad } \sum_i \alpha_i = 1, \sum_i \gamma_{ij} = 0 \text{ y } \sum_i \beta_i = 0$$

$$\text{Homogeneidad } \sum_j \gamma_{ij} = 0 \forall_i$$

$$\text{Simetría } \gamma_{ij} = \gamma_{ji} \forall_i \neq j$$

Se considera que el modelo empleado tiene las propiedades de una aproximación de primer orden a cualquier sistema de demanda derivable, con una forma funcional consistente con los datos del gasto familiar como representación flexible de cualquier sistema de demanda arbitrario (Martínez y Vargas 2004). Otro aspecto es que el agregador de precios (P) se puede reemplazar por un índice de precios,

de tal forma que es posible obtener un sistema de demanda lineal en la etapa (Ramírez *et al.* 2011), si se considera que P es factible de reemplazar, por el índice de precios Stone (Deaton y Muellbauer 1980).

$$\ln(S_p) = \sum_{i=1}^n w_{it} \ln(P_{it})$$

Para la especificación del modelo, se empleó la siguiente ecuación lineal: $w_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^m \gamma_{ij} \log(P_{jt}) + \beta_i \log\left(\frac{x_t}{p_s}\right) + \mu_{it}$ ($i=1,2,\dots, m-1$; $t=1,2,\dots,T$). Para la estimación de los parámetros (α_i, γ_{ij} y β_i) se utilizó el estimador de mínimos cuadrados generalizados (Hernández y Martínez 2003). Las elasticidades precio propias Marshallianas, Hicksianas y del gasto se estimaron considerando las siguientes ecuaciones:

Elasticidades precio propias Marshallianas

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{W_i} - \beta_i - 1$$

Elasticidades precio propias Hicksianas

$$\delta_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{W_i} - W_i - 1$$

Elasticidades precio cruzadas Marshallianas

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{W_i} - \beta_i(W_j w_i)$$

Elasticidades precio cruzadas Hicksianas

$$\delta_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{W_i} - \beta_i - 1$$

Elasticidades del gasto $\eta_i = 1 + \frac{\beta_i}{w_i}$

Considerando que γ_{ij} y β_i son los estimadores de los parámetros del modelo; y w_i es la proporción media del gasto del i -ésimo bien del grupo de cultivos que se analizaron (Martínez y Vargas 2004). La obtención de las elasticidades de cada uno de los productos se determinó con el paquete estadístico Statistical Analysis System, mediante el procedimiento SYSLIN/SUR, con la imposición de las restricciones de aditividad, homogeneidad y simetría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de las elasticidades Marshallianas indican que los cinco cultivos analizados son bienes inelásticos, debido a que presentan un valor negativo y menor a la unidad, lo que implica que la demanda del bien no se modifica de manera sustancial con los incrementos en los precios (Tabla 1). Para el caso del maíz, la elasticidad obtenida fue de -0.799, lo que indica que, si los precios del maíz aumentan en 10 %, la demanda del producto tiene una disminución de 7.99 %. Valores similares negativos y menores a la unidad fueron reportados por Retes *et al.* (2014) para el maíz. Los cambios en los precios del maíz se deben a que en los Estados Unidos de América, desde el 2007 se destina el 40 % de la producción de maíz para la producción de etanol (Ranum *et al.* 2014), lo cual influyó en la disminución de la oferta para consumo humano. Al respecto Condon *et al.* (2015) determinaron que un aumento en la demanda de un millón de galones de etanol, se refleja en un incremento del precio del maíz entre un 3 y 4 %.

La elasticidad del gasto indica que solo el maíz se comporta como un bien superior (1.392), es decir, a una unidad más de gasto, el incremento en la demanda es superior a la unidad. Mientras que la caña de azúcar, cebada, trigo y sorgo se comportan como bienes normales. Con respecto a las elasticidades cruzadas, la mayoría muestra una simetría en los signos, excepto por dos combinaciones que registran signos contrarios, por lo tanto, se consideran bienes sustitutos para la producción de etanol. La elasticidad del sorgo fue de -0.630. Los cambios en 10 % de los precios afectan la demanda del sorgo en menos de un siete por ciento. Al respecto Vázquez y Martínez (2015) calcularon una elasticidad de -0.3141 para el sorgo, lo que indica que se comporta como un bien inelástico. La demanda del sorgo no se modifica y por el contrario al existir restricciones para producir etanol a partir de maíz, el sorgo es una alternativa por tener una conversión de entre 360 y 400 litros de bioetanol por tonelada de cultivo (Chuck-Hernández *et al.* 2011). Para el trigo la elasticidad fue de -0.166, valor que se

Tabla 1. Elasticidades Marshallianas y del gasto.

	Caña de azúcar	Maíz	Sorgo	Cebada	Trigo	Elasticidad del gasto
Caña de azúcar	-0.064	-0.559	0.171	-0.012	-0.037	0.365
Maíz	-0.299	-0.799	-0.127	-0.019	-0.147	1.392
Sorgo	0.142	0.079	-0.630	0.024	-0.076	0.461
Cebada	-0.190	-0.357	0.129	-0.473	-0.093	0.983
Trigo	-0.094	-0.290	-0.140	-0.009	-0.166	0.698

Tabla 2. Elasticidades Hicksianas.

	Caña de azúcar	Maíz	Sorgo	Cebada	Trigo
Caña de azúcar	-0.011	-0.357	0.230	-0.006	0.007
Maíz	-0.095	-0.030	0.097	0.006	0.021
Sorgo	0.210	0.334	-0.555	0.032	-0.021
Cebada	-0.046	0.188	0.288	-0.455	0.026
Trigo	0.009	0.415	-0.027	0.004	-0.082

encuentra de la elasticidad reportada para este cultivo, mientras que la cebada mostró valores menores a los registrados por Vázquez y Martínez (2015). En las elasticidades Hicksianas (Tabla 2), se observa que al modificarse el ingreso y aumentar el precio de los cultivos, todos los bienes se mantienen como bienes inelásticos, con elasticidades de -0.011 para la caña de azúcar, -0.030 para maíz y de -0.082 para el trigo, -0.555 para el sorgo y de -0.455 para la cebada. Lo que indica que la demanda para todos los bienes disminuye ante un aumento en los precios en diferentes proporciones.

La modificación en las políticas para la producción de etanol en otros países puede afectar el mercado interno de maíz (Romero *et al.* 2015). Si se considera que se requiere sustituir el 10.5 % del consumo de gasolina, y que, para producir etanol de maíz, el 65 % de los costos es de la materia prima, se requiere una inversión de 2 300 millones de pesos y una superficie sembrada de maíz de 1.2 millones de hectáreas con rendimiento promedio de 6 t ha⁻¹

(Arvizú 2011). Lo que indica que se requiere la aplicación de políticas y leyes que regulen la producción de bioenergéticos de granos básicos para garantizar el bienestar social (Fierros 2013). Por lo que considerando que no se es autosuficiente en la producción de maíz, y que las leyes no permiten la producción de etanol a partir de este producto, se deben explorar otras opciones como el uso de la caña de azúcar (Cardona *et al.* 2005). Por lo que se requiere una visión integral técnica, económica, cultural, legal y ambiental para la introducción de nuevas tecnologías para obtener etanol sin poner en riesgo la alimentación de la sociedad mexicana (Amorim *et al.* 2011).

La producción de bioenergéticos en México a partir de productos como el maíz, trigo, sorgo, cebada y caña de azúcar afecta la capacidad adquisitiva de la población, por ser bienes básicos y catalogados como inelásticos. Una alternativa es la producción de etanol a partir de desechos y productos agrícolas de baja demanda.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rivera N (2014) Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Revista Nova Scientia* 12: 125-161.
- Agüero-Rodríguez J, Tepetla-Montes J, Torres-Beristáin A (2015) Producción de biocombustibles a partir de la caña de Veracruz, México: perspectivas y riesgos socio-ambientales. *Ciencia UAT* 9: 74-84.
- Alejos C, Calvo E (2015) Biocombustibles de primera generación. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 18: 19-30.

- Amorim HV, Lopes ML, Velasco de Castro OJ, Buckeridge MS, Goldman GH (2011) Scientific challenges of bioethanol production in Brazil. *Applied Microbiology and Biotechnology* 91: 1267-1275.
- Arvizú FJL (2011) Biocombustibles derivados de maíz. En: De León C, Rodríguez R (ed). *El cultivo del maíz, temas selectos*. 1ª edición. Mundi-Prensa. España. pp: 31-37.
- Brambila-Paz J, Martínez-Damián MA, Rojas-Rojas MM, Pérez-Cerecedo V (2013) La bioeconomía, las refinerías y las opciones reales: el caso del bioetanol y el azúcar. *Agrociencia* 47: 281-292.
- Cardona CA, Sánchez OJ, Montoya MI, Quintero JA (2005) Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz. *Scientia Et Technica* 10: 187-192.
- Chuck-Hernández C, Pérez-Carrillo E, Heredia-Olea E, Serna-Saldívar SO (2011) Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10: 529-549.
- Condon N, Klemick H, Wolverton A (2015) Impacts of ethanol policy on corn prices: A review and meta-analysis of recent evidence. *Food Policy* 51: 63-73
- Deaton A, Muellbauer J (1980) An almost ideal demand system. *The American Economic Review* 70: 312-326.
- Demirbas A (2011) Competitive liquid biofuels from biomass. *Applied Energy* 88: 17-28.
- DOF (2008) Diario Oficial de la Federación. Ley de promoción y Desarrollo de Bioenergéticos. Cámara de diputados, LX legislatura. en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpdb/LPDB_orig_01-feb08.pdf Fecha de consulta 25 de febrero de 2017.
- FAO (2013) Sección estadísticas. Organización de las Naciones para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.faostat3.fao.org>. Fecha de consulta 20 de octubre de 2015.
- FAO (2016) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El estado mundial de la agricultura y la alimentación: cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>. Fecha de consulta 21 de febrero de 2017.
- Fierros HR (2013) El desarrollo Humano. Un compromiso social no cumplido. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 11: 1-17.
- Hernández OJ, Martínez D MA (2003) Estimación de un sistema AIDS y elasticidades para cinco hortalizas en México. *Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática* 7: 13-24.
- Hochman G, Rajagopal D, Timilsina G, Zilberman D (2014) Quantifying the causes of global food commodity prices crisis. *Biomass and Bioenergy* 68: 106-114.
- Martínez DMA, Vargas OJA (2004) Un sistema de demanda casi ideal (AIDS) aplicado a once frutas en México (1960-1998). *Revista Fitotecnia Mexicana* 27: 367-375.
- Morelos GJ (2016) Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina. *Estudios Gerenciales* 32: 120-126.
- Padilla ZM, Serafín MAH (2016) Diseño de un esquema sustentable para la obtención simultánea de biocombustibles líquidos y sólidos bajo el esquema de biorrefinerías. *Jóvenes en la ciencia: Revista de Divulgación Científica* 2: 1969-1973.
- OCDE-FAO (2016) *Perspectivas agrícolas 2016-2025*. OECD Publishing, Paris. <http://www.fao.org/3/a-i5778s.pdf>. Fecha de consulta 20 de febrero de 2017.

- Platas RDE, Zetina CP, Vilaboa AJ, Martínez HR (2016) Adaptación y mitigación del cambio climático con la producción de bioenergéticos en suelos marginales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14: 2857-2866.
- Ramírez TJ, Martínez DMA, García MR, Hernández G A, Mora FJS (2011) Aplicación de un sistema de demanda casi ideal (AIDS) a cortes de carnes de bovino, porcino, pollo, huevo y tortilla en el periodo de 1995-2008. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2: 39-51.
- Ranum P, Peña-Rosas JP, García-Casal MN (2014) Global maize production, utilization and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1312: 105-112.
- Rendon-Sagardi MA, Sanchez-Ramirez C, Cortes-Robles G, Alor-Hernandez G, Cedillo-Campos M (2014) Dynamic analysis of feasibility in ethanol supply chain for biofuel production in Mexico. *Applied Energy*. 123: 358-367.
- Retes MRF, Torres SG, Garrido RS (2014) Un modelo econométrico de la demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. *Estudios Sociales* 43: 38-59.
- Romero PA, Hernández JM, León MA, Sangermán-Jarquín DM (2015) Impacto en el mercado mexicano de maíz en ausencia de políticas de producción de biocombustibles en Estados Unidos de América. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1023-1033.
- SIAP (2013) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Fecha de consulta 10 de marzo de 2013.
- Vázquez AJM, Martínez DMA (2015) Estimación empírica de elasticidades de la oferta y demanda. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 955-965.
- Velásquez RYC, López JE (2015) Tecnologías de producción de una planta de obtención de etanol a partir de residuos de cosecha (Hojas y cogollos) de la caña de azúcar. *Revista de Investigación en Ciencias Estratégicas* 2: 67-75.
- Zamora-Hernández T, Prado-Fuentes A, Capataz-Tafur J, Barrera-Figueroa BE, Peña-Castro JM (2014) Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. *Educación Química* 25: 265-274.