

MAÍZ, ETANOL Y BIENESTAR EN EL MARCO DE LAS POLÍTICAS (INTER)NACIONALES

MAIZE, ETHANOL AND WELFARE WITHIN THE FRAMEWORK OF (INTER) NATIONAL POLICIES

Rafael Pérez-Peña¹, Óscar Peláez-Herreros²

¹New Mexico State University. College of Business Economics, Applied Statistics & International Business Department MSC 3CQ, PO Box 30001, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003-8001. (rperez89@nmsu.edu). ²El Colegio de la Frontera Norte. Carretera Escénica Tijuana-Ensenada, km. 18.5, San Antonio del Mar, C.P. 22560, Tijuana, Baja California, México. (opelaez@colef.mx).

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es mostrar en qué medida la decisión unilateral de los EE. UU. de fomentar la producción de etanol contribuyó a elevar el precio del maíz (*Zea mays*), redundando en ganancias de bienestar para los agentes de ese país en perjuicio de los mexicanos. Para ello se estima un modelo de ecuaciones simultáneas mediante la técnica de mínimos cuadrados en tres etapas que permite conocer la determinación del precio del maíz en el mercado estadounidense durante el periodo 2000-2014. Los resultados muestran que ante un aumento de 1 % en la producción de etanol, el precio del maíz se incrementó en 0.61 %. Este impacto positivo implicó que en Estados Unidos (superavitario en maíz) la ganancia de excedente de los productores superara la pérdida de los consumidores. Lo contrario ocurrió en México (deficitario en maíz), que registró una pérdida neta de bienestar. Asimismo, se advierte que, con el alza del precio, a partir de 2005 surgieron oportunidades para los productores de ambos países. En Estados Unidos se incrementó la producción de maíz, tanto por el aumento de hectáreas sembradas como de la producción por hectárea. En México solo se explotó el margen intensivo.

Palabras clave: centro-periferia, ecuaciones simultáneas, elasticidad, excedente marshalliano, neoestructuralismo.

INTRODUCCIÓN

Durante largo tiempo, el precio del maíz (*zea mays*), expresado en términos reales, se caracterizó por su estabilidad e incluso por su

* Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2015. Aprobado: junio, 2016.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 16: 1-18. 2019.

ABSTRACT

The objective of this research is to show to what degree the unilateral decision of the United States to promote ethanol production contributed to raising the price of maize (*Zea mays*), resulting in increasing welfare for the agents of that country in detriment of Mexicans. For that purpose a model of simultaneous equations is estimated through the technique of least squares in three stages, which allows understanding the determination of the maize price in the US market during the period of 2000-2014. The results show that in face of an increase of 1 % in ethanol production, the price of maize increased in 0.61 %. This positive impact implied that in the United States (with maize surplus), the increase in producer surplus exceeds the loss of consumers. The contrary happened in Mexico (with maize deficit), which showed a net loss in welfare. Likewise, it can be seen that with the rise in price, opportunities arose since 2005 for producers in both countries. In the US maize production increased, both from the increase in hectares sown and from the production per hectare. In Mexico only the intensive margin was exploited.

Key words: center-periphery, simultaneous equations, elasticity, Marshallian surplus, neo-structuralism.

INTRODUCTION

For a long time, the price of maize (*Zea mays*), expressed in real terms, was characterized by its stability and even by its secular decline, with occasional oscillations. However, between 2005 and 2012 the price per ton of this product in the global market increased from 112.5 (constant 2010 dollars) to 277.4, recovering a value that was not observed since 1975 (Banco Mundial, 2015). In

declive secular, con oscilaciones ocasionales. Sin embargo, entre 2005 y 2012 el precio por tonelada de este producto en el mercado mundial aumentó desde 112.5 (dólares constantes de 2010) hasta 277.4, recuperando un valor que no se observaba desde 1975 (Banco Mundial, 2015). En México, el precio medio rural de la tonelada de maíz en grano tuvo una evolución semejante al pasar de 1964 a 3737 (pesos constantes de 2010)³. En términos nominales, el incremento fue de 154 % en esos siete años, periodo durante el cual el índice general de precios de la economía apenas aumentó 33 %.

El alza del precio de este grano, que se inició en 2005 y se prolongó hasta 2012, ya ha sido analizado desde distintas perspectivas, siendo objeto de fuerte controversia debido a que el maíz no es un producto cualquiera, sino la base de la dieta y esencia misma de la población mexicana⁴. En esta ocasión se recurre a los planteamientos de las escuelas dependientista y neoestructuralista, con el fin de analizar los factores que explican el aumento del precio del maíz, sus consecuencias, los problemas y las oportunidades que surgieron con la ruptura del patrón histórico de evolución de precios. Este marco analítico permite interpretar el fenómeno en cuestión desde una perspectiva amplia, al considerar la racionalidad económica de los agentes nacionales implicados, pero inmersos en un sistema de relaciones político-económicas caracterizadas por las asimetrías y las desigualdades internacionales. Con ello se alcanzará el objetivo de esta investigación: mostrar en qué medida la decisión unilateral de los Estados Unidos de fomentar la producción de etanol contribuyó a elevar el precio de este cereal, redundando en ganancias de bienestar para los agentes de ese país, en perjuicio de los agentes mexicanos que, no obstante, también pudieron beneficiarse de la estrategia estadounidense.

Para cumplir este objetivo, en el siguiente apartado se explican los motivos que impulsaron la producción de etanol de maíz, las peculiaridades del propio maíz como producto de oferta y demanda muy inelásticas, así como los planteamientos teóricos que ayudan a entender el caso. Posteriormente se describen las técnicas de análisis y las fuentes de los datos empleados. En el cuarto apartado del texto se presentan y discuten los resultados obtenidos mediante la estimación de un modelo de ecuaciones simultáneas para el precio del maíz en Estados Unidos, el cálculo de elasticidades y de variaciones de los excedentes de

México, the average rural price of the ton of grain maize had a similar evolution when going from 1964 to 3737 (constant 2010 pesos)³. In nominal terms, the increase was 154 % in those seven years, period during which the general price index in the economy barely increased 33 %.

The increase in this grain's price, which began in 2005 and prolonged until 2012, has already been analyzed from different perspectives, being an object of strong controversy because maize is not just any product, but rather the basis of the diet and the essence itself of the Mexican population⁴. In this occasion we resort to the suggestions of the dependentist and neostructuralist schools, with the aim of analyzing the factors that explain the increase in maize price, its consequences, the problems and the opportunities that arose with the rupture of the historical pattern of price evolution. This analytical framework allows interpreting the phenomenon in question from a broad perspective, when considering the economic rationality of the national agents implicated, but which are immersed in a system of political-economic relationships characterized by international asymmetries and inequalities. With this the objective of this research will be reached: showing to what degree the unilateral decision of the United States of promoting ethanol production contributed to increasing the price of this cereal, resulting in welfare increases for the agents of this country, in detriment of the Mexican agents that, nevertheless, could also benefit from the US strategy.

To reach this objective, in the following section the motives that drive the ethanol production from maize are explained, as well as the peculiarities of the maize itself as product of very inelastic offer and demand, and the theoretical suggestions that help to understand the case. Later the analysis techniques and the data sources used are described. In the fourth section of the text, the results obtained through the estimation of a model of simultaneous equations for the maize price in the United States are described, as well as the calculation of elasticities and of variations of the producer and consumer surpluses, and the comparison of the changes in the volume produced, the surface sown and the productivity of both countries. Finally, a section of conclusions weaves together the most relevant contributions of this research.

productores y consumidores, y la comparación de los cambios en el volumen producido, la superficie sembrada y la productividad de ambos países. Finalmente, un apartado de conclusiones entrelaza las aportaciones más relevantes de esta investigación.

Hechos y teorías

Para comprender la reciente evolución de los precios del maíz y las causas de su dinámica conviene remontarse hasta principios de la década de los noventa. Por aquel entonces, China padeció un grave desabasto de este grano que llevó a la completa interrupción de sus exportaciones al tiempo que hizo necesaria su importación. Los productores de maíz en EE. UU. advirtieron el déficit del país asiático y se fijaron este mercado como objetivo. Ello permitió que en 1994 y 1995 EE. UU. se posicionara como el principal exportador de maíz al mercado chino.

En años posteriores la rápida expansión del número de hectáreas de cultivo de maíz en China elevó la producción de este país, que volvió a ser excedentario. A consecuencia de ello, los agricultores de EE. UU. tuvieron que ofrecer su maíz a precios inferiores al costo de producción. El fallo en la estrategia de exportación de maíz a China, así como el establecimiento de la Ley Federal de Mejora y Reforma Agrícola (FAIR), intensificaron las pérdidas de los productores estadounidenses. La solución planteada por estos consistió en ampliar la cadena productiva del maíz, incorporando la producción de etanol de primera generación.

Para colocar el etanol de maíz en el mercado, los productores estadounidenses solicitaron apoyo al Gobierno. De esta manera se fue articulando un conjunto de medidas entre las que destacan: un crédito fiscal otorgado a los productores de etanol de 0.51 USD por galón, que se redujo a 0.45 USD en 2008, un arancel de 0.54 USD por galón importado de cualquier país no perteneciente al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), y un mandato al consumo denominado Norma de Combustibles Renovables (RFS), que establece el volumen mínimo de biocombustible que se debe mezclar en las gasolinas de Estados Unidos. En 2011 el crédito fiscal y el arancel proteccionista fueron suprimidos. Sin embargo, el mandato del consumo sigue constituyendo un importante factor en la demanda de etanol. Además, existen apoyos otorgados por los

Facts and theories

To understand the recent evolution of the maize prices and the causes of their dynamics it is convenient to go back to the beginning of the 1990s. At that time, China underwent a serious lack of provisions of this grain that led to the complete interruption of their exports at the same time that it made its import necessary. Maize producers in the US noticed the deficit of the Asian country and targeted this market as an objective. This allowed the US to become positioned in 1994 and 1995 as the leading maize exporter to the Chinese market.

In later years the fast expansion of the number of hectares of maize cultivation in China increased the production in this country, and it became exceeding. As consequence, farmers in the United States had to offer their maize at prices lower than the production cost. The failure in the strategy of maize exportation to China, as well as the establishment of the Federal Law of Agricultural Improvement and Reform (*Ley Federal de Mejora y Reforma Agrícola*, FAIR), intensified the losses of the US producers. The solution suggested by these consisted in expanding the maize productive chain, incorporating first-generation ethanol production.

To place maize ethanol in the market, US producers requested support from the government. Thus, a set of measures was articulated among which the following stand out: a fiscal credit granted to ethanol producers of 0.51 USD per gallon, which decreased to 0.45 USD in 2008; a tariff of 0.54 USD per gallon imported from any country not belonging to the North American Free Trade Agreement (NAFTA); and a mandate on consumption called Norm of Renewable Fuels (*Norma de Combustibles Renovables*, RFS), which establishes the minimum volume of biofuel that should be mixed in the gasolines in the United States. In 2011 the fiscal credit and the protectionist tariff were suppressed. However, the mandate on consumption continues to constitute an important factor on the demand of ethanol. In addition, there are supports granted by the governments of 38 states (Birur *et al.*, 2008; McPhail and Babcock, 2012). All of this positions the United States as the main ethanol producer at the global level.

In recent years the increase in the maize demand for its use in the biofuel industry is playing a central role in the determination of the price of this cereal (Schnepf,

gobiernos de 38 estados (Birur *et al.*, 2008; McPhail y Babcock, 2012). Todo ello posiciona a EE. UU. como el principal productor de etanol a nivel mundial.

En años recientes el incremento en la demanda de maíz para su uso en la industria de biocombustibles está jugando un papel medular en la determinación del precio de este cereal (Schnepf, 2006; Park y Fortenbery, 2007). De 2000 a 2012 la industria de etanol pasó de consumir alrededor del 5 % de la producción de maíz de EE. UU. a más de 40 %, lo que representa, aproximadamente, 15 % de la producción mundial de este cereal (Wise, 2012). A ello se suman otros factores que también contribuyeron al alza del precio de este grano, como el incremento en el precio de la energía y de los fertilizantes y químicos (Mitchel, 2008), la especulación en los mercados de materias primas, el crecimiento poblacional, la depreciación del dólar frente a otras divisas, o la expansión de la demanda de maíz derivada del mayor consumo de carne en China e India (Abbot *et al.*, 2008; Lagi *et al.*, 2011).

En el caso del maíz hay dos detalles relevantes. El primero es que los alimentos, en general, y los cereales, en particular, se tratan de bienes con una elasticidad precio de demanda muy baja, lo que implica que su precio sobre-reacciona ante cambios en las cantidades ofertadas (King, 1696; Davenant, 1699; Ricardo, 1821). El segundo consiste en que Estados Unidos es el principal oferente de este grano a nivel mundial. En 2013 produjo aproximadamente 354 millones de toneladas de maíz, lo que representa cerca del 35 % de la producción mundial (FAO, 2016). Con esta cuota de mercado, los shocks de oferta o de demanda interna afectan inevitablemente al precio internacional (Berry *et al.*, 2012), que tenderá a sobre reaccionar a causa de la inelasticidad de demanda.

En 2013, México dedicó 48.2 % de su superficie cultivada total a maíz en grano y 3.6 % adicional a maíz forrajero (SAGARPA, 2016). Ello le sitúa en el cuarto lugar entre los países productores de este cereal en la última década (FAO, 2016). No obstante, ni siquiera esta escala de producción resulta suficiente para abastecer la demanda interna, teniendo que importar en torno a 25 % del consumo nacional. Estas importaciones provienen de EE. UU. casi en su totalidad (ITC, 2013).

Con la adhesión de México al TLCAN entró en vigor el mecanismo de precios de indiferencia, que

2006; Park and Fortenbery, 2007). From 2000 to 2012 the ethanol industry went from consuming around 5 % of the maize production in the US to more than 40 %, which represents, approximately, 15 % of the world production of this cereal (Wise, 2012). Other factors are added to this which also contribute to the increase in the price of this grain, such as the increase in the price of energy and of fertilizers and chemicals (Mitchel, 2008), speculation in the markets of raw materials, population growth, depreciation of the dollar against other currencies, or the expansion of the demand for maize derived from the higher consumption of meat in China and India (Abbot *et al.*, 2008; Lagi *et al.*, 2011).

In the case of maize there are two relevant details. The first is that foods, in general, and cereals in particular, are goods with a very low price elasticity of demand, which implies that their prices overreact to changes in the amounts offered (King, 1696; Davenant, 1699; Ricardo, 1821). The second consists in the United States being the main offering part of this grain at the global level. In 2013 it produced approximately 354 million tons of maize, representing close to 35 % of the world production (FAO, 2016). With this market quota the shocks of internal offer or demand inevitably affect the international price (Berry *et al.*, 2012), which will tend to overreact due to the inelasticity of demand.

In 2013, Mexico devoted 48.2 % of its total cultivated surface to grain maize and an additional 3.6 % to fodder maize (SAGARPA, 2016). This situated it in the fourth place among producing countries of this cereal in the last decade (FAO, 2016). However, not even this scale of production is enough to supply the internal demand, having to import around 25 % of national consumption. These imports come from the USA almost entirely (ITC, 2013).

With the adhesion of Mexico to NAFTA, the mechanism of indifference prices went into force, which consists in incorporating the dollar- peso exchange rate current in the market, the transportation costs from the port of entry of the border with Mexico to the consumption center, and a regional base to the price of yellow maize reported in the Chicago stock exchange (CBOT) (SIAP, 2007). Through this mechanism the transmission of variations in the maize prices is direct from the US economy to Mexico's, since the domestic price is linked to the global regardless of the fact that most

consiste en incorporar al precio del maíz amarillo reportado en la bolsa de valores de Chicago (CBOT) el tipo de cambio dólar-peso vigente en el mercado, los costos de transporte del puerto de entrada de la frontera con México hasta el centro de consumo y una base regional (SIAP, 2007). Por medio de este mecanismo la transmisión de variaciones en los precios del maíz es directa desde la economía de EE. UU. a la de México, ya que el precio nacional se liga al mundial con independencia de que la mayor parte del maíz producido en México sea blanco y el importado amarillo. Esta situación implica una alta vulnerabilidad para los productores y consumidores mexicanos, ya que sus beneficios y utilidades no dependen tanto de su propia oferta y demanda como de las decisiones de producción y consumo de los agentes internacionales, de EE. UU., principalmente.

Los planteamientos teóricos de algunos autores se adecúan a esta situación y ayudan a entender sus causas y consecuencias. Wallerstein (2005:33 y 46-7), por ejemplo, caracteriza el “sistema-mundo” como una serie de mecanismos que redistribuyen los recursos desde la “periferia” hacia el “centro” del sistema a través de las desiguales estructuras de cuasimonopolio y libre competencia que dominan en cada región. En el caso específico del maíz, EE. UU. dispone de poder de mercado que extiende a México por medio del TLCAN, en concreto, a través del programa de desgravación para la eliminación progresiva de aranceles (ya completado) y del mecanismo de precios de indiferencia.

Desde la teoría de la dependencia, Dos Santos (1978) argumenta que “la expansión del capitalismo no produce, en consecuencia de su carácter contradictorio, una economía internacional equilibrada e igualitaria, sino la oposición entre un capitalismo dominante y uno dependiente” (p. 27), indicando que “lo fundamental es ver en conjunto el sistema como una transferencia de excedentes hacia los centros más dinámicos” (p. 62). El atraso que acumula México en su estructura productiva, que obliga a dedicar a maíz la mitad de la superficie cultivada para solo cubrir 75 % de la demanda interna, lo condena a depender de las importaciones de este cereal. Un aumento en su precio incrementa el bienestar de los productores y reduce el de los consumidores, lo que en el caso de un país deficitario en la producción, como México, supone un menoscabo del bienestar conjunto. En EE. UU., al tratarse de un país superavitario (exportador neto),

of the maize produced in Mexico is white and the imported is yellow. This situation implies a high vulnerability for Mexican producers and consumers, since their benefits and profits do not depend so much on their own offer and demand, as in the decisions of production and consumption of international agents, primarily from the United States.

The theoretical suggestions by some authors are adapted to this situation and help to understand their causes and consequences. Wallerstein (2005:33 and 46-7), for example, characterizes the “world-system” as a series of mechanisms that redistribute the resources from the “periphery” to the “center” of the system through the unequal structures of quasi-monopoly and free competition that dominate each region. In the specific case of maize, the US has market power that extends to Mexico through NAFTA, specifically through the program of tax exemption for the progressive elimination of tariffs (already completed) and the mechanism of indifference prices.

From the theory of dependency, Dos Santos (1978) argues that “the expansion of capitalism does not produce, in consequence of its contradictory nature, a balanced and egalitarian global economy, but rather the opposition between a dominating capitalism and a dependent one” (p.27), indicating that “what is fundamental is to see the system as a whole as a transference of surplus towards the more dynamic centers” (p. 62). The backwardness that Mexico accumulates in its productive structure, which forces it to devote to maize half of the cultivated surface to only cover 75 % of the domestic demand, condemns it to depend on the imports of this cereal. An increase in its price increases the welfare of producers and reduces that of consumers, which in the case of a country with a negative balance in production, such as Mexico, entails a reduction in welfare as a whole. In the US, since it is a country with surplus (net exporter), the opposite result is seen: the rise in price causes the increase in surplus from national producers rather than compensating the loss that consumers suffer⁵. The US not only has the incentives to activate a strategy that increases the prices of this grain, but it also has the capacity to do so, given its market power and even its political strength.

Despite the inevitable from the Marshallian definitions of producer and consumer surpluses, and

se tiene el resultado contrario: el alza del precio provoca el aumento en el excedente de los productores nacionales más que compensar la pérdida que sufren los consumidores⁵. EE. UU. no solo tiene incentivos para activar una estrategia que eleve los precios de este grano, sino también la capacidad para hacerlo, dado su poder de mercado e incluso su fuerza política.

A pesar de lo inevitable a partir de las definiciones marshallianas de los excedentes de productores y consumidores, y de sus variaciones, en la literatura reciente es posible encontrar resultados contradictorios. Barkley *et al.* (2011), por ejemplo, muestran que, en México, debido al alza de precios, el incremento en el excedente de los productores de maíz compensa la pérdida de excedente de los consumidores. En cambio, González y Brugués (2010) encuentran que el escenario de México en este contexto reporta una pérdida de bienestar social.

A diferencia de la teoría de la dependencia, el neoestructuralismo postula que los factores globales no determinan la senda de transformación de la periferia; simplemente la condicionan, pudiendo generar oportunidades que deben ser aprovechadas por los países periféricos (CEPAL, 1995). Desde esta perspectiva se entiende, además, que el Estado ha de jugar un papel activo en la promoción del desarrollo, distinto del *laissez-faire* neoliberal, pero también del intervencionismo excesivo y distorsionador (Collantes, 2009). Con el alza del precio del maíz surgen oportunidades para los productores: tierras que anteriormente no eran rentables por su elevado costo de producción empiezan a serlo. La explotación de los márgenes extensivo e intensivo da lugar a mayores volúmenes de producción y ganancias de bienestar. Una cuestión relevante de esta investigación consiste en verificar si los productores mexicanos aprovecharon las oportunidades surgidas con el alza de precios del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de conocer en qué medida la producción de etanol por parte de EE. UU. contribuyó a elevar el precio de este cereal, verificar cómo se vieron perjudicados los agentes mexicanos y si estos adoptaron alguna estrategia para aprovechar el cambio de precios, en primer lugar se propone calcular la elasticidad cruzada que refleja el impacto de la variación

their variations, in recent literature it is possible to find contradictory results. Barkley *et al.* (2011), for example, show that in Mexico, due to the increase in prices, the increase in the maize producer surplus compensates the loss of consumer surplus. Instead, González and Brugués (2010) find that the scenario in Mexico in this context shows a loss in social welfare.

In contrast with the theory of dependence, neostructuralism suggests that the global factors do not determine the path of transformation from the periphery; they simply condition it, allowing it to generate opportunities that should be taken advantage of by peripheral countries (CEPAL, 1995). From this perspective, in addition, it is understood that the State must play an active role in the promotion of development, different from the neoliberal *laissez-faire*, but also from excessive and distorting interventionism (Collantes, 2009). With the increase in maize price opportunities arise for producers: lands that previously were not profitable because of their high production cost begin to be. The extensive and intensive exploitation of the margins gives place to higher volumes of production and increasing welfare. A relevant issue of this research consists in verifying whether Mexican producers take advantage of the opportunities that emerge with the rise in maize prices.

MATERIALS AND METHODS

With the objective of understanding to what extent ethanol production by the US contributed to increasing the price of this cereal, to verify how Mexican agents were affected and whether these adopted a strategy to take advantage of the change in prices, in the first place it is suggested to calculate the crossed elasticity that reflects the impact of the variation of the amount of ethanol produced in the US on the international maize price, for which the functions of offer and demand of this product are estimated. Then, the producer and consumer surpluses are calculated and their variation is analyzed.

To estimate the functions of offer and demand of maize, a system of simultaneous equations is presented. A set of five equations that allows studying the effects of various factors on the price of maize is described, modifying the original specification by

de la cantidad de etanol producida en EE. UU. sobre el precio internacional del maíz, para lo cual se estiman las funciones de oferta y demanda de este producto. Posteriormente se calculan los excedentes de productores y consumidores y se analiza su variación.

Para estimar las funciones de oferta y demanda de maíz se plantea un sistema de ecuaciones simultáneas. Modificando la especificación original de Park y Fortenbery (2007)⁶ se describe un conjunto de cinco ecuaciones que permite estudiar los efectos de diversos factores en el precio del maíz. En esta ocasión, la investigación se centra en la incidencia de la producción de etanol.

La primera ecuación del modelo corresponde a la oferta de maíz:

$$QS_t = \alpha_0 + \alpha_1 PM_t + \alpha_2 I_t + \alpha_3 D_1 + \alpha_4 D_2 + \alpha_5 D_3$$

Incluye como variables explicativas: precio del maíz (PM_t), tasa de interés (I_t) y tres variables dicotómicas (D_1 a D_3) que se utilizan para corregir la estacionalidad al tratar con datos de periodicidad trimestral⁷.

La demanda de maíz se desagrega en tres ecuaciones correspondientes a las categorías propuestas por USDA (2016a): alimentación ganadera (AG_t), exportaciones (XT_t) y alimentos, alcohol y usos industriales (AAI_t). La ecuación de demanda de maíz para alimentación ganadera,

$$AG_t = \beta_0 + \beta_1 PM_t + \beta_2 PS_t + \beta_3 GA_t + \beta_4 GV_t + \beta_5 GP_t + \beta_6 D_1 + \beta_7 D_2 + \beta_8 D_3$$

está compuesta por las variables: precio del maíz (PM_t), precio de la soya (PS_t), ganado avícola (GA_t), vacuno (GV_t) y porcino (GP_t), medidos en millones de libras, y las tres dummies mencionadas anteriormente.

La demanda de exportaciones de maíz

$$XT_t = \gamma_0 + \gamma_1 PM_t + \gamma_2 PT_t + \gamma_3 DX_t + \gamma_4 PIB_t + \gamma_5 D_1 + \gamma_6 D_2 + \gamma_7 D_3$$

se expresa en función del precio del maíz (PM_t), el precio del trigo (PT_t), el *dollar index* (DX_t)⁸, la media ponderada del producto interno bruto *per cápita* de China e India (PIB_t)⁹, y las variables dicotómicas. La demanda de alimentos, alcohol y usos industriales,

$$AAI_t = \delta_0 + \delta_1 PM_t + \delta_2 ET_t + \delta_3 Pob_t + \delta_4 PP_t + \delta_5 PS_t + \delta_6 PT_t + \delta_7 D_{07} + \delta_8 D_1 + \delta_9 D_2 + \delta_{10} D_3$$

Park and Fortenbery (2007)⁶. This time, the research is centered on the incidence of ethanol production.

The first equation of the model corresponds to the maize offer:

$$QS_t = \alpha_0 + \alpha_1 PM_t + \alpha_2 I_t + \alpha_3 D_1 + \alpha_4 D_2 + \alpha_5 D_3$$

It includes as explicative variables: price of maize (PM_t), interest rate (I_t) and three dichotomous variables (D_1 to D_3) that are used to correct the seasonality when dealing with data from trimester periods⁷.

The maize demand is disaggregated into three equations that correspond to the categories proposed by the USDA (2016a): livestock diet (AG_t), exports (XT_t), and foods, alcohol and industrial uses (AAI_t). The demand equation of maize for livestock diet,

$$AG_t = \beta_0 + \beta_1 PM_t + \beta_2 PS_t + \beta_3 GA_t + \beta_4 GV_t + \beta_5 GP_t + \beta_6 D_1 + \beta_7 D_2 + \beta_8 D_3$$

is made up of the variables: price of maize (PM_t), price of soy (PS_t), poultry livestock (GA_t), bovine livestock (GV_t) and porcine livestock (GP_t), measured in millions of pounds, and the three dummies mentioned before.

The demand for maize exports

$$XT_t = \gamma_0 + \gamma_1 PM_t + \gamma_2 PT_t + \gamma_3 DX_t + \gamma_4 PIB_t + \gamma_5 D_1 + \gamma_6 D_2 + \gamma_7 D_3$$

is expressed in function of the price of maize (PM_t), price of wheat (PT_t), dollar index (DX_t)⁸, the weighted mean of the gross domestic product *per capita* in China and India (PIB_t)⁹, and the dichotomous variables. The demand for foods, alcohol and other industrial products,

$$AAI_t = \delta_0 + \delta_1 PM_t + \delta_2 ET_t + \delta_3 Pob_t + \delta_4 PP_t + \delta_5 PS_t + \delta_6 PT_t + \delta_7 D_{07} + \delta_8 D_1 + \delta_9 D_2 + \delta_{10} D_3$$

is explained by the price of maize (PM_t), ethanol production (ET_t), population of the United States (Pob_t), the prices of oil (PP_t), soy (PS_t) and wheat (PT_t), a dummy (D_{07}) that takes the value of 1 in the period prior to the promulgation of the Energy Independence and Security Act from 2007 and 0 in the rest, and the three seasonal dummies.

The model includes a fifth equation, of equilibrium, corresponding to the price of maize,

se explica por el precio del maíz (PM_t), la producción de etanol (ET_t), la población de Estados Unidos (Pob_t), los precios del petróleo (PP_t), la soya (PS_t) y el trigo (PT_t), una *dummy* (D_{07}) que toma el valor 1 en el periodo previo a la promulgación del *Energy Independence and Security Act* de 2007 y 0 en el resto, y las tres *dummies* estacionales.

El modelo incluye una quinta ecuación, de equilibrio, correspondiente al precio del maíz,

$$PM_t = s_0 + s_1QS_t + s_2AG_t + s_3XT_t + s_4AAI_t + s_5D_1 + s_6D_2 + s_7D_3$$

que queda determinado por la oferta (QS_t), las demandas (AG_t , XT_t y AAI_t) y las *dummies* estacionales.

Para resolver el sistema se recurre a la técnica de mínimos cuadrados en tres etapas (MC3E) que, al ser un método de información completa, permite estimar las ecuaciones en su forma estructural de manera conjunta, lo que incrementa la eficiencia asintótica de las estimaciones.

Los datos utilizados proceden en su mayor parte de USDA (2016a y b), de donde se obtuvo información para las siguientes variables: precios del maíz, el trigo y la soya; cantidad de etanol producida en Estados Unidos; oferta de maíz; demanda de maíz desagregada en usos agrícolas, exportaciones, y alimentación, alcohol y usos industriales; y ganado vacuno, avícola y porcino en millones de libras. La tasa de interés es la publicada por OCDE (2016). Los datos del *dollar index* proceden de Federal Reserve (2016), los de producto interno bruto *per cápita* de China e India de Banco Mundial (2016), la población de EE. UU. del U.S. Census Bureau (2015), y los precios del petróleo de U.S. Energy Information Administration (2016). Cabe destacar que las variables del modelo se expresan en términos logarítmicos, con excepción de las dicotómicas; por ello, sus coeficientes pueden interpretarse directamente a modo de elasticidades.

Como se ha mencionado, la periodicidad de los datos es trimestral, abarcando desde el primer trimestre de 2000 al cuarto de 2014, cuando la producción de etanol se torna un factor relevante. En total se dispone de 60 observaciones para cada serie que permiten estimar las funciones de oferta y demanda de maíz en EE. UU.

A partir de estas funciones, el impacto que la producción de etanol ha tenido en el precio del maíz se puede calcular mediante el concepto de elasticidad precio cruzada. En concreto, para el sistema anterior,

$$PM_t = s_0 + s_1QS_t + s_2AG_t + s_3XT_t + s_4AAI_t + s_5D_1 + s_6D_2 + s_7D_3$$

which is determined by the offer (QS_t), the demands (AG_t , XT_t and AAI_t) and the seasonal dummies.

To solve the system we resort to the technique of least squares in three stages (MC3E), which, being a method of complete information, allows estimating the equations in their structural form as a whole, which increases the asymptotic efficiency of the estimations.

The data used come mostly from the USDA (2016a and b), from which information was obtained for the following variables: prices of maize, wheat and soy; amount of ethanol produced in the United States; maize offer; maize demand disaggregated into agricultural uses, exports and food, alcohol and industrial uses; and bovine, poultry and porcine livestock in millions of pounds. The interest rate is the one published by the OECD (2016). The data of the dollar index are from the Federal Reserve (2016), those of the *per capita* gross domestic product in China and India from the World Bank, the population of the US from the U.S. Census Bureau (2015), and the oil prices from the U.S. Energy Information Administration (2016). It should be emphasized that the variables of the model are expressed in logarithmic terms, with the exception of the dichotomous ones; therefore, their coefficients can be interpreted directly as elasticities.

As has been mentioned, the periodicity of the data is per trimester, covering since the first trimester of 2000 to the fourth of 2014, when ethanol production becomes a relevant factor. In total there are 60 observations for each series that allow estimating the functions of maize offer and demand in the United States.

Based on these functions, the impact that ethanol production has had on the price of maize can be calculated through the concept of cross price elasticity. Concretely, for the previous system, the elasticity of the price of maize with regard to the amount of ethanol, there is the following expression:

$$\frac{\partial PM_t}{\partial ET_t} = \frac{s_4\delta_2}{1 - s_1\alpha_1 - s_2\beta_1 - s_3\gamma_1 - s_4\delta_1}$$

for which a positive sign should be expected, since higher amounts of ethanol must be related to higher prices of maize, once the effect of the other variables included in the model is controlled.

la elasticidad del precio del maíz con respecto a la cantidad de etanol se tiene de la expresión:

$$\frac{\partial PM_t}{\partial ET_t} = \frac{s_4 \delta_2}{1 - s_1 \alpha_1 - s_2 \beta_1 - s_3 \gamma_1 - s_4 \delta_1}$$

para la que cabe esperar un signo positivo, ya que mayores cantidades de etanol deben relacionarse con mayores precios del maíz, una vez controlado el efecto de las restantes variables incluidas en el modelo.

Las variaciones que estos cambios implican en el bienestar de los agentes estadounidenses se pueden medir con los excedentes de productores (EP) y consumidores (EC) correspondientes a las funciones de oferta y demanda del sistema de ecuaciones simultáneas:

$$EP = \int_{p_0}^{\infty} S(p_i) dp \quad EC = \int_{p_0}^{\infty} D(p_i) dp$$

Para el caso de México se tiene que el país es precio-aceptante en el mercado de maíz, por lo que los shocks de oferta y de demanda internacionales se transmiten vía precios a los productores y consumidores nacionales. Es relevante comprobar cómo estos cambios han afectado al bienestar de los agentes mexicanos. Con ese fin, la oferta y la demanda pueden aproximarse con las elasticidades que calcula FAPRI (2015)¹⁰, $\varepsilon=0.22$ para la oferta y $|\eta|=0.12$ para la demanda, las cantidades producidas, importadas y exportadas que facilita FAO (2016), los precios de SAGARPA (2016); en concreto, el precio medio rural expresado en pesos por tonelada, y asumiendo la forma funcional de elasticidad constante, al igual que se ha hecho para Estados Unidos en el modelo de ecuaciones simultáneas¹¹:

$$q_i^S = \gamma_S p_i^\varepsilon \quad q_i^D = \gamma_D p_i^{-\eta}$$

La oferta indica la cantidad producida en México, es decir, la oferta de los productores nacionales, mientras que la demanda se expresa en términos de consumo nacional aparente (cantidad producida, menos exportaciones, más importaciones). A partir de estas funciones de oferta y demanda es posible calcular los excedentes de productores y consumidores y analizar su evolución en el tiempo.

Finalmente, para estudiar si los productores de México y Estados Unidos aprovecharon las oportunidades de negocio surgidas con el alza de precios, se analiza la evolución de la producción en ambos países recurriendo a la identidad:

$$Y \equiv T \cdot \frac{Y}{T}$$

The variations that these changes imply in the welfare of US agents can be measured with the producer (EP) and consumer (EC) surpluses that correspond to the functions of offer and demand of the system of simultaneous equations:

$$EP = \int_{p_0}^{\infty} S(p_i) dp \quad EC = \int_{p_0}^{\infty} D(p_i) dp$$

For the case of Mexico, we find that the country is price-accepting in the maize market, which is why the shocks from international offer and demand are transmitted through prices to the national producers and consumers. It is relevant to test how these changes have affected the welfare of Mexican agents. With this aim, the offer and the demand can be approached with the elasticities that FAPRI calculates (2015)¹⁰, $\varepsilon=0.22$ for the offer and $|\eta|=0.12$ for the demand, the amounts produced, imported and exported that FAO (2016) presents, the prices by SAGARPA (2016); specifically, the mean rural price expressed in pesos per ton, and assuming the functional form of constant elasticity, as has been done for the United States in the model of simultaneous equations¹¹:

$$q_i^S = \gamma_S p_i^\varepsilon \quad q_i^D = \gamma_D p_i^{-\eta}$$

The offer indicates the amount produced in Mexico, that is, the offer by national producers, while the demand is expressed in terms of apparent national consumption (amount produced, minus exports, plus imports). From these functions of offer and demand it is possible to calculate the producer and consumer surpluses, and to analyze their evolution in time.

Finally, to study whether producers from Mexico and the United States take advantage of the business opportunities that arise with the rise in prices, the evolution of production in both countries is analyzed resorting to the identity:

$$Y \equiv T \cdot \frac{Y}{T}$$

where Y represents the production (measured in tons), T is the surface sown (expressed in hectares), and the quotient Y/T is the production per hectare or productivity of land. Due to the mathematical properties of the logarithms, it is fulfilled that the variation rate of the production is approximately equal to the sum of the variation rates of its two components: surface sown and land productivity; that is:

en la que Y representa la producción (medida en toneladas), T es la superficie sembrada (expresada en hectáreas) y el cociente Y/T es la producción por hectárea o productividad de la tierra. Por las propiedades matemáticas de los logaritmos se cumple que la tasa de variación de la producción es aproximadamente igual a la suma de las tasas de variación de sus dos componentes: superficie sembrada y productividad de la tierra; esto es:

$$\dot{Y} \approx \dot{T} + (Y/T)$$

La comparación de lo ocurrido en México y Estados Unidos aporta información relevante sobre la reacción que los productores de cada país han tenido ante el cambio de precios, permitiendo analizar cuánto ha aumentado la producción y si este aumento se debe a la expansión de la superficie sembrada (margen extensivo) o al uso más productivo de la ya disponible (margen intensivo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación del modelo de ecuaciones simultáneas mediante la técnica de mínimos cuadrados en tres etapas arroja los siguientes resultados (entre paréntesis figuran los p-valores):

$$QS_t = 7.551 + 0.149 PM_t - 0.030 I_t + 0.476 D_1 + 0.275 D_2 + 0.115 D_3$$

(0.00) (0.00) (0.00) (0.00) (0.00) (0.00) $R^2 = 0.7796$

$$AG_t = -9.634 - 0.405 PM_t + 0.099 PS_t + 0.726 GA_t + 1.733 GV_t - 0.673 GP_t$$

(0.31) (0.00) (0.39) (0.27) (0.05) (0.37) $R^2 = 0.8788$

$$XT_t = 6.672 + 0.116 PM_t - 0.127 PT_t + 0.258 DX_t - 0.208 PIB_t - 0.018 D_1 - 0.133 D_2 - 0.015 D_3$$

(0.05) (0.45) (0.15) (0.65) (0.14) (0.84) (0.16) (0.87) $R^2 = 0.0801$

$$\dot{Y} \approx \dot{T} + (Y/T)$$

The comparison of what happened in Mexico and in the United States contributes relevant information about the relationships that producers from each country have had when faced with the change in prices, allowing the analysis of how much production has increased and whether this increase is due to the expansion of the surface sown (extensive margin) or to the more productive use of the surface already available (intensive margin).

RESULTS AND DISCUSSION

The estimation of the model of simultaneous equations through the technique of least squares in three stages gives the following results (p-values are shown in parenthesis):

$$QS_t = 7.551 + 0.149 PM_t - 0.030 I_t + 0.476 D_1 + 0.275 D_2 + 0.115 D_3$$

(0.00) (0.00) (0.00) (0.00) (0.00) (0.00) $R^2 = 0.7796$

$$AG_t = -9.634 - 0.405 PM_t + 0.099 PS_t + 0.726 GA_t + 1.733 GV_t - 0.673 GP_t$$

(0.31) (0.00) (0.39) (0.27) (0.05) (0.37) $R^2 = 0.8788$

$$XT_t = 6.672 + 0.116 PM_t - 0.127 PT_t + 0.258 DX_t - 0.208 PIB_t - 0.018 D_1 - 0.133 D_2 - 0.015 D_3$$

(0.05) (0.45) (0.15) (0.65) (0.14) (0.84) (0.16) (0.87) $R^2 = 0.0801$

$$AAI_t = -14.451 + 0.035 PM_t + 0.446 ET_t + 1.469 Pob_t - 0.077 PP_t - 0.012 PS_t - 0.025 PT_t - 0.154 D_{07} - 0.036 D_1 - 0.059 D_2 - 0.025 D_3$$

(0.14) (0.49) (0.00) (0.07) (0.00) (0.74) (0.30) (0.00) (0.02) (0.00) (0.11) $R^2 = 0.9916$

$$\begin{aligned}
 AAI_t = & -14.451 + 0.035 PM_t + 0.446 ET_t + \\
 & (0.14) \quad (0.49) \quad (0.00) \\
 & 1.469 POb_t - 0.077 PP_t - 0.012 PS_t - 0.025 PT_t \\
 & (0.07) \quad (0.00) \quad (0.74) \quad (0.30) \\
 & - 0.154 D_{07} - 0.036 D_1 - 0.059 D_2 - 0.025 D_3 \\
 & (0.00) \quad (0.02) \quad (0.00) \quad (0.11) \\
 R^2 = & 0.9916
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PM_t = & 26.107 - 4.701 QS_t - 0.591 AG_t + \\
 & (0.00) \quad (0.00) \quad (0.04) \\
 & 0.407 XT_t + 1.840 AAI_t + 2.948 D_1 + \\
 & (0.15) \quad (0.00) \quad (0.00) \\
 & 1.932 D_2 + 1.032 D_3 \quad R^2 = 0.5825 \\
 & (0.00) \quad (0.00)
 \end{aligned}$$

La ecuación de oferta, QS_t , presenta los signos esperados. La cantidad ofrecida depende positivamente del precio y negativamente de la tasa de interés, que implica mayores costos de producción.

La ecuación de alimentación ganadera, AG_t , también muestra el signo esperado en el precio del maíz, negativo en este caso. El precio de la soya tiene signo positivo, indicando que funge como sustituto del maíz. Este efecto-sustitución también se ve reflejado en la variable del ganado porcino, GP_t , pues su signo negativo indica que la demanda de maíz por parte de este rubro disminuyó ante incrementos porcentuales en la cantidad de dicho ganado. Los parámetros de las variables correspondientes al ganado avícola y vacuno presentan los signos esperados.

En la tercera ecuación, el precio del maíz no mantiene una relación estadísticamente significativa con la cantidad demandada de este cereal, en este caso, para exportación, XT_t . Además, ninguna de las variables de la ecuación ayuda a explicar las exportaciones de maíz que parecen tener un comportamiento más residual que regular, algo que también se advierte en las estimaciones de Park y Fortenbery (2007). De hecho, ni siquiera se observa estabilidad en las variaciones estacionales.

En la ecuación de demanda de maíz para alimentos, alcohol y usos industriales, AAI_t , destacan la no significatividad del precio del maíz y el signo positivo y plenamente significativo de la cantidad de etanol. En concreto, el coeficiente estimado para el etanol

$$\begin{aligned}
 PM_t = & 26.107 - 4.701 QS_t - 0.591 AG_t + \\
 & (0.00) \quad (0.00) \quad (0.04) \\
 & 0.407 XT_t + 1.840 AAI_t + 2.948 D_1 + \\
 & (0.15) \quad (0.00) \quad (0.00) \\
 & 1.932 D_2 + 1.032 D_3 \quad R^2 = 0.5825 \\
 & (0.00) \quad (0.00)
 \end{aligned}$$

The offer equation, QS_t , presents the signs expected. The amount offered depends positively on the price and negatively on the interest rate, which implies higher production costs.

The equation of livestock diet, AG_t , also shows the expected sign in the maize price, negative in this case. The price of soy has positive sign, indicating that it functions as a substitute of maize. This substitution-effect is also reflected in the variable of porcine livestock, GP_t , since its negative sign indicates that the maize demand from this sector decreased in face of percentage increases in the amount of the livestock. The parameters of the variables that correspond to poultry and bovine livestock present the signs expected.

In the third equation, the price of maize does not maintain a statistically significant relation with the amount demanded of this cereal, in this case, for export, XT_t . In addition, none of the variables of the equation helps to explain the maize exports that seem to have a more residual behavior than a regular one, something that is also seen in the estimations by Park and Fortenbery (2007). In fact, stability in seasonal variations is not even observed.

In the equation of maize demand for foods, alcohol and industrial uses, AAI_t , the non-significance of the price of maize stands out, as well as the positive and fully significant sign of the amount of ethanol. Concretely, the coefficient estimated for ethanol shows that, for each increase of one percentage point in the production of ethanol, the maize demand of this class increased 0.446 %. The variable D_{07} , which indicates the implementation of the 2007 Energy Bill, was found to be significant.

The fifth equation represents the equilibrium of the system. In it the price is defined through the interaction of the offer and the three partial demands.

Once the estimations of all the coefficients of the model of simultaneous equations are available, the impact of ethanol production, not in the amount demanded but on the price of maize, is understood based on the cross price elasticity:

muestra que, por cada aumento de un punto porcentual en la producción de etanol, la demanda de maíz de esta clase se elevó 0.446 %. La variable D_{07} que indica la implementación de *2007 Energy Bill*, resultó ser significativa.

La quinta ecuación representa el equilibrio del sistema. En ella se determina el precio mediante la interacción de la oferta con las tres demandas parciales.

Una vez que se dispone de las estimaciones de todos los coeficientes del modelo de ecuaciones simultáneas, el impacto de la producción de etanol, no en la cantidad demandada, sino en el precio del maíz, se conoce a partir de la elasticidad precio cruzada:

$$\frac{\partial PM_t}{\partial ET_t} = \frac{\zeta_4 \delta_2}{1 - \zeta_1 \alpha_1 - \zeta_2 \beta_1 - \zeta_3 \gamma_1 - \zeta_4 \delta_1} = 0.609$$

Este resultado indica que, ante un aumento del 1 por ciento en la producción de etanol, el precio del maíz ha venido incrementándose en 0.609 por ciento, esto es, la producción de etanol ha tenido un impacto positivo e importante en el alza del precio del maíz.

En cuanto al efecto que el aumento del precio del maíz tuvo en el bienestar de la sociedad de Estados Unidos se encuentra que, al pasar de 2.12 dólares por bushel en 2005 al máximo de la serie, 7.04 en 2012, el excedente de los productores se elevó 13 973 millones de dólares al trimestre. Al contrario, el excedente de los consumidores, estimado a partir de las demandas del modelo de ecuaciones simultáneas, se redujo 12 837 millones (4942 de la demanda de alimentación ganadera y 7895 de la demanda de maíz para alimentos, alcohol y usos industriales). En conjunto, al tratarse de un país con producción superavitaria en maíz, el aumento del excedente de los productores compensa la pérdida sufrida por los consumidores, resultando una variación neta positiva de 1136 millones, reflejo de una mejora de bienestar.

El coeficiente de la variable PM_t en la ecuación de oferta es la elasticidad precio de oferta del maíz: $\varepsilon = 0.149$. La elasticidad precio de la demanda total de maíz en Estados Unidos se puede reestimar a partir de la agregación de la demanda agropecuaria y de la demanda de alimentos, alcohol y usos industriales, obteniéndose un valor de $\eta = -0.173$. Con estas elasticidades se calcularon las variaciones de excedentes. Para el caso de México, como se ha argumentado, se entiende que el país es precio-aceptante, por lo que el análisis de la determinación del precio pierde relevancia, ya que

$$\frac{\partial PM_t}{\partial ET_t} = \frac{\zeta_4 \delta_2}{1 - \zeta_1 \alpha_1 - \zeta_2 \beta_1 - \zeta_3 \gamma_1 - \zeta_4 \delta_1} = 0.609$$

This result indicates that when facing an increase of 1 % in ethanol production, the price of maize has been increasing 0.609 %, that is, ethanol production has had a positive and important effect in the increase of the price of maize.

When it comes to the effect that the increase in the price of maize had on the welfare of society in the United States, we find that when going from 2.12 dollars per bushel in 2005 to the highest in the series, 7.04 in 2012, the producer surplus increased 13 973 million dollars per trimester. In contrast, the consumer surplus, estimated from the demands of the model of simultaneous equations, was reduced in 12 837 million (4942 from the demand for livestock diet and 7895 from the maize demand for foods, alcohol and industrial uses). As a whole, because it is a country with surplus production in maize, the increase of the producer surplus compensates for the loss suffered by the consumers, resulting in a net positive variation of 1136 million, reflecting an improvement in welfare.

The coefficient of the variable PM_t in the offer equation is the price elasticity of maize offer: $\varepsilon = 0.149$. The price elasticity of the total demand for maize in the United States can be recalculated from the aggregation of the agriculture and livestock demand and the demand for foods, alcohol and industrial uses, obtaining a value of $\eta = -0.173$. With these elasticities the variations of surpluses were calculated. For the case of Mexico, as has been argued, it is understood that the country is price-accepting, so the analysis of the determination of the price loses relevance, since it is fixed in the international markets. However, the study of the variations of surpluses maintains its interest.

The FAPRI database (2015) facilitates elasticities of $\varepsilon = 0.22$ for the offer and $|\eta| = 0.12$ for the demand of maize in Mexico, quite similar to those that have been obtained through the model of simultaneous equations for the United States. Barkley *et al.* (2011), who also analyze the impact of the price shocks in the maize market in Mexico, resort to the figures published by Rosegrant *et al.* (1995), in turn taken from Roningen *et al.* (1991):

se fija en los mercados internacionales. Sin embargo, el estudio de las variaciones de excedentes mantiene su interés.

La base de datos FAPRI (2015) facilita unas elasticidades de $\varepsilon=0.22$ para la oferta y $|\eta|=0.12$ para la demanda de maíz en México, muy parecidas a las que se han obtenido mediante el modelo de ecuaciones simultáneas para Estados Unidos. Barkley *et al.* (2011), quienes también analizan el impacto de los shocks de precios en el mercado del maíz en México, recurren a las cifras publicadas por Rosegrant *et al.* (1995), a su vez tomadas de Roningén *et al.* (1991): $\varepsilon=0.17$ y $|\eta|=0.46$. Si bien apenas hay diferencias en la elasticidad de oferta, la demanda de Barkley *et al.* (2011) resulta bastante más elástica que la construida a partir de los datos de FAPRI (2015). Ello da lugar a discrepancias entre los resultados y conclusiones de estos autores y los que se presentan a continuación. En cualquiera de los casos, la inelasticidad de oferta y demanda es una característica predominante, como corresponde al mercado del maíz.

En México, entre 2005 y 2011, el precio del maíz en grano pasó de 1578 pesos la tonelada a 4078, alcanzando su máximo histórico (SAGARPA, 2016). Descartando la inflación general de la economía (INEGI, 2016), el incremento fue desde los 1964 a los 3929 pesos constantes de 2010. Los efectos de este cambio en el bienestar de productores y consumidores se pueden cuantificar midiendo la variación de sus excedentes. Para ello se estiman las funciones de oferta y demanda anual de maíz en México a partir de las elasticidades de FAPRI (2015), de las cantidades producidas, importadas y exportadas publicadas por FAO (2016), y de los precios de SAGARPA (2016):

$$q_i^S = 2,855,262 \cdot p_i^{0.22} \quad \text{y} \quad q_i^D = 72,919,941 \cdot p_i^{-0.12}$$

A partir de estas especificaciones se calculan las variaciones de excedentes provocadas por cambios en los precios. En concreto, se tiene que, ante un aumento del precio de 1964 a 3929 pesos, el excedente de los consumidores se reduce en 55 078 millones de pesos, al tiempo que el de los productores aumenta en 32 419 millones. Debido a la situación de la economía mexicana, deficitaria en maíz, el aumento del excedente de los productores no compensa la pérdida sufrida por los consumidores. En conjunto, el alza del precio genera una pérdida de bienestar anual valorada en 22 659 millones de pesos.

$\varepsilon=0.17$ and $|\eta|=0.46$. Although there are barely differences in the offer elasticity, the demand by Barkley *et al.* (2011) turns out to be quite more elastic than the one built from the FAPRI data (2015). This gives rise to discrepancies between the results and the conclusions of these authors and those that are presented next. In any case, the inelasticity of offer and demand is a predominant characteristic, as corresponds to the maize market.

In Mexico, between 2005 and 2011, the price of grain maize went from 1578 pesos per ton to 4078, reaching its historical maximum (SAGARPA, 2016). Discounting the general inflation of the economy (INEGI, 2016), the increase went from 1964 to 3929 constant pesos 2010. The effects of this change in the welfare of producers and consumers can be quantified measuring the variation of their surpluses. For this purpose the annual offer and demand functions of maize in Mexico are estimated based on the elasticities by FAPRI (2015), of the amounts produced, imported and exported published by FAO (2016), and of the SAGARPA (2016) prices:

$$q_i^S = 2,855,262 \cdot p_i^{0.22} \quad \text{y} \quad q_i^D = 72,919,941 \cdot p_i^{-0.12}$$

Stemming from these specifications, the variations of surpluses provoked by changes in the prices are calculated. Specifically, there is that in face of an increase in the price from 1964 to 3929 pesos, the consumer surplus is reduced in 55 078 million pesos, at the time that the producer surplus increases in 32 419 million. Due to the situation of the Mexican economy, with a negative balance in maize, the increase in the producer surplus does not compensate the loss suffered by the consumers. As a whole, the rise in price generates an annual loss of welfare valued in 22 659 million pesos.

Although consumers can do little in face of the increase in the price of maize, given that it is a good of first necessity for which they barely find substitutes (the strong demand inelasticity, $|\eta|=0.12$, is a reflection of this), the producers can react in different ways to take better advantage of this favorable circumstances to their interests. The increase in price, caused exogenously, in part by policies destined to benefit the US producers, is presented as an opportunity for Mexican producers in the sense suggested by neostructuralism. Have they used this opportunity to their advantage?

Si bien los consumidores poco pueden hacer ante el aumento del precio del maíz, dado que se trata de un bien de primera necesidad para el que apenas encuentran sustitutos (la fuerte inelasticidad de demanda, $|\eta|=0.12$, es reflejo de ello), los productores pueden reaccionar de distintas formas para aprovechar mejor esta circunstancia favorable a sus intereses. El alza del precio, causado exógenamente, en parte por políticas destinadas a beneficiar a los productores estadounidenses, se presenta como una oportunidad para los productores mexicanos en el sentido planteado por el neoestructuralismo. ¿Se ha aprovechado esta oportunidad?

Las cifras indican que solo en parte. En los últimos años, en México, el aumento de la producción se ha conseguido exclusivamente a través de la expansión del margen intensivo (Cuadro 1). Lejos de ampliarse, el número de hectáreas sembradas para maíz en grano se ha reducido de manera importante desde el máximo de 1994 (9 196 478 ha) hasta el mínimo de 2012 (7 372 218 ha). Tras la entrada en vigor del TLCAN, casi se han perdido dos millones de hectáreas dedicadas al cultivo de este cereal. En ese mismo periodo, la superficie de cultivo total del país se redujo en “solo” un millón de hectáreas. Ello da idea de la severa reestructuración que la apertura comercial ha supuesto para el sector maicero en específico.

En los años más recientes, con el alza de precios, la tendencia no se ha revertido. Desde 2005, la superficie de cultivo ha seguido reduciéndose aunque, si bien es cierto, a menor ritmo. El aumento de la productividad de la tierra se ha constituido en el único factor de impulso de la producción. La utilización del margen intensivo, a costa del extensivo, es la característica fundamental de los últimos años.

The figures indicate that only in part. In recent years, in Mexico, the increase in production has been attained exclusively through the expansion of the intensive margin (Table 1). Far from growing, the number of hectares sown with grain maize has reduced noticeably since the maximum from 1994 (9 196 478 ha) to the minimum from 2012 (7 372 218 ha). After the enforcement of NAFTA, nearly two million hectares devoted to the cultivation of this cereal have been lost. In this same period, the surface of the total cultivation of the country was reduced in “just” one million hectares. This gives an idea of the severe restructuring that commercial openness has entailed for the maize sector specifically.

In more recent years, with the increase in prices, the trend has not reverted. Since 2005, the cultivation surface has continued to be reduced until, although it is true, at a lower rhythm. The increase in productivity of the land has been constituted into the single factor of momentum for production. The use of the intensive margin, at the expense of the extensive, is the fundamental characteristic of recent years.

In the United States, however, the growth of production has been based on the expansion of both margins: both the intensive, and the extensive. In fact, the increase of the surface sown of maize, which has been seen since 1995 (coinciding with the beginning of NAFTA), has not prevented the improvement of productivity of the land, giving place to a sustained growth of production in time, more consistent and robust than in Mexico.

Cuadro 1. Tasas de variación anual acumulativa de la producción, la superficie sembrada y la productividad del maíz (1980-2013).
Table 1. Accumulative annual variation rates of the production, the surface sown, and the productivity of maize (1980-2013).

Periodo	México			Estados Unidos		
	\dot{Y}	\dot{T}	(\dot{Y}/\dot{T})	\dot{Y}	\dot{T}	(\dot{Y}/\dot{T})
1980-1985	2.65 %	1.95 %	0.69 %	5.98 %	-0.15 %	6.14 %
1985-1990	0.74 %	-1.10 %	1.86 %	-2.22 %	-2.32 %	0.10 %
1990-1995	4.63 %	2.78 %	1.80 %	-1.38 %	-0.74 %	-0.65 %
1995-2000	-0.88 %	-1.44 %	0.56 %	6.03 %	2.16 %	3.78 %
2000-2005	1.95 %	-1.13 %	3.12 %	2.31 %	0.55 %	1.74 %
2005-2010	3.80 %	-0.30 %	4.11 %	2.29 %	1.52 %	0.76 %
2010-2013	-0.92 %	-1.61 %	0.70 %	3.81 %	2.64 %	1.14 %

Fuente: elaboración propia con datos de FAO (2016), SAGARPA (2016) y USDA (2016a). ♦ Source: authors' elaboration with data from FAO (2016), SAGARPA (2016) and USDA (2016a).

En Estados Unidos, sin embargo, el crecimiento de la producción se ha basado en la expansión de ambos márgenes: tanto el intensivo, como el extensivo. De hecho, el aumento de la superficie sembrada de maíz, que se viene observando desde 1995 (coincidiendo con el inicio del TLCAN), no ha impedido la mejora de la productividad de la tierra, dando lugar a un crecimiento de la producción sostenido en el tiempo, más consistente y robusto que el de México.

CONCLUSIONES

Los resultados anteriores muestran que la producción de etanol por parte de Estados Unidos tuvo un impacto directo, y relativamente importante, en el alza del precio del maíz. Este cambio implicó una ganancia de bienestar para el conjunto de la sociedad estadounidense (superavitaria en maíz), pero una pérdida para la sociedad mexicana (deficitaria). Al examinar el planteamiento neoestructuralista a partir de la evidencia encontrada, cabe admitir que, si bien es cierto que con el alza del precio surgieron oportunidades, estas fueron mejor aprovechadas por los productores de Estados Unidos que por los de México, donde sólo se explotó el margen intensivo.

Casos como el analizado cuestionan que los agentes de la periferia tengan capacidad suficiente para detectar y aprovechar las oportunidades generadas por las políticas propias del centro del sistema. La misma localización periférica dificulta el conocimiento de estas decisiones, al tiempo que el menor nivel de desarrollo limita las opciones de respuesta. La iniciativa privada queda prácticamente descartada en estas condiciones. No en vano, el propio neoestructuralismo admite los defectos del *laissez-faire* y concede al Estado un papel activo en la promoción del desarrollo. Lo que tal vez no está tan claro en su propuesta es que el Estado periférico, por el hecho de serlo, también padece limitaciones y que, sin un objetivo y una cierta planeación, es difícil aprovechar las oportunidades que en ocasiones se presentan.

NOTAS

³Estos precios reales se obtienen al deflactar la serie de precio medio rural del maíz en grano publicada por SAGARPA (2016) con el índice nacional de precios al consumidor de INEGI (2016). ♦ These real prices are obtained when the series of the mean

CONCLUSIONS

The previous results show that ethanol production by the United States had a direct impact, and relatively important, in the rise in the price of maize. This change implied an increase of welfare for the whole of the US society (with surplus in maize), but a loss for the Mexican society (with negative balance). When examining the neostructuralist approach from the evidence found, it can be said that although it is true that with the rise in price opportunities emerged, these were better taken advantage of by United States producers than by those in Mexico, where only the intensive margin was exploited.

Cases like the one analyzed question whether agents of the periphery have sufficient capacity to detect and take advantage of the opportunities generated by the policies that belong to the center of the system. The same peripheral location makes the understanding of these decisions difficult, at the same time that the lower level of development limits the options for response. The private sector is left practically dismissed under these conditions. Not in vain, neostructuralism itself admits the defects of *laissez-faire* and concedes the State an active role in the promotion of development. What perhaps is not entirely clear in its proposal is that the peripheral State, just from being, also suffers limitations and, without an objective and certain planning, has difficulty taking advantage of the opportunities present sometimes.

—End of the English version—

---*---

rural price of grain maize published by SAGARPA (2016) is deflated, with the national index of consumer prices of INEGI (2016).

⁴Mestries (2009) afirma que alrededor de 33 % de las proteínas y 40 % de las calorías diarias que consumen los mexicanos son atribuibles al maíz. ♦ Mestries (2009) states that around 33 % of the proteins and 40 % of the daily calories that Mexicans consume are attributable to maize.

⁵El excedente del productor se refiere a la diferencia entre el precio efectivo y la disposición a cobrar de los productores. El excedente del consumidor es la diferencia de la disposición a pagar de los consumi-

dores y el precio efectivo que pagan por adquirir el bien en cuestión. El aumento del precio de un bien reduce el excedente de los consumidores, que tienen que pagar más por el mismo producto, mientras que beneficia a los productores, quienes obtienen mayores ingresos al aumentar el valor de mercado del bien que comercian. ♦ The producer surplus refers to the difference between the effective price and the aptitude to charge of producers. The consumer surplus is the difference of the aptitude to pay of consumers and the effective price that they pay to acquire the good in question. The increase in the price of a good reduces the consumer surplus, and they will have to pay more for the same product, while it benefits the producers, who obtain greater income when increasing the market value of the good they trade.

⁶Entre estas modificaciones, se tiene la inclusión de variables adicionales como el precio del petróleo, las posibles importaciones de maíz de China e India, o los precios del trigo (*triticum aestivum*) y la soya (*glycine max*), identificados como sustitutos del maíz por Westcott y Hoffman (1999). ♦ Among these modifications, there is the inclusion of additional variables such as the price of oil, the possible maize imports from China and India, or the prices of wheat (*Triticum aestivum*) and soy (*Glycine max*), identified as maize substitutes by Westcott and Hoffman (1999).

⁷ D_1 toma el valor 1 para datos del primer trimestre y el valor 0 en otro caso; D_2 es igual a 1 si el dato corresponde al segundo trimestre y 0 en otro caso; D_3 es 1 para datos del tercer trimestre y 0 en otro caso. ♦ D_1 takes on the value 1 for the data of the first trimester and the value 0 in another case; D_2 is equal to 1 if the piece of data corresponds to the second trimester and 0 in another case; D_3 is 1 for data from the third trimester and 0 in another case.

⁸La variable *dollar index* consiste en una media ponderada de las tasas de cambio del dólar estadounidense con las otras seis principales monedas del mundo (Federal Reserve, 2016). ♦ The variable *dollar index* consists in a weighted mean of the exchange rates of the US dollar with the six other main coins of the world (Federal Reserve, 2016).

⁹Con datos de Banco Mundial (2016) del PIB *per cápita* de China e India en paridades de poder adquisitivo a precios internacionales actuales se recal-

cula esta misma variable para el conjunto de ambas economías, ponderando por sus respectivos tamaños poblacionales. ♦ With data from the World Bank (2016) of *per capita* GDP in China and India in parities of purchasing power at current international prices, this same variable is recalculated for the whole of both economies, weighted by its corresponding population sizes.

¹⁰La base de datos de FAPRI (2015) contiene información sobre elasticidades-precio del maíz para varios países, entre ellos México, pero no para Estados Unidos. Este es uno de los motivos por los que se procede de manera distinta en el análisis de ambos países. Súmese a ello que, para Estados Unidos, en esta investigación se estudia el impacto de la producción de etanol, elemento que tiene una elasticidad cruzada específica. ♦ The FAPRI (2015) database contains information about elasticities of maize price for several countries, among them Mexico, but not for the United States. This is one of the reasons why we proceed differently in the analysis of both countries. In addition to this, for the United States, in this research we study the impact of ethanol production, element that has a specific cross elasticity.

¹¹Las funciones de oferta y demanda estimadas en el modelo de ecuaciones simultáneas, a pesar de su apariencia lineal, son de elasticidad constante al estar las variables expresadas en logaritmos. Esto hace que los coeficientes puedan interpretarse directamente como elasticidades. ♦ The functions of offer and demand estimated in the model of simultaneous equations, despite their linear appearance, are of constant elasticity because the variables are expressed in logarithms. This allows the coefficients to be interpreted directly as elasticities.

LITERATURA CITADA

- Abbot, Philip, Christopher Hurt, y Wallace Tyner. 2008. What's driving food prices? Farm Foundation. Consultado el 29 de octubre de 2013. <http://www.farmfoundation.org/webcontent/Farm-Foundation-Issue-Report-Whats-Driving-Food-Prices-404.aspx>
- Banco Mundial. 2015. Global economic monitor (GEM): commodities. Banco Mundial. Washington, D.C. Consultado el 15 de junio de 2016. <http://data.worldbank.org/data-catalog/global-economic-monitor>
- Banco Mundial. 2016. Indicadores: economía y crecimiento. Banco Mundial. Washington, D.C. Consultado el 20 de junio de 2016. <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP>

PCAR.PPCD

- Barkley, Andrew, Nalley Lawton Lanier, y Pedro V. Garay. 2011. Análisis de bienestar de los 'shocks de precios de los commodities' en los mercados de maíz y trigo en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. XV, Núm. 29, pp: 646-659.
- Berry, Steven T., Michael J. Roberts, y Wolfram Schlenker. 2012. Corn production shocks in 2012 and beyond: implications for food price volatility. NBER Working Paper Series. Núm. 18659. 24 p.
- Birur, Dileep K., Thomas W. Hertel, y Wallace E. Tyner. 2008. Impact of biofuel production on world agricultural markets: a computable general equilibrium analysis. *GTAP Working Paper*. Num. 53. 59 p.
- CEPAL. 1995. América Latina y El Caribe: políticas para mejorar la inserción en la economía mundial. Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile. 314 p.
- Collantes, Fernando. 2009. Escuelas latinoamericanas de pensamiento económico. IV Máster Iberoamericano en Cooperación Internacional y Desarrollo, Universidad de Cantabria. Consultado el 6 de noviembre de 2013. http://www.unizar.es/departamentos/estructura_economica/personal/collantf/documents/Escuelaslatinoamericanasdepensamientoeconomico.pdf
- Davenant, Charles. 1699. An essay upon the probable methods of making a people gainers in the ballance of trade. James Knapton. Londres. 312 p. <http://quod.lib.umich.edu/e/eebo/A69897.0001.001?view=toc>
- Dos Santos, Theotonio. 1978. Imperialismo y dependencia. ERA. México. 491 p.
- FAO. 2016. FAOSTAT: Trade / Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization. Roma. Consultado el 16 de junio de 2016. <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E>
- FAPRI. 2015. Elasticity database. Food and Agricultural Policy Research Institute of the Iowa State University. Ames, Iowa. Consultado el 26 de febrero de 2015. <http://www.fapri.iastate.edu/tools/elasticity.aspx>
- Federal Reserve. 2016. Board of Governors of the Federal Reserve System. Washington, D.C. Consultado el 18 de junio de 2016. https://www.federalreserve.gov/releases/h10/summary/indexb_m.htm
- González, Salvador, y Alejandro Brugués. 2010. Producción de biocombustibles con maíz: un análisis de bienestar en México. *Ra Ximhai*. Vol. 6, Núm. 1, pp: 73-85.
- INEGI. 2016. Índices de precios al consumidor. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes. Consultado el 16 de junio de 2016. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/inp/inpc.aspx>
- ITC. 2013. Trade statistics for international business development database. International Trade Centre. Geneva, Switzerland. Consultado el 6 de noviembre de 2013. <http://www.trademap.org>
- King, Gregory. [1696] 1804. Natural and political observations and conclusions upon the state and condition of England. John Stockdale. Londres. 73 p.
- Lagi, Marco; Yavni Bar-Yam; Karla Z. Bertrand y Yaneer Bar-Yam. 2011. The food crises: a quantitative model of food prices including speculators and ethanol conversion. New England Complex Systems Institute. Massachusetts. Consultado el 06 de noviembre de 2013. http://necsi.edu/research/social/food_prices.pdf
- McPhail, Lihong y Bruce Babcock. 2012. Impact of US biofuel policy on US corn and gasoline price variability. *Energy*. Num. 37, pp: 505-513.
- Mestries, Francis. 2009. La crisis de la tortilla en los albores del sexenio de Felipe Calderón: ¿Libre mercado o ley de los monopolios? *El Cotidiano*. Núm. 155, pp: 87-93.
- Mitchel, Donald. 2008. A note on rising food prices. Policy Research Working Paper, Development Prospects Group, The World Bank. Núm. 4682. 20 p.
- OCDE. 2016. OECD.Stat. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Paris. Consultado el 20 de junio de 2016. <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=6779#>
- Park, Hwanil, and Randall Fortenbery. 2007. The effect of ethanol production on the U.S. national corn price. Proceedings of the NCCC-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management. Chicago. 17 p.
- Ricardo, David. [1821] 1987. Principios de economía política y tributación. 3ª ed. Fondo de Cultura Económica. México. 332 p.
- Roningén, Vernon, John Sullivan, y Praveen Dixit. 1991. Documentation of the static world policy simulation (SWOPSIM) modeling framework. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. Washington, D.C.
- Rosegrant, Mark, Mercedita Agcaoili-Sombilla, y Nicostrato Pérez. 1995. Global food projections to 2020: implications for investment. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper. Num. 5. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. 54 p.
- SAGARPA. 2016. Sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Consultado el 16 de junio de 2016. <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/>
- Schnepf, Randy. 2006. Price determination in agricultural commodity markets: a primer. Congressional Research Service. Num. RL33204. 39 p.
- SIAP. 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D.F. Consultado el 27 de noviembre de 2014. http://www.campomexicano.gob.mx/porta_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf
- U.S. Census Bureau. 2015. Population estimates. Washington, D.C. Consultado el 17 de junio de 2016. <http://www.census.gov/popest/data/national/totals/2015/index.html>
- U.S. Energy Information Administration. 2016. Petroleum and other liquids. Washington, D.C. Consultado el 16 de junio de 2016. <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RWTC&f=M>
- USDA. 2016a. Feed grains database. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. Consultado el 16 de junio de 2016. <http://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-custom-query.aspx>
- USDA. 2016b. Livestock & meat domestic data. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. Consultado el 17 de junio de 2016. <http://www.ers.usda.gov/data-products/livestock-meat-domestic-data.aspx#26168>
- Wallerstein, Immanuel Maurice. 2005. Análisis de sistemas-mundo: una introducción. Siglo XXI Editores. México. 153 p.

Westcott, Paul, y Linwood Hoffman. 1999. Price determination for corn and wheat: the role of market factors and government programs. Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Num. 1878. 26 p.

Wise, Timoty. 2012. The cost to Mexico of U.S. corn ethanol expansion. Global Development and Environment Institute Working Paper. Num. 12-01. 13 p.