



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Moreno-Sáenz, Lucero Ivone; González-Andrade, Salvador; Matus-Gardea, Jaime Arturo  
Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN  
Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 7, núm. 1, enero-febrero, 2016, pp. 115-126  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263144153010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN\***

### **Mexico's dependence on maize imports in the age of NAFTA**

**Lucero Ivone Moreno-Sáenz<sup>1</sup>, Salvador González-Andrade<sup>2</sup> y Jaime Arturo Matus-Gardea<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Canal de la Mancha #296 interior 17- c Fraccionamiento Magnolias C.P. 32424, Ciudad Juárez, Chihuahua. <sup>2</sup>Departamento de Economía de El Colegio de la Frontera Norte. Km. 18.5 Carretera Tijuana-Ensenada, San Antonio del Mar, C.P. 22560, Tijuana, Baja California, Tel. (664) 6316300 ext. 3423. (salvador@colef.mx). <sup>3</sup>Economía del Instituto de Socioeconómica y Estadística del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco Montecillo, Texcoco, C.P. 56230, Estado de México, Tel. (595) 9520200. (matusgar@colpos.mx). <sup>4</sup>Autora por correspondencia: lucero.ivms@gmail.com.

## **Resumen**

La producción interna de maíz ha sido insuficiente para abastecer la demanda doméstica. Por otra parte, las importaciones del grano han ido en aumento a partir de la apertura comercial y en especial desde el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), lo cual es resultado del cambio de políticas agrícolas. Este documento analiza el contexto de la producción nacional de maíz y los cambios a partir de la entrada en vigor del TLCAN y el desarrollo de la dependencia a las importaciones de maíz por parte de México. La metodología empleada es la siguiente, primero se realiza un análisis exploratorio de la oferta y la demanda de maíz en México en el periodo de 1980 a 2011, después con la finalidad de identificar las principales variables que determinan la oferta y demanda se plantea un sistema de ecuaciones simultáneas, el cual se estima a través del método de mínimos cuadrados en dos etapas. Los resultados indican que México presenta una creciente dependencia a las importaciones de maíz y también que el mercado interno está influenciado principalmente por el precio esperado medio rural. Se recomienda analizar y replantear el papel del Estado promoviendo en el sector políticas de fomento más contundentes y efectivas.

## **Abstract**

The internal maize production has not been sufficient to supply domestic demand. On the other hand, imports of the grain have increased due to trade openness and especially since the North American Free Trade Agreement (NAFTA), which is the result of changes on agricultural policies. This paper analyses the context of national maize production, the changes made since NAFTA was enacted and the development of Mexico's dependence on maize imports. The methodology used is the following. First an exploratory analysis was carried out on the supply and demand of maize in Mexico from 1980-2011. Subsequently, in order to identify the main variables that determine the supply and demand, a system of simultaneous equations was laid out, which was estimated through the two-stage least squares method. The results show that Mexico has a growing dependence on maize imports and also that the internal market is mainly influenced by the rural expected average price. It is recommended to analyze and reestablish the role of the State in promoting more convincing and effective fostering policies in the agricultural sector.

**Keywords:** food security, maize demand, model of simultaneous equations, maize supply.

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: enero de 2016

**Palabras clave:** demanda de maíz, modelo de ecuaciones simultáneas, oferta de maíz, seguridad alimentaria.

## Introducción

En el comportamiento del consumo y la producción per cápita en México desde 1980 hasta 2010 se observan dos puntos en el que la producción per cápita abasteció casi por completo al consumo; en 1982 donde el consumo supera en tres kilos y medio, mientras que en 1993 es superado por un kilo y medio. De igual forma se observa que el comportamiento del consumo y la producción es similar a pesar de que la brecha entre ambos se ha ampliado durante de los últimos años. Se calcula que en promedio el consumo supera a la producción por más de 45 kg durante el periodo completo. La brecha se amplía más entre el consumo y producción y esta es superada por 54 kilos durante el periodo 1994 a 2010; caso contrario al periodo 1980 a 1993 donde la brecha es 10 kilos menor al promedio del periodo completo.

Adicionalmente, en el periodo 1985-1997 el consumo se abastecía con producción nacional en 86%, mientras que para el lapso de 1998-2010 la cobertura se redujo a 77%, en promedio. La diferencia entre el consumo y la producción ha sido compensada por importaciones provenientes principalmente de Estados Unidos de América. Definiéndose el índice de dependencia como la proporción que las importaciones cubren del consumo nacional, entonces este índice ha sido de 14% y 23% en los periodos referidos arriba.

Por otra parte la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA) señala que cerca de 66% de la cosecha de maíz en México se usa para la alimentación de ganado (ASERCA, 1997).

De ahí la relevancia de analizar cuáles son los determinantes de la oferta y demanda de maíz en México, así como de revisar el comportamiento del mercado antes y después de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ya que existe evidencia de que tal tratado afectó al sector agrícola, acrecentando las importaciones del grano.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2010) propone como uno de los indicadores de la seguridad alimentaria, el índice de dependencia a las importaciones de cereales, que tiene un

## Introduction

Regarding the behavior of consumption and production per capita in Mexico from 1980-2010, two points in time have been observed where the production per capita has almost fully supplied the consumption: in 1982 when the consumption surpassed by 3.5 kg, and in 1993 when the consumption surpassed by 1.5 kg. Likewise, it can be observed that the behavior of consumption and production is similar in spite of the gap between both having grown in recent years. It is estimated that on average consumption exceeds production by more than 45 kg in the course of the entire period. The gap between consumption and production grew larger and was surpassed by 54 kg between the period of 1994-2010; this is contrary to the period from 1980-1993 when the gap was 10 kg below the average of the entire period.

Furthermore, from 1985-1997 86% of consumption was supplied by national production whereas from 1998-2010 coverage decreased to 77% on average. The difference between consumption and production has been compensated through imports mainly deriving from the United States. Defining the dependence index as the national consumption ratio covered by imports, this index has been 14% and 23% for the aforementioned periods.

On the other hand, the Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (Service Bureau for the Commercialization and Development of Agro-livestock Markets, ASERCA for its acronym in Spanish) highlights that around 66% of the maize harvested in Mexico is used to feed livestock (ASERCA, 1997).

From this reason results the relevance in analyzing the determining factors of the supply and demand of maize in Mexico, as well as reviewing the behavior of the market before and after the entry into force of the North American Free Trade Agreement (NAFTA). There is evidence that this treaty affected the agricultural sector, increasing maize imports.

In 2010, the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations proposed the dependency index for the import of grains as one of its food safety indicators, which provides an estimate three times a year and consists in measuring how much of grain imports represent the apparent<sup>1</sup> consumption. By utilizing the proposed method to estimate the dependency index of the maize imports in Mexico, in 2011 it can be observed that 35% of maize

cálculo trianual y consiste en medir que tanto representan las importaciones de cereales en el consumo aparente está dado por la suma de la producción y las importaciones, menos las exportaciones de los mismos. Al emplear el método propuesto para estimar el índice de dependencia a las importaciones de maíz en México, se observa que en el año 2011, el 35% del maíz consumido en el país fue importado. De hecho, después de la apertura comercial en 1994 y hasta 2011, el índice de dependencia osciló alrededor de 23%, mientras que en el periodo previo (1980-1993) fue siete puntos inferior a ese valor.

La condición de dependencia a las importaciones de maíz que ha desarrollado México lo coloca en una posición desfavorable ante cambios exógenos. González-Rojas *et al.* (2011) destacan que actualmente la producción de etanol a base de maíz en Estados Unidos de América se ha intensificado, en 2010 fueron 116 millones de toneladas y para 2020 se estima que sean 140.3 millones de toneladas. En la misma línea, de reducirse en 10% la superficie sembrada de maíz en Estados Unidos de América el precio del maíz importado en México aumentaría aproximadamente en nueve por ciento. Ambos hechos tendrán efectos negativos sobre el maíz importado debido a la dependencia y vulnerabilidad del sector ante la competencia internacional.

En gran parte la dependencia generada hacia el maíz estadounidense se debe a la sincronización de los precios del cultivo, de acuerdo con el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2007) en México, desde 1994, se fijaron los precios mediante la política de precios de concertación, después, en 1996 las reglas se modificaron para dar paso a la política de precios de indiferencia. Mediante esta política los productores venden a los industriales con base en los precios internacionales y es el gobierno federal, a través de la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA), quien paga la diferencia respecto al precio objetivo. Sin embargo, este se equipara al precio internacional del maíz amarillo número 2, el cual en Estados Unidos es menor en aproximadamente 20% al del maíz blanco.

En la Figura 1 es visible que los precios internacionales son menores al precio medio rural durante el periodo 1980-2011, pero siempre siguen un comportamiento similar. En este periodo el precio promedio medio rural es de 3 685 pesos por tonelada, mientras que el internacional es de 2 141 pesos, por lo que el nacional es 1 544 pesos, los precios y las demás variables monetarias utilizadas en esta investigación están

consumed in the country was imported. In fact, after the trade openness in 1994 and up until 2011, the dependency index ranged around 23%, whereas in the previous period (1980-1993) it was seven points below this value.

Mexico's dependency on maize imports places it in an unfavorable position with regard to exogenous changes. González-Rojas *et al.* (2011) highlight that currently the production of maize-based ethanol in the United States has intensified; in 2010 it was 116 million tons and for 2020 it is estimated that it will be 140.3 million tons. Following this line of thought, should the maize sown area of the United States be reduced by 10%, the price of imported maize in Mexico will increase by approximately 9%. Both facts will have negative effects on imported maize due to the dependency and vulnerability of the sector with regard to international competition.

The dependency created towards American maize is due in great part to the synchronization of the harvest prices, according to the Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (Information Service of Agro-livestock and Fishery, SIAP for its acronym in Spanish) (2007) in Mexico. Since 1994, the prices were set through the pricing agreement policy; subsequently, in 1996 the rules were modified to pave the way for the policy of indifference pricing. Through this policy, producers sell to the industry based on the international prices and it is the federal government who pays the difference regarding the target price. However, this is equated to the international price of yellow maize number 2, which in the United States is approximately 20% lower than white maize.

Figure 1 shows that international prices are lower than the rural average price during the period of 1980-2011, but always follow a similar pattern. In this period, the rural average price was 3 685 Mexican pesos per ton, whereas the international price was 2 141 Mexican pesos per ton, and therefore the national price was 1 544 Mexican pesos per ton. The prices and other monetary variables utilized in this study are deflated according to the Índice Nacional de Precios al Consumidor (Mexican National Consumer Price Index, INPC for its acronym in Spanish) and shown in 2010 values per ton greater than the international price. After 1986, the rural average price started to gradually decrease and subsequently, in 1994, it decreased once more. From 1994-2011, it can be observed how these prices start to converge so that in 2010 the international price was slightly greater than the registered price in the country.

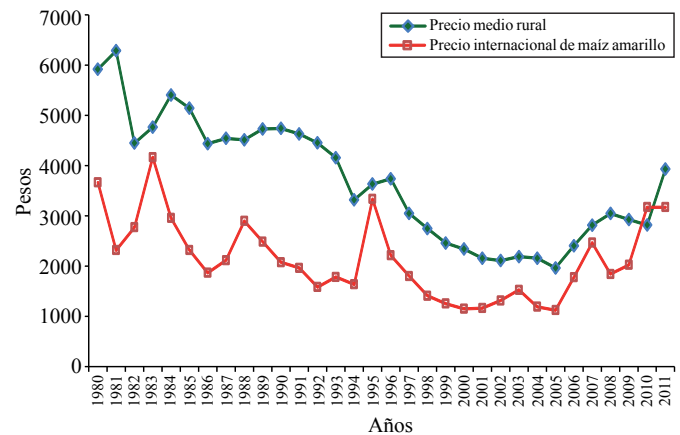
deflactadas con el índice nacional de precios al consumidor (INPC) y en valores de 2010, por tonelada mayor al precio internacional. Después de 1986 el precio medio rural comienza a descender paulatinamente y posteriormente en 1994 se da otro descenso, a partir de este último año y hasta 2011 se observa cómo dichos precios van convergiendo, tal que, en 2010 el precio internacional fue ligeramente mayor al precio registrado en el país.

Al respecto, Saad (2004) describe como desde 1990 se ha dado una disminución constante en el precio del maíz en México. Se considera clave el año de 1994, en ese año tenían vigencia los precios altos y los subsidios al productor cubrían 47% del valor producido. En 1995 con los precios internacionales altos y la devaluación, los precios internos mejoraron. Posteriormente, en 1996-1997 el precio internacional del maíz mantiene su tendencia a la baja. Desde entonces, y sin esquemas de protección al comercio exterior, el precio del maíz ha fluctuado con el precio internacional, dejando expuestos a los productores de forma cada vez más directa a los vaivenes del mercado internacional.

Las estadísticas sobre comercio exterior indican que el promedio anual de las importaciones de maíz fue de 2.5 millones de toneladas en el período 1980-1994 y de 6.2 millones de toneladas de 1995 a 2011. La cantidad de maíz importado desde el TLCAN hasta el 2011 fue superior en tres millones de toneladas en promedio respecto a las registradas en el lapso anterior desde 1980 hasta 1993, año de la firma del TLCAN. Considerando al consumo aparente como el resultado de restarle a la producción las exportaciones y sumarle las importaciones se observa que a partir de 1994 el consumo aparente crece más que la producción nacional, generándose unas importaciones con un comportamiento creciente (Figura 2).

Ante las crecientes importaciones de maíz a causa de una producción insuficiente del grano para satisfacer la demanda nacional, se ha implementado como objetivo de política en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y Gobierno de la República (2013), construir un sector agropecuario y pesquero productivo que garantice la seguridad alimentaria del país.

El presente documento tiene como objetivo determinar los niveles de dependencia a las importaciones de maíz a través del análisis de la oferta y la demanda de este producto en México. Se emplea un sistema de ecuaciones simultáneas, que se resuelve por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), para examinar la interacción y el



**Figura 1. Precio internacional de maíz y precio medio rural en México, 1980-2011.** Fuentes: precio medio rural: con base en información de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>; precio internacional: con base en información de U.S. Department of Agriculture, <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.

**Figure 1. International price of maize and rural average price in Mexico, 1980-2011.** Sources: rural average price: based on information from the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>; international price: based on information from the U.S. Department of Agriculture, <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.

Saad (2004) describes how since 1990 there has been a constant decrease in the price of maize in Mexico. 1994 is considered a key year because it is the year in which high prices were in effect and the subsidies to producers covered 47% of the produced value. In 1995, with high international prices and the devaluation, the internal prices improved. Subsequently, in 1996-1997 the international maize price maintained a downward tendency. From then on, and without protection plans from foreign trade, the price of maize has fluctuated with the international price leaving the producers exposed to the fluctuations of the international market, every time in a more direct manner.

The statistics on foreign trade indicate that the annual average of maize imports was 2.5 million tons in the period of 1980-1994 and 6.2 million tons from 1995-2011. The quantity of imported maize since the enactment of NAFTA until 2011 was greater by 3 million tons on average with regards to the previous period from 1980-1993, year in which NAFTA was signed. Considering the apparent consumption as the result of subtracting exports from production and adding imports,



impacto sobre la cantidad producida y consumida de maíz de variables como el precio medio rural del maíz, el precio internacional del maíz, el precio de insumos (urea), el ingreso (utilizando como proxy el producto interno bruto) y la población.

Primero se abordan los conceptos de seguridad y soberanía alimentaria, también se estudia el actual objetivo de política de seguridad alimentaria en el país. Después, por medio de un modelo de ecuaciones simultáneas se identifican las principales variables que determinan la oferta y demanda de maíz en México, a partir de los valores estimados en el sistema, se construye un índice de dependencia a las importaciones.

### Seguridad y soberanía alimentaria

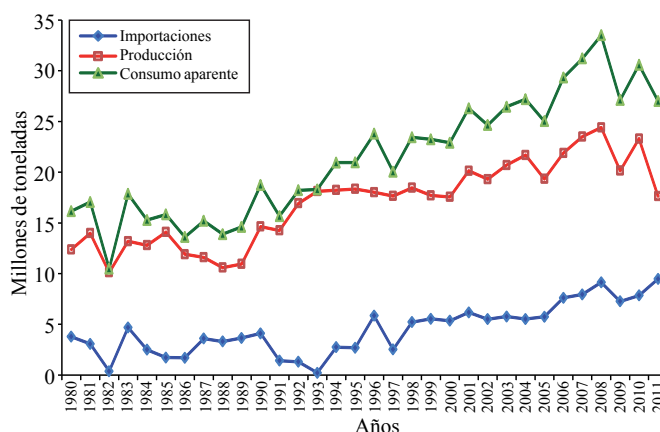
El tema de la seguridad y soberanía alimentaria se ha discutido ampliamente en México (Urquía, 2014; Rivera *et al.*, 2014), se considera la situación alimentaria actual como resultado de los cambios y objetivos de política que se han implementado desde mediados del siglo pasado.

La Ley de Desarrollo Rural Sustentable en la fracción XXVII del artículo 3º, define seguridad alimentaria como: el abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población. Por otra parte, la soberanía alimentaria está definida en la fracción XXXII como: la libre determinación del país en materia de producción, abasto y acceso de alimentos a toda la población, basada fundamentalmente en la producción nacional (Valero, 2009).

En la misma línea, Curiel (2013) explica que México tiene un reto importante, de acuerdo con la FAO, un país debe ser capaz de producir al menos 75% de los alimentos que consume para dar seguridad alimentaria a su población y en los últimos años, México no ha cumplido por completo con esta recomendación.

En una revisión de las políticas que se han aplicado en diferentes sexenios, Ortiz *et al.* (2005), concluyen que hoy en día se tiene una dependencia de alimentos básicos del exterior. Explican cómo se pasó de la autosuficiencia en el sexenio de López Portillo, a la soberanía en el sexenio de Miguel de la Madrid, para finalmente en el sexenio de Salinas de Gortari, plantearse como meta la seguridad alimentaria. En esta línea del tiempo se expone como se ha dejado de autoabastecer la demanda interna de alimentos y se ha dado paso a crecientes importaciones.

it can be observed that from 1994 the apparent consumption grew more than the national production, generating imports with a growing tendency (Figure 2).



**Figura 2. Importaciones, producción y consumo aparente de maíz, 1980-2011.** Fuentes: Importaciones: con base en información de FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=535&lang=es#ancorG26>; producción: con base en información de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>.

**Figure 2. Imports, production, and apparent consumption of maize, 1980-2011.** Sources: Imports: based on information from FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/desktopdefault.aspx?pageid=535&lang=es#ancorG26>; production: based on information from the Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>.

Before the growing imports of maize due to an insufficient production of the grain in order to supply national demand, the construction of an agro-livestock and fishery productive sector that guarantees the food security of the country has been implemented as a policy objective in the Plan Nacional de Desarrollo (National Development Plan) 2013-2018 and the Gobierno de la República (Government of the Republic) 2013.

This document has as an objective the determination of the levels of dependency on maize imports through the analysis of supply and demand of this product in Mexico. A system of simultaneous equations is used, which is solved through the two-stage least squares method (2SLS), in order to examine the interaction and impact of variables on the quantity of maize produced and consumed, such as the rural average price of maize, the international price of maize, the input price (urea), income (using the gross internal product as proxy) and the population.

Por su parte, Saad (2004) estudia el comportamiento del mercado de maíz desde mediados del siglo pasado hasta inicios del presente. Examina la diferencia entre la oferta y la demanda, encuentra que de 1950 a 1965 y de 1991 a 1993 la producción fue cercana al consumo aparente y se podía hablar de autosuficiencia alimentaria. Por otra parte, de 1965 a 1969 la producción fue mayor al consumo aparente de maíz, sin embargo, concluye que hasta 2002 se tenía un déficit entre la producción y el consumo aparente, agravando la situación de seguridad alimentaria y dando pie a una dependencia del exterior en materia de maíz, debido a las crecientes importaciones.

## Materiales y métodos

Para estimar los niveles de dependencia de maíz en México durante el periodo 1980-2011 se determinan las funciones de oferta y demanda de maíz. Para cumplir dicho objetivo se emplea un modelo de ecuaciones simultáneas a estimar por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), usando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS).

### Especificación del modelo

Es importante establecer un índice que mida la dependencia alimentaria de México respecto al maíz. En este trabajo como índice de dependencia (ID) se emplea el concepto de índice de importación de cereales que estima la FAO (2010), que se obtiene resolviendo el siguiente cociente, el volumen del cereal importado se divide entre la producción del cereal más el volumen importado de cereal menos el volumen exportado del cereal:

$$ID = \frac{\text{Importaciones}}{\text{Producción} + \text{importaciones} - \text{exportaciones}}$$

El modelo se desarrolla bajo la hipótesis del país pequeño, la cual establece que las políticas nacionales no afectan el precio internacional, por tanto las empresas nacionales y los consumidores deben tener en cuenta el precio internacional al enfrentarse a las decisiones de producción (Suranovic, 2007).

Con base al concepto de la balanza disponibilidad-desaparición se establece que la disponibilidad total será igual a la desaparición total de maíz. La disponibilidad total está determinada por la producción nacional de maíz más las importaciones. La desaparición total de maíz será la suma

First the concepts of security and food sovereignty are addressed, and the actual policy objective of food security in the country is also studied. Subsequently, through a model of simultaneous equations the main variables that determine the supply and demand of maize in Mexico are identified, and through the estimated values in the system, an index of the dependency on imports is constructed.

### Security and food sovereignty

The subject of security and food sovereignty has been widely discussed in Mexico (Urquía, 2014; Rivera *et al.*, 2014). The current food situation is considered a result of the changes and policy objectives that have been implemented since the middle of last century.

The Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Law of Sustainable Rural Development) in section XXVII of article 3 defines food security as: the timely supply, sufficient and encompassing foodstuffs to the population. On the other hand, food sovereignty is defined in section XXXII as: the free determination of the country on matters of production, supply and access to foodstuffs for the entire population, fundamentally based on national production (Valero, 2009).

Along the same line, Curiel (2013) explains that Mexico has an important challenge. According to the FAO, a country must be capable of producing at least 75% of the foodstuffs it consumes in order to provide food security to its population. In recent years, Mexico has not fulfilled this recommendation of food security in its entirety.

As part of a review of the policies that have been implemented in different six-year terms, Ortiz *et al.* (2005) conclude that nowadays there is a foreign dependency on basic foodstuffs. They explain how the change happened from self-sufficiency in the six-year term of López Portillo to sovereignty in the six-year term of Miguel de la Madrid to finally setting food security as a goal in the six-year term of Salinas de Gortari. In this timeline it can be observed how the internal demand for foodstuffs has stopped being self-supplied and has given way to growing imports.

Saad (2004) has studied the behavior of the maize market since the middle of the last century until the beginning of the current century. They examine the difference between supply and demand, finding that from 1950-1965 and from 1991-1993 the production was close to the apparent consumption and foodstuff self-sufficiency could be

de las demandas de maíz, ya sea para consumo humano, pecuario e industrial, entre otros usos, más la cantidad de maíz demandada para exportaciones.

$$(Q_t + M_t) = (D_t + X_t) \quad 1)$$

Donde:  $Q_t$  es la producción de maíz en el año  $t$ ;  $D_t$  es la demanda de maíz en el año  $t$ ;  $M_t$  son las importaciones de maíz en el año  $t$ ; y  $X_t$  son las exportaciones de maíz en el año  $t$ .

Dado que en México no se reporta la demanda de este grano, entonces se opta por calcular el consumo aparente de maíz utilizando la expresión (2):

$$D_t = Q_t + (M_t - X_t) \quad 2)$$

Se considera que la demanda de maíz está en función de diversos factores, como se indica en la siguiente expresión:

$$D_t = f(PD_t, PIB_t, POB_t, D1_t, \varepsilon_{Dt}) \quad 3)$$

Donde:  $D_t$  es el consumo nacional aparente de maíz, en el año  $t$ ;  $PD_t$  es el precio de demanda en el año  $t$ ;  $PIB_t$  es el producto interno bruto, utilizado como proxy del ingreso en el año  $t$ ;  $POB_t$  es la población en el año  $t$  y  $D1$  es la variable dicótoma 1 para el periodo del TLCAN (1994-2011) y cero de otra manera;  $\varepsilon_{Dt}$  es el término de error.

Se contempla que un aumento en el precio de demanda del maíz dará lugar a una reducción en la demanda de maíz. De igual manera, un aumento en el ingreso de la población repercutirá en una disminución de la demanda de maíz, ya que se supone que al incrementarse el ingreso de la población, esta demandará productos más ricos en proteínas y por los tanto más costosos, o con más servicios incluidos (García *et al.*, 1990). Se considera que el crecimiento natural de la población aumentará la demanda de maíz para consumo humano; por el aumento de la demanda de tortilla y por ser el maíz el insumo principal de producción. Con el fin de observar el impacto de la apertura comercial en la demanda de maíz la variable dicótoma establecida en el modelo tomará valor de 1 para el periodo en el que se aplica el TLCAN (1994-2011) y valor de cero para el resto del periodo (1980-1993), sin tener una expectativa de signo a priori para esta variable.

Por su parte, de acuerdo con la teoría económica, la oferta de un producto agrícola está determinada por factores como el precio esperado del producto y el precio esperado de los insumos utilizados. De esta manera, la función de oferta se especifica como se muestra a continuación:

maintained. On the other hand, from 1965-1969 the production was greater than the apparent consumption of maize; however, they conclude that until 2002 there was a deficit between the production and the apparent consumption, aggravating the situation of food security and giving rise to a foreign dependency with regard to maize due to the growing imports.

## Materials and methods

In order to estimate the levels of maize dependency in Mexico during the period of 1980-2011, the functions of supply and demand of maize are determined. In order to fulfill this objective, a model of simultaneous equations is used to be estimated through the two-stage least squares method (2SLS), using the Statistical Analysis System (SAS) program.

### Specifications of the model

It is important to establish an index that measures Mexico's food dependency with regard to maize. In this study, the import index for grains estimated by the FAO (2010) is used as the dependency index (DI), which is obtained by solving the following equation. The volume of the imported grain is divided by the production plus the imported volume minus the exported volume of the grain:

$$DI = \frac{\text{Imports}}{\text{Production} + \text{imports} - \text{exports}}$$

The model is developed under the hypothesis of a small country, which establishes that the national policies do not affect the international price, and therefore the national companies and consumers must take into account the international price when making production decisions (Suranovic, 2007).

Based on the concept of availability-disappearance balance, it is established that the total availability should be equal to the total disappearance of maize. The total availability is determined by the national maize production plus the imports. The total disappearance of maize should be the sum of the demands for maize, whether for human, livestock and/or industrial consumption, among other uses, plus the quantity of maize demanded for exports.

$$(Q_t + M_t) = (D_t + X_t) \quad 1)$$



$$Q_t = f(\text{PEMR}_t^*, \text{PEU}_t, D1_t, \varepsilon_{Qt}) \quad (4)$$

Donde:  $Q_t$  es la producción de maíz en el año  $t$ ;  $\text{PEMR}_t^*$  es el precio medio rural esperado;  $\text{PEU}_t$  es el precio esperado de la urea en el año  $t$ ; donde  $D1$  es la variable dicótoma 1 para el periodo del TLCAN (1994-2011) y cero de otra manera; y  $\varepsilon_{Qt}$  es el término de error.

Considerando un modelo de ajuste de expectativas simples, se utilizan como precios esperados a los de la misma variable retrasados un período. Se espera una relación positiva entre el precio esperado y la cantidad producida. Se introduce el precio de la urea ( $\text{PU}_t$ ) como variable proxy al precio de los insumos de producción, esperando que un aumento en el precio del fertilizante reduzca la producción de maíz. SAGARPA (2007) señala que “se tiene que en el caso de los insumos comerciables el gasto más importante lo representan los fertilizantes, cuyo gasto representa alrededor de \$3 638, equivalente a 45% de la erogación del rubro de insumos comerciales que representa 52 del costo total”. Se espera que en el periodo del TLCAN la variable  $D1$  asuma un valor negativo.

Por otra parte se considera que el precio medio rural ( $\text{PMR}_t$ ) en la producción de maíz está en función del precio internacional del maíz ( $\text{PI}_t$ ).

Donde:  $\varepsilon_{\text{PMRG}_t}$  es el término de error:

$$\text{PMR}_t = f(\text{PI}_t, \varepsilon_{\text{PMRG}_t}) \quad (5)$$

De igual forma se asume que el precio de demanda de maíz está en función del precio medio rural.

Donde  $\varepsilon_{\text{PD}_t}$  es el término de error:

$$\text{PD}_t = f(\text{PMR}_t, \varepsilon_{\text{PD}_t}) \quad (6)$$

Una vez estimadas las funciones, los resultados estimados de consumo aparente y cantidad producida se utilizan para calcular las importaciones estimadas ( $M$ ), con las cuales se calcula el índice de dependencia a las importaciones de maíz, considerando que las exportaciones son nulas:

$$\text{ID} = \frac{M_t}{D_t} \quad (7)$$

De esta forma se cierra el sistema de ecuaciones.

Where:  $Q_t$  is the maize production during year  $t$ ;  $D_t$  is the demand for maize in year  $t$ ;  $M_t$  is the maize imports in year  $t$ ; and  $X_t$  is the maize exports in year  $t$ .

Given that the demand for this grain is not reported in Mexico, we must then opt for calculating the apparent consumption of maize using the following equation (2):

$$D_t = Q_t + (M_t - X_t) \quad (2)$$

It is considered that the demand for maize is in function of various factors, as indicated in the following equation:

$$D_t = f(\text{PD}_t, \text{PIB}_t, \text{POB}_t, D1_t, \varepsilon_{Dt}) \quad (3)$$

Where:  $D_t$  is the apparent national consumption of maize in year  $t$ ;  $\text{PD}_t$  is the bid price in year  $t$ ;  $\text{PIB}_t$  is the gross internal product, utilizing the income in year  $t$  as proxy;  $\text{POB}_t$  is the population in year  $t$ ; and  $D1$  is the dichotomous variable 1 for the NAFTA period (1994-2011), otherwise, 0;  $\varepsilon_{Dt}$  is the error term.

It is considered that an increase in the bid price of maize will give rise to a decrease in the demand of maize. Likewise, an increase in the income of the population will impact as a decrease in the demand for maize, as it is assumed that by increasing the income of the population, more products rich in protein will be demanded and therefore more expensive, or with more services included (García *et al.*, 1990). It is considered that the natural growth of the population will increase the demand for maize for human consumption; this being due to the increase in the demand for tortilla and because maize is the main production consumable. In order to observe the impact of the commercial openness in the demand for maize, the dichotomous variable established in the model has a value of 1 for the period in which the NAFTA was implemented (1994-2011) and a value of 0 for the rest of the period (1980-1993), without having a prior expectative for this variable.

According to economic theory, the supply of an agricultural product is determined by factors such as the expected price of the product and the expected price of the consumables utilized. In this way, the supply function is specified as follows:

$$Q_t = f(\text{PEMR}_t^*, \text{PEU}_t, D1_t, \varepsilon_{Qt}) \quad (4)$$

Con base a los resultados de las pruebas de Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron se determina la no estacionariedad de las variables  $D$ ,  $Q$ ,  $PMR$ ,  $PD$  y  $PI$  en niveles, por lo que para la estimación se utilizaron primeras diferencias de estas variables, representadas por  $DQDT$ ,  $DQST$ ,  $DPMRT$ ,  $DPDT$  y  $DPIT$ , respectivamente:

1.  $DPMRT = A0 + A1 * DPIT$ ;
2.  $DPDT = B0 + B1 * DPMRT + B4 * QDT\_1$ ;
3.  $DQDT = C0 + C1 * DPDT + C4 * PIBT + C5 * POBT + C9 * D1T$ ;
4.  $DQST = D0 + D1 * DPEMRT + D5 * PUT\_1 + D8 * D1T$ .

De tal forma de que las variables endógenas del sistema son  $DT$ ,  $QT$ ,  $PMR_t$  y  $PDT$ . Las variables predeterminadas son  $PIT$ ,  $QDT\_1$ ,  $PIBT$ ,  $POBT$ ,  $PEMRT$ ,  $PUT$  y  $D1T$ . Las variables instrumentales utilizadas para la estimación MC2E fueron:  $PIT$ ,  $PIT\_1$ ,  $PMRT\_1$ ,  $PDT\_1$ ,  $QDT\_1$ ,  $PIBT$ ,  $POBT$ ,  $PBT$ ,  $PCT$ ,  $PST$ ,  $D1T$ ,  $PEMRT$ ,  $PEMRT\_1$ ,  $QST\_1$ ,  $PUT\_1$ ,  $PFT\_1$ ,  $PST\_1$ . En donde  $PB$  representa el precio de la carne de bovino;  $PC$  el precio de la carne de cerdo;  $PS$  el precio medio rural del sorgo y  $PF$  el precio medio rural del frijol.

## Resultados y discusión

En el modelo estructural se tiene un  $R^2$  ajustado de 69 por ciento para la ecuación de la demanda y de 68% para la ecuación de la oferta. Obteniéndose los signos esperados de los coeficientes (Cuadro 1).

### Cuadro 1. Coeficientes estimados.

Table 1. Estimated coefficients.

Parameter	Approx estimate	Approx std err
A0	-64.1476	93.7224
A1	0.002102	0.1366
B0	-440.348	728.6
B1	0.322891	0.3873
B4	0.000021	0.000033
C0	-6555815	10435032
C1	-651.794	679.8
C4	-0.14348	0.1676
C5	0.125448	0.166
C9	-961953	2930032
D0	678404.5	732783
D1	738.3063	827.7
D5	-53.1333	147.6
D8	-379708	972633

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en SAS.

Where:  $Q_t$  is the maize production in year  $t$ ;  $PEMRT^*$  is the expected rural average price;  $PEUt$  is the expected price of the urea in year  $t$ ;  $D1$  is the dichotomous variable 1 for the period of the NAFTA (1994-2011) and otherwise, 0;  $\epsilon_{Qt}$  is the error term.

Considering a model of simple expectative adjustments, the prices of the same variable delayed one period are utilized as the expected prices. A positive relation is expected between the expected price and the quantity produced. The price of urea ( $Put$ ) is introduced as a proxy variable to the price of the production consumables, expecting that an increase in the price of the fertilizer decreases the production of maize. SAGARPA (2007) points out that “in the case of commercial consumables, the most important expense is represented by fertilizers, as their expense represents approximately \$3,638, equivalent to 45% of the expenditure of the rubric of commercial consumables, which represents 52% of the total cost”. It is expected that for the NAFTA period, variable  $D1$  will have a negative value.

On the other hand, it is considered that the rural mean price ( $PMR_t$ ) in the production of maize is in function of the international price of maize ( $PI_t$ ).

Where:  $\epsilon_{PMRGt}$  is the error term:

$$PMR_t = f(PI_t, \epsilon_{PMRGt}) \quad (5)$$

Likewise, it is assumed that the bid price for maize is in function of the rural mean price.

A partir de estos coeficientes estimados se calculan los coeficientes de la forma reducida restringida del sistema de ecuaciones, de tal forma de que cada variable endógena queda en función de las variables predeterminadas correspondientes.

Con los estimadores de la forma reducida restringida y los valores observados de 1980 a 2011 se calculan los montos estimados de las importaciones y con estas y las cantidades de consumo aparente estimadas, finalmente se determinan los índices de dependencia para dicho período. En la Figura 3 se presentan los índices observados (ID) y los estimados (IDTH), así como las cantidades importadas estimadas (MTH), en donde se observa una tendencia creciente de este índice después de 1994.

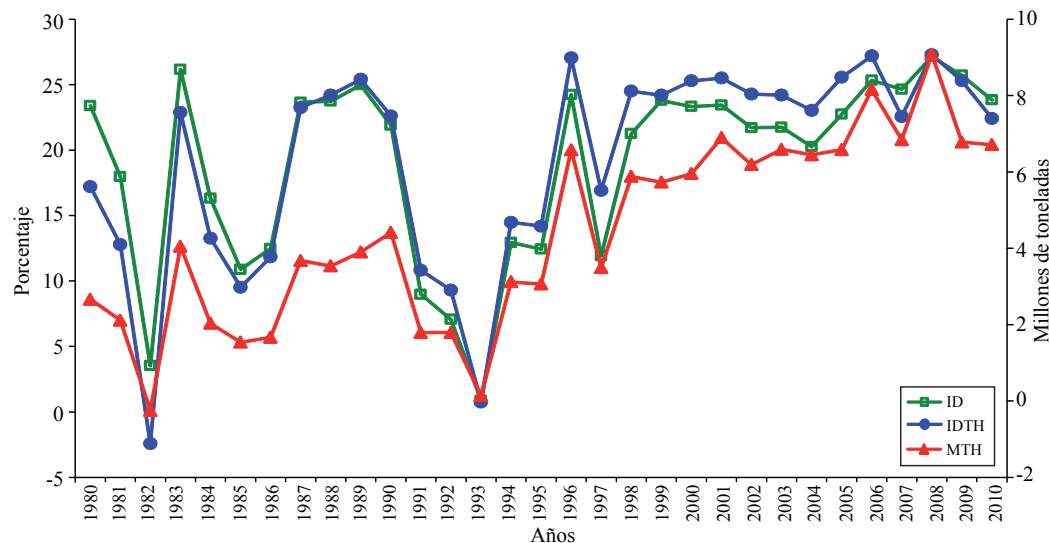
Where:  $\varepsilon_{PDt}$  is the error term:

$$PD_t = f(PMR_t, \varepsilon_{PDt}) \quad (6)$$

Once the functions have been estimated, the estimated results of apparent consumption and produced quantity are used in order to calculate the estimated imports (M), with which the index of dependency to maize imports is calculated, considering exports are null:

$$ID = \frac{M_t}{D_t} \quad (7)$$

In this manner, the system of equations is completed.



**Figura 3. Índice de dependencia observado (ID) y estimado (IDTH) e importaciones estimadas de maíz (MTH), 1980-2010.** Fuente: elaborada a partir de los resultados de los estimadores reducidos.

**Figure 3. Observed (DI) and estimated (IDTH) dependency indices and estimated maize imports (MTH), 1980-2010.** Source: elaborated from the results of the reduced estimators.

## Conclusiones

El índice de dependencia de las importaciones de maíz aquí estimado, mismo que es, en general, consistente con el índice calculado con los datos observados de importaciones y consumo aparente, muestra una tendencia creciente a partir de 1994, exponiendo así la necesidad de medidas contundentes en apoyo a la seguridad alimentaria en México, ya sea a través programas eficaces de impulso a la producción o mediante el establecimiento de un comercio de maíz más controlado.

Based on the results of the Augmented Dickey-Fuller and the Phillips-Perron tests, the non-stationarity of the variables D, Q, PMR, PD and PI in levels is determined, so that for an estimation the first differences of these variables were utilized, represented by DQDT, DQST, DPMRT, DPDT, and DPIT, respectively:

1.  $DPMRT = A_0 + A_1 * DPIT$ ;
2.  $DPDT = B_0 + B_1 * DPMRT + B_4 * QDT\_1$ ;
3.  $DQDT = C_0 + C_1 * DPDT + C_4 * PIBT + C_5 * POBT + C_9 * D1T$ ;
4.  $DQST = D_0 + D_1 * DPEMRT + D_5 * PUT\_1 + D_8 * D1T$ .

En consideración a lo anterior, es posible recomendar la revisión del papel que ha desempeñado el Estado en cuanto a la protección del comercio y fomento a la producción del grano en México. En este sentido se plantea la necesidad de una política de fomento eficiente y efectivo, así como el otorgar un trato preferencial bajo la consideración de que el maíz tiene una gran importancia económica para un considerable número de hogares y también porque es el principal alimento tradicional del pueblo mexicano.

## Literatura citada

- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). 1997. La vanguardia en la producción de maíz en México, Claridades Agropecuarias. 3-15 pp.
- Curiel, R. 2013. MasAgro por la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola sustentable en México. Claridades Agropecuarias (México). 237:9-18.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. La inseguridad alimentaria en crisis prolongadas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 64 p.
- García, M. R.; García, D. G. y Montero, H. R. 1990. Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas. 1ª ed. Colegio de Postgraduados. México. 437 p.
- Gobierno de la República. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Gobierno de la República. México. 184 p.
- González-Rojas, K.; García-Salazar, J. A.; Matus-Gardea, J. A. y Martínez-Saldaña, T. 2011. Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz (*Zea mays* L.) ante cambios exógenos internacionales. Agrociencia (México). 45(6):733-744.
- Ortiz, G. A. S.; Vázquez, G. V. y Montes, E. M. 2005. "La alimentación en México: enfoques y visión a futuro". Estudios Sociales (México). 13(25):7-34.
- Rivera de la Rosa, A. R.; Ortiz, P. R.; Araujo, A. L. A. y Amílcar, H. J. 2014. México y la autosuficiencia alimentaria (sexenio 2006-2012). Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria (Colombia). 15(1):33-49.
- Saad, I. 2004. Maíz y libre comercio en México. Claridades Agropecuarias (México). 127:44-48.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Evaluación del Programa Fomento Agrícola y Subprogramas Sanidad Vegetal e Investigación y Transferencia de Tecnología 2006. Informe complementario. Estudio de caso sobre la competitividad de las cadenas: maíz y caña de azúcar.
- SIAP (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera). 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. SIAP-SAGARPA. México. 131 p.
- Suranovic, S. M. 2007. International trade theory and policy analysis. The George Washington University. Disponible en: <http://internationalecon.com/>.

The endogenous variables of the system are DT, QT, PMRT, and PDT. The predetermined variables are PIT, QDT\_1, PIBT, POBT, PEMRT, PUT, and D1T. The instrumental variables utilized for the estimation of 2SLS are: PIT, PIT\_1, PMRT\_1, PDT\_1, QDT\_1, PIBT, POBT, PBT, BCT, PST, D1T, PEMRT, PEMRT\_1, QST\_1, PUT\_1, PFT\_1, PST\_1. Where PB represents the price of beef; PC represents the price of pork; PS represents the rural average price of sorghum; and PF represents the rural average price of beans.

## Results and discussion

In the structural model there is an adjusted  $R^2$  of 69% for the demand equation and of 68% for the supply equation. Obtaining the expected signs of the coefficients (Table 1).

From these estimated coefficients, the coefficients are calculated in the restricted reduced form of the system of equations, such that each endogenous variable is left in function of the corresponding predetermined variables.

With the estimates of the restricted reduced form and the observed values from 1980-2011, the estimated import amounts are calculated. With these and the estimated quantities of apparent consumption, the dependency indices for said period are finally determined. Figure 3 shows the observed (DI) and the estimated (IDTH) indices, as well as the estimated imported quantities (MTH), where a growing tendency for this index can be observed after 1994.

## Conclusions

The index of dependency on maize imports estimated is in general consistent with the index calculated with the observed data on imports and apparent consumption, showing a growing tendency since 1994, thus making the need for forceful measures in favor of food security in Mexico apparent, either through effective incentive programs for production or by establishing a more controlled maize market.

Considering the aforementioned, it is possible to recommend a review of the role that the State has played with regard to the protection of commerce and fostering grain production in Mexico. In this sense, the need for an efficient and effective promoting policy is posed, as well as granting a preferential deal taking into consideration that maize is of

- Urquía-Fernández, N. 2014. La seguridad alimentaria en México. Salud Pública México. 56 suplemento 1:S92-S98.
- Valero, F. C. N. 2009. El derecho a la alimentación y la soberanía alimentaria (El caso mexicano). Cámara de Diputados/Comité del Centro de Estudios de Derecho e Investigaciones Parlamentarias. México. (Serie Verde, Temas Económicos). 91 p.

great economic importance for a considerable number of homes and also because it is the main traditional foodstuff of the Mexican people.

*End of the English version*

