

VULNERABILIDAD DEL MERCADO NACIONAL DE MAÍZ (*Zea mays* L.) ANTE CAMBIOS EXÓGENOS INTERNACIONALES

VULNERABILITY OF THE CORN (*Zea mays* L.) DOMESTIC MARKET FACING INTERNATIONAL EXOGENOUS CHANGES

Karina González-Rojas¹, José A. García-Salazar^{1*}, Jaime A. Matus-Gardea¹, Tomás Martínez-Saldaña²

¹Economía, ²Desarrollo Rural, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. 56230. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. (jsalazar@colpos.mx).

RESUMEN

El aumento de las importaciones de maíz (*Zea mays* L.), la liberación comercial y la crisis energética global, ponen en situación de vulnerabilidad al mercado nacional del grano. Para medir los efectos que cambios exógenos mundiales tienen sobre el mercado de maíz en México, se formuló un modelo Armington para el período 2004/2006. El análisis de los resultados indica que una reducción en 10 % en la superficie de maíz en EE.UU. aumentaría el precio de importación en México en 8.7 %, en relación a las observadas en 2004/2006. Un aumento de 10 % en el precio del petróleo aumentaría la demanda mundial de maíz, elevando el precio en 20.4 %. Se recomienda aplicar políticas que protejan el mercado nacional; por ejemplo, políticas para elevar los rendimientos de maíz en México en 15 % permitirían reducir las importaciones en 1493 miles de t y ahorrar \$2282 millones de pesos en divisas.

Palabras clave: oferta y demanda mundiales, importaciones, precios, modelo Armington.

INTRODUCCIÓN

Con un consumo per cápita promedio de 349 g d⁻¹, sólo superado por Lesotho y Malawi (FAO, 2009), el maíz (*Zea mays* L.) es el alimento más importante en México. En el periodo 2000-2005, la población del país gastó, en promedio, \$19 142 millones de pesos anuales en la compra de cereales, de los cuales 52 % correspondió a productos derivados del maíz; dentro de estos, 43 % se destinó a la compra de tortilla (SIAP, 2007). Además, el maíz se utiliza como insumo en

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2010. Aprobado: julio, 2011.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 45: 733-744. 2011.

ABSTRACT

The increase in imports of corn (*Zea mays* L.), the trade liberalization and the global energy crisis put in a vulnerable situation the domestic market of the grain. To measure the effects that global exogenous changes have on the corn market in México, an Armington model was formulated for the period 2004/2006. Analysis of the results indicates that a 10 % reduction in the corn planted acres in the U.S. would increase the import price in México by 8.7 % compared to those observed in 2004/2006. A 10 % increase in oil prices would increase world demand for corn, raising the price by 20.4 %. Application of policies that protect the domestic market is recommended; for example, policies to increase yields of corn in México by 15 % would reduce imports in 1493 thousands t and save \$2282 million pesos in foreign exchange.

Key words: global supply and demand, imports, prices, Armington model.

INTRODUCTION

With an average consumption *per capita* of 349 g d⁻¹, and only surpassed by Lesotho and Malawi (FAO, 2009), corn (*Zea mays* L.) is the most important food in México. In the period 2000-2005 the population of the country spent on average \$19 142 million pesos annually for the purchase of cereals, of which 52 % corresponded to products derived from corn; within these, 43 % went to buy tortilla (SIAP, 2007). In addition, corn is used as an input in livestock production, starch, snacks, etc., so increases in their prices impact on inflation of livestock and industrial products.

With an annual production of 20.02 million t, México was the fourth largest producer of corn in the

la producción de ganado, almidones, féculas, botanas, etc., por lo cual los aumentos en su precio impactan en la inflación de productos pecuarios e industriales.

Con una producción anual de 20.02 millones t, México fue el cuarto productor mundial en el periodo 1998-2007 (FAO, 2009); sin embargo, la producción sólo cubrió la demanda de maíz blanco, en tanto que el consumo de maíz amarillo fue abastecido con importaciones. Después del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), las importaciones de maíz aumentaron a más de siete millones t en 2007 (FAO, 2009), siendo México el tercer importador mundial. Esto propició un incremento en el índice de dependencia alimentaria, de 18 % en 1985 a 33 % en 2008 (Chauvet y González, 2009).

La dependencia por importaciones de maíz coloca a México en una posición desfavorable ante el escenario internacional actual. La producción de etanol a base de maíz en EE.UU. se ha incrementado; en 2009/2010 fue 116.0 millones t y será 140.3 millones t en 2020/2021 (USDA, 2011). Basado en la demanda industrial y producción de etanol, el USDA (2011) proyecta un descenso anual en los inventarios en 2.9 % de 2009/2010 a 2017/2018, lo que se traduce en una menor disponibilidad de maíz, situación que podría reflejarse en el aumento del precio. Un aumento en la producción de etanol en los EE.UU. y otras regiones del mundo se requeriría ante un escenario de aumentos en los precios internacionales del petróleo; así, el aumento en la producción del biocombustible incrementaría la demanda mundial de maíz y, en consecuencia, los precios internacionales del grano.

Además de los precios internacionales del petróleo, otros factores globales que afectarán el mercado de maíz serán el cambio climático y el desarrollo demográfico y económico de los países del grupo BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). La evidencia empírica señala que los efectos de un cambio climático en los rendimientos de maíz de temporal en México serían negativos, con acortamientos en la estación de crecimiento, particularmente en la fase de llenado de grano, y que un aumento en la precipitación de 20 % implicaría una disminución en los rendimientos como consecuencia del lavado de nutrientes del suelo (Conde *et al.*, 2000). Esta disminución en la productividad y niveles de producción tendría efectos significativos en el aumento de

period 1998-2007 (FAO, 2009); but production only covered the demand for white corn, while yellow corn consumption was supplied with imports. After the North American Free Trade Agreement (NAFTA), corn imports increased to more than seven million tons in 2007 (FAO, 2009), being México the third largest importer in the world. This led to an increase in the food dependency index of 18 % in 1985 to 33 % in 2008 (Chauvet and González, 2009).

The dependence on corn imports puts México in an unfavorable position before the current international scenario. Ethanol production based on corn in the U.S. has increased, in 2009/2010 was 116.0 million t and it will be 140.3 million t in 2020/2021 (USDA, 2011). Based on industry demand and ethanol production, the USDA (2011) projects an annual decline in inventories in 2.9 % in 2009/2010 to 2017/2018, resulting in reduced availability of corn, a situation that could be reflected in price increase. An increase in ethanol production in the U.S. and other regions of the world would be required for a scenario of increases in international oil prices; so the increase in the production of biofuels would increase global demand for corn and, consequently, international grain prices.

In addition to the international oil prices, other global factors that affect the corn market will be climate change and population and economic development of countries in the group of BRICS (Brazil, Russia, India, China and South Africa). Empirical evidence indicates that the effects of climate change on yields of rainfed maize in México would be negative, with reductions of the growing season, particularly in the grain filling stage, and that an increase of 20 % in precipitation would imply a decrease in the yields as a result of soil nutrient leaching (Conde *et al.*, 2000). This decline in productivity and production levels would have significant effects on the price increase. The high demographic concentration and income growth per capita of the countries of the BRICS group will increase the global demand of corn, putting pressure on international prices and, consequently, on the domestic prices of grain.

The necessity of U.S. for alternative fuels and the absence of economic policy measures that strengthen the domestic corn production chain places México in a vulnerable situation. Facing México's food dependence it is expected

precios. La alta concentración demográfica y el crecimiento del ingreso per cápita de los países del grupo BRICS aumentarán la demanda mundial de maíz, ejerciendo presión sobre los precios internacionales y, en consecuencia, sobre los precios domésticos del grano.

La necesidad de EE.UU. por combustibles alternativos y la ausencia de acciones de política económica que fortalezcan la cadena productiva nacional del maíz colocan a México en una situación vulnerable. Ante la dependencia alimentaria de México se espera que cambios exógenos internacionales impacten las variables del mercado nacional. La tendencia de la producción y el consumo, y las políticas aplicadas en el comercio mundial tendrán efectos significativos en México.

Debido a la importancia del maíz para la sociedad mexicana el objetivo de este estudio fue determinar la vulnerabilidad del mercado nacional ante cambios exógenos internacionales, así como analizar la forma en que podría reducirse la dependencia alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para analizar los efectos que cambios exógenos externos pudieran tener en el mercado nacional de maíz se construyó una estructura Armington, la cual considera la diferenciación de mercancías como bienes (sorgo y maíz), y de productos de acuerdo con su origen (maíz mexicano *vs.* maíz estadounidense). Los modelos Armington se usan para el análisis del comercio internacional entre países (Xu, 2002; Gallaway *et al.*, 2003; Saito, 2004).

La selección de un modelo Armington para determinar la vulnerabilidad del mercado nacional de maíz ante cambios exógenos internacionales se basa en que: 1) permite la desagregación de los productos de acuerdo con su origen, y analizar los impactos de políticas sobre las corrientes comerciales internacionales (importaciones y exportaciones); 2) permite considerar todos los países productores y consumidores del mercado mundial, y regionalizar el mundo de acuerdo con los objetivos que se pretenden alcanzar con el modelo, en este caso se consideró a México y los EE.UU. separadamente por la relevancia de estos países en los objetivos de la investigación; 3) la información requerida por el modelo, como elasticidades, cantidades, etc., se pueden obtener de fuentes secundarias; 4) la información necesaria para obtener la solución del modelo es sensiblemente menor que en otros modelos, por ejemplo, los modelos de equilibrio espacial necesitan una gran cantidad de información mundial lo cual complica obtener un modelo base.

that international exogenous changes impact the domestic market variables. The trend of production and consumption, and policies applied in world trade will have significant effects on México.

Due to the importance of corn to Mexican society the objective of this study was to determine the vulnerability of the domestic market before international exogenous changes, as well as analyze how they could reduce food dependence.

MATERIALS AND METHODS

To analyze the effects that external exogenous changes could have on the domestic corn market an Armington structure was built, which considers the differentiation of commodities as goods (sorghum and corn), and products according to origin (Mexican corn *vs.* U.S. corn). Armington models are used for the analysis of international trade between countries (Xu, 2002; Gallaway *et al.*, 2003; Saito, 2004).

The selection of an Armington model to determine the domestic corn market's vulnerability facing international exogenous changes is based on: 1) it allows the disaggregation of products according to their origin, and to analyze the impacts of policies on international trade flows (imports and exports), 2) it allows to consider all the producing and consuming countries of the global market, and regionalize the world in accordance with the objectives to be achieved with the model, in this case, México and the U.S. were considered separately by the relevance of these countries in the objectives of the investigation; 3) the information required by the model, such as elasticities, quantities, etc. can be obtained from secondary sources; 4) information necessary for the solution of the model is significantly lower than in other models, for example, spatial equilibrium models require a large amount of world information which makes it difficult to obtain a base model.

The characteristics of Armington models can be summarized as follows: 1) they estimate the effects of changes in economic and policy variables after a full adjustment but they do not give the path of adjustment over time, this means they are static and not dynamic; 2) they consider the spatial dimension and provide information on flows of commodities among countries, that is, importers distinguish goods by their origin; 3) they are multi-product and multi-region, that is, all products and regions that the analysis requires can be considered; 4) they examine the relationships within a sector (agriculture, for example) and do not examine the relationship between sectors (agriculture *vs.* industry) which means they are partial equilibrium models as the factor prices and other conditions of general equilibrium are assumed fixed in the model; 5) the parameters of an Armington

Las características de los modelos Armington se pueden resumir así: 1) calculan los efectos de cambios en variables económicas y de política después de un ajuste completo pero no dan la ruta de ajuste en el tiempo, esto significa que son estáticos y no dinámicos; 2) consideran la dimensión espacial y proporcionan información sobre los flujos de mercancías entre países, es decir, los importadores distinguen las mercancías por su origen; 3) son multi-producto y multi-región, o sea, se pueden considerar todos los productos y regiones que el análisis requiera; 4) examinan las relaciones dentro de un sector (la agricultura, por ejemplo) y no examinan las relaciones entre sectores (agricultura *vs.* industria), lo cual significa que son modelos de equilibrio parcial ya que el precio de los factores y otras condiciones de equilibrio general se asumen fijas en el modelo; 5) los parámetros de un modelo Armington (elasticidades y coeficientes técnicos) no son estimados con la estructura Armington, sino que se obtienen de la literatura o son estimados económicamente; 6) están orientados hacia políticas pues permiten analizar las implicaciones económicas de cambios de política sobre las principales variables de un mercado; 7) pueden ser manejados en hojas de cálculo (Excel).

El marco teórico que sustenta a los modelos Armington se puede explicar de la siguiente manera. La decisión de importar de varios orígenes se puede tratar en dos etapas (Haniotis, 1990). En la primera, la distribución del ingreso en n bienes importados se determina por la maximización de utilidad de los importadores, sujeta a una restricción de ingreso. La demanda de importaciones es de la forma $X_b = X_b(P_1, P_2, \dots, P_n, Y)$, donde X_b y P_b son la cantidad y el índice de precios para el bien b , y Y es el ingreso. En la segunda, el gasto en cada bien (Y_b) se distribuye entre las m regiones productoras. Esta distribución es la solución al problema de minimización de costos al comprar el bien b , con la función de demanda de importaciones de la forma $X_{bi} = X_{bi}(P_{b1}, P_{b2}, \dots, P_{bm}, Y_b)$. Minimizando el costo para obtener el índice de cantidad X_{bk} sujeto a X_b , y considerando las condiciones de primer orden, se obtiene la función de demanda de importación, expresada en forma parcial para el producto importado (X_{ik}) de la región i a la región k (Sarris, 1980; Haniotis, 1990).

$$\frac{X_{ik}}{X_k} = \alpha_{ik}^{\sigma_k} \left(\frac{P_{ik}}{P_k} \right)^{-\sigma_k} \quad (1)$$

donde, α_{ik} es la participación del k -ésimo exportador en el i -ésimo mercado; σ_k es el valor absoluto de la elasticidad de sustitución entre las importaciones de varios orígenes en la región k ; P_{ik} es el precio de X_{ik} ; P_k es el índice de precios para los i productos de X_k en la región k .

model (elasticities and technical coefficients) are not estimated using the Armington structure, but they are obtained from the trade literature or are estimated econometrically; 6) they are policy-oriented as they allow the analysis of the economic implications of policy changes on the main variables of a market; 7) they can be managed in spreadsheets (Excel).

The theoretical framework underlying the Armington model can be explained as follows. The decision to import from multiple sources can be treated in two stages (Haniotis, 1990). In the first, the income distribution in n imported goods is determined by the utility maximization of importers, subject to income restrictions. Import demand is of the form $X_b = X_b(P_1, P_2, \dots, P_n, Y)$, where X_b and P_b are the quantity and the price index for good b , and Y is the income. In the second, the expenditure on each good (Y_b) is distributed among the m producing regions. This distribution is the solution to the cost minimization problem when purchasing the good b , with the demand function of imports as the form $X_{bi} = X_{bi}(P_{b1}, P_{b2}, \dots, P_{bm}, Y_b)$. Cost-minimizing to obtain the quantity index X_{bk} subject to X_b , and considering the conditions of first order, the import demand function is obtained, expressed in part for the imported product (X_{ik}) in the region i to the region k (Sarris, 1980; Haniotis, 1990).

$$\frac{X_{ik}}{X_k} = \alpha_{ik}^{\sigma_k} \left(\frac{P_{ik}}{P_k} \right)^{-\sigma_k} \quad (1)$$

where α_{ik} is the participation of k^{th} exporter in the i^{th} market; σ_k is the absolute value of the elasticity of substitution among the imports from different origins in the region k ; P_{ik} is the price of X_{ik} ; P_k is the price index over the i products of X_k in the region k .

Based on Sarris (1983) and Haniotis (1990), and assuming i producing regions, k consuming regions and m products, the percentage change in the demand D_{ik} is expressed as follows:

$$\tilde{D}_{ik} = \varepsilon_{iik} \tilde{P}_{ik} + \sum_{j=1, j \neq i}^m \varepsilon_{jik} \tilde{P}_{jk} + \theta_k \tilde{Y}_k + \delta_k \tilde{P}_k \quad (2)$$

where the tildes (\sim) denote percentage changes; \tilde{D}_{ik} is the demand for corn in the country k from country i ; ε_{iik} is the elasticity of demand in k , which measures the change in the amount demanded for corn from i with respect to the change in the price in the country i ; \tilde{P}_{ik} is the price to consumer in k of corn from i ; ε_{jik} is the elasticity of demand in k that measures the change in the amount demanded for corn from i with respect to the change in price in country j ; \tilde{P}_{jk} is the price to the consumer in k , of corn from j ; θ_k is the elasticity income of the

Con base en Sarris (1983) y Hanriotis (1990), y suponiendo i regiones productoras, k regiones consumidoras y m productos, el cambio porcentual en la demanda D_{ik} se expresa así:

$$\tilde{D}_{ik} = \varepsilon_{iik} \tilde{P}_{ik} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \varepsilon_{jik} \tilde{P}_{jk} + \theta_k \tilde{Y}_k + \delta_k \tilde{P}_k \quad (2)$$

donde, las tildes (\sim) denotan cambios porcentuales; \tilde{D}_{ik} es la demanda del maíz del país k proveniente del país i ; ε_{iik} es la elasticidad de demanda en k , que mide el cambio en la cantidad demandada por maíz proveniente de i ante un cambio en el precio en el país i ; \tilde{P}_{ik} es el precio al consumidor en k del maíz proveniente de i ; ε_{jik} es la elasticidad de demanda en k que mide el cambio en la cantidad demandada por maíz proveniente de i respecto al cambio en el precio en el país j ; \tilde{P}_{jk} es el precio al consumidor en k , del maíz proveniente de j ; θ_k es la elasticidad ingreso de la demanda del maíz en k ; \tilde{Y}_k es el ingreso en k ; δ_k es la elasticidad precio del petróleo con respecto a la demanda de maíz para producir etanol; \tilde{P}_k es el precio del petróleo en k .

Con base en Alston y Scobbie (1987) y Hanriotis (1990), las elasticidades ε_{iik} y ε_{jik} se calculan así:

$$\varepsilon_{iik} = -(1 - S_{ik})\sigma_k + S_{ik}\varepsilon_k \quad (3a)$$

$$\varepsilon_{jik} = S_{jk}(\sigma_k + \varepsilon_k) \quad (3b)$$

donde, S_{ik} es la participación del valor del consumo proveniente de i en el valor del consumo total de k ; σ_k es el valor absoluto de la elasticidad de sustitución entre las importaciones de maíz de diferentes orígenes en k ; ε_k es la elasticidad precio de la demanda del producto en k .

La ecuación (2) representa la demanda e indica que el consumo de k está en función del ingreso de k , del precio al consumidor del maíz en i , del precio al consumidor del maíz importado del país j ($i \neq j$), y del precio del petróleo de k .

De acuerdo con Sarris (1983), la ecuación (4) representa la oferta y establece que la producción está en función del precio que reciben los productores en el país i :

$$\tilde{X}_i = \beta_i \tilde{p}_i + \varnothing_i \Delta_t \quad (4)$$

donde, \tilde{X}_i es la cantidad ofrecida de maíz; β_i es la elasticidad precio de la oferta en i ; \tilde{p}_i es el precio al productor del maíz en i ; \varnothing_i es una tendencia constante; Δ_t es un cambio externo en la oferta.

demand of corn in k ; \tilde{Y}_k is the income in k ; δ_k is the elasticity oil price with respect to the demand for corn to produce ethanol; \tilde{P}_k is the oil price in k .

Based on Alston and Scobbie (1987) and Hanriotis (1990), the elasticities ε_{iik} and ε_{jik} are calculated as follows:

$$\varepsilon_{iik} = -(1 - S_{ik})\sigma_k + S_{ik}\varepsilon_k \quad (3a)$$

$$\varepsilon_{jik} = S_{jk}(\sigma_k + \varepsilon_k) \quad (3b)$$

where, S_{ik} is the participation of the value of consumption from i in the value of total consumption of k ; σ_k is the absolute value of the elasticity of substitution between corn imports of different origins in k ; ε_k is the elasticity price of the demand of the product in k .

Equation (2) represents the demand and indicates that the consumption of k is in function of the income of k , of the price to the consumer of corn in i , of the price to the consumer of corn imported from country j ($i \neq j$), and of the oil price of k .

According to Sarris (1983), equation (4) represents the supply and states that production is based on the price received by producers in country i :

$$\tilde{X}_i = \beta_i \tilde{p}_i + \varnothing_i \Delta_t \quad (4)$$

where \tilde{X}_i is the amount supplied of corn; β_i is the elasticity price of the supply in i ; \tilde{p}_i is the price to the corn producer in i ; \varnothing_i is a continuing trend; Δ_t is an external change in supply.

Prices to the consumer are chained to prices to the producer through equation (5), in which the external changes are introduced by variable $\tilde{\tau}_{ik}$.

$$\tilde{P}_{ik} = E_{ik} \tilde{p}_i r_{ik} + \tilde{\tau}_{ik} \quad (5)$$

where E_{ik} is the elasticity of transmission of prices that measures the change in the price in k with respect to changes in the price in i ; r_{ik} is the exchange rate between the countries i and k ; $\tilde{\tau}_{ik}$ is the exogenous change established by k to imports from i .

The elasticity of price transmission is equal to one under the classical model of free trade with zero transport costs, and where the domestic and foreign prices are the same. With costs of transport different from zero there shall be an elasticity of prices transmission lower than one (Bredahl *et al.*, 1979).

Los precios al consumidor son encadenados a los precios al productor mediante la ecuación (5), en la que se introducen los cambios externos mediante la variable $\tilde{\tau}_{ik}$.

$$\tilde{P}_{ik} = E_{ik} \tilde{p}_i r_{ik} + \tilde{\tau}_{ik} \quad (5)$$

donde, E_{ik} es la elasticidad de transmisión de precios que mide el cambio en el precio en k respecto a cambios en el precio en i ; r_{ik} es la tasa de cambio entre los países i y k ; $\tilde{\tau}_{ik}$ es el cambio exógeno establecido por k a importaciones provenientes de i .

La elasticidad de transmisión de precios es igual a uno bajo el modelo clásico de libre comercio con cero costos de transporte, y donde los precios internos y externos son iguales. Con costos de transporte diferentes de cero se tendrá una elasticidad de transmisión de precios menor a uno (Bredahl *et al.*, 1979).

El modelo se cierra a través de la ecuación (6) que indica que la oferta del país i es igual a las exportaciones realizadas por i a los destinos k , esto es:

$$\tilde{X}_i = \sum_{k=1}^m H_{ik} \tilde{D}_{ik} \quad (6)$$

donde, H_{ik} es la participación de las exportaciones enviadas al país k en la oferta total del país i .

Si todas las regiones exportaran e importaran el bien, las ecuaciones constituirán un sistema de $2m^2 + 2m$ ecuaciones simultáneas, donde \tilde{D}_{ik} , \tilde{X}_i , \tilde{P}_{ik} y \tilde{P}_i , son las variables endógenas y \tilde{Y}_k , $\tilde{\tau}_{ik}$, $\tilde{\varnothing}_i$ y \tilde{P}_k las variables exógenas. El sistema permite determinar cambios en porcentaje en las variables endógenas ante cambios en porcentaje en las variables exógenas.

El modelo se expresa en forma matricial así:

$$AY = BX \quad (7)$$

donde, Y representa el vector solución para las variables endógenas; A y B son las matrices de parámetros asociados a las variables endógenas y exógenas; X es el vector de variables exógenas. La solución del vector Y se obtiene así:

$$Y = A^{-1}BX \quad (8)$$

Para definir regiones productoras y consumidoras se consideró lo siguiente: 1) países excedentarios con exportaciones de maíz y producción de biocombustibles; 2) países deficitarios que realizan importaciones; 3) países que abastecen su demanda con producción interna sin excedentes de exportación. El mundo fue dividido en ocho regiones: 1) EE.UU.; 2) México; 3) Argentina y Brasil; 4) China; 5) el sudeste asiático (Japón,

The model is closed through the equation (6) which indicates that the supply of the country i is equal to exports realized by i to the destinations k , this is:

$$\tilde{X}_i = \sum_{k=1}^m H_{ik} \tilde{D}_{ik} \quad (6)$$

where H_{ik} is the participation of the exports sent to the country k in the total supply of the country i .

If all the regions export and import the good, the equations would compose a system of $2m^2 + 2m$ simultaneous equations, where \tilde{D}_{ik} , \tilde{X}_i , \tilde{P}_{ik} and \tilde{P}_i , are the endogenous variables and \tilde{Y}_k , $\tilde{\tau}_{ik}$, $\tilde{\varnothing}_i$ and \tilde{P}_k the exogenous variables. The system allows determining changes in percentages in the endogenous variables due to changes in percentages in the exogenous variables.

The model is expressed in matrix form as follows:

$$AY = BX \quad (7)$$

where Y is the solution vector for the endogenous variables; A and B are the matrices of parameters associated with the endogenous and exogenous variables; X is the vector of exogenous variables. The solution of the vector Y is obtained as follows:

$$Y = A^{-1}BX \quad (8)$$

To define producing and consuming regions the following was considered: 1) countries with exports of surplus corn and biofuel production; 2) deficit countries that import; 3) countries that supply their demand with domestic production without export surpluses. The world was divided into eight regions: 1) The U.S. 2) México, 3) Argentina and Brazil, 4) China, 5) Southeast Asia (Japan, Korea and Taiwan), 6) European Union (EU); 7) the rest of Asia, Oceania and Africa; 8) rest of America.

The following scenarios were made: 1) reduction of the corn harvested area in the U.S. in 10 and 20 %; 2) increase in oil prices in 10 and 20 %; 3) application of an ad valorem tariff of 25 and 50 % imposed by México on imports from the U.S.; 4) increase in the yields of corn in México in 15 and 30 %. The first two scenarios attempt to measure the vulnerability of the domestic market before international exogenous changes that increase the international price; this increase may come from a contraction in supply or an increase in demand. The first scenario considers a contraction in supply by the decrease in the corn harvested area in the U.S., the main producer of corn. The second scenario analyzes how the price of corn is increased in the domestic market as a result of an increase in the global demand via an increase in oil price. Increases in oil price induce a higher consumption of ethanol (substitute product) and, consequently,

Corea y Taiwán); 6) Unión Europea (UE); 7) resto de Asia, Oceanía y África; 8) resto de América.

Los escenarios fueron los siguientes: 1) reducción de la superficie cosechada de maíz en los EE.UU. en 10 y 20 %; 2) aumento en los precios del petróleo en 10 y 20 %; 3) aplicación de un arancel *ad valorem* de 25 y 50 %, impuesto por México a las importaciones provenientes de EE.UU.; 4) aumento de los rendimientos de maíz en México en 15 y 30 %. Los dos primeros escenarios tratan de medir la vulnerabilidad del mercado doméstico ante cambios exógenos internacionales que aumenten el precio internacional; dicho incremento puede venir de una contracción en la oferta o por un aumento en la demanda. El primer escenario considera una contracción en la oferta por la disminución en la superficie en los EE.UU., principal productor de maíz. El segundo escenario analiza cómo aumenta el precio del maíz en el mercado doméstico debido a un aumento en la demanda mundial vía aumento en el precio del petróleo. Aumentos en el precio del petróleo inducen un mayor consumo de etanol (producto sustituto) y, en consecuencia, aumenta la demanda de maíz para producir etanol. Los escenarios tres y cuatro analizan algunos mecanismos que se podrían implementar para reducir la soberanía alimentaria y, en consecuencia, la vulnerabilidad del mercado doméstico ante cambios exógenos internacionales.

Para mayor representatividad la información usada se refiere al promedio del 2004, 2005 y 2006 (año promedio 2004-2006). Los datos por país provinieron de las siguientes fuentes: la producción de maíz se obtuvo de FAO (2009); y las exportaciones e importaciones, por país de origen y destino, de ITC (2008). Sumando la producción, más las importaciones, menos las exportaciones se obtuvo el consumo aparente.

Para México, las elasticidades precio de la oferta y demanda se obtuvieron en su mayoría del FAPRI (2009). Para EE.UU. y resto de América se obtuvieron de Sullivan *et al.* (1989). Con base en Hanriotis (1990) y usando datos de 1990 a 2005, la elasticidad de sustitución constante para México se estimó aplicando un modelo igual al expresado en (1). La información provino del SNIIM (2003), Tlapa-Rangel (2005)^[3], y de USDA (2008). Se consideró una variable dummy para captar el TLCAN. Con un R^2 de 0.81, la estimación indica una elasticidad de sustitución de 1.96.

Las elasticidades de sustitución de la UE, resto de América y resto de Asia, África y Oceanía se obtuvieron de Hanriotis (1990); las elasticidades de EE.UU., China, Argentina y Brasil, y Sudeste Asiático fueron tomadas de Liapis *et al.* (1992). Con datos de 1990 a 2005 se realizó una regresión del precio al mayoreo del

the corn demand to produce ethanol increases. Scenarios three and four discuss some mechanisms that could be implemented to reduce food sovereignty and, consequently, the vulnerability of the domestic market before international exogenous changes.

For greater representativeness the information used refers to the average in 2004, 2005 and 2006 (average year 2004-2006). Data by country came from the following sources: production of corn was obtained from FAO (2009); and exports and imports, by country of origin and destination, of ITC (2008). Adding the production, plus imports, minus exports the apparent consumption was obtained.

For México, the price elasticities of supply and demand were obtained mostly from FAPRI (2009). For the U.S. and rest of America, they were obtained from Sullivan *et al.* (1989). Based on Hanriotis (1990) and using data from 1990 to 2005, the constant elasticity of substitution (CES) for México was estimated applying a model equal to that expressed in (1). Information came from the SNIIM (2003), Tlapa-Rangel (2005)^[3], and from USDA (2008). It was considered a dummy variable to attract the NAFTA. With a R^2 of 0.81, the estimation indicates an elasticity of substitution of 1.96.

The elasticities of substitution of the EU, rest of America and the rest of Asia, Africa and Oceania were obtained from Hanriotis (1990), the elasticities of U.S., China, Argentina and Brazil, and Southeast Asia were taken from Liapis *et al.* (1992). With data from 1990 to 2005 a regression of the wholesale price of Mexican corn was carried out, as a function of the international price, resulting in an elasticity of transition of prices of 0.7. For the other regions an elasticity of 1 was assumed. The participations S_{ik} and H_{ik} were calculated with data from the ITC (2008) and FAO (2009).

To measure the effect of changes in oil prices on global and domestic markets for corn, a model was estimated where the demand for corn to produce ethanol was the dependent variable, and oil prices and ethanol the independent variables. The consumption of corn for ethanol production came from the USDA (2006) and FAPRI (2009), oil prices were obtained from USDE (2009), and the price of ethanol from the Nebraska Energy Office (NEO, 2009). With an R^2 of 0.89, the coefficient estimated indicates an elasticity oil price of the corn demand of 2.77.

RESULTS AND DISCUSSION

According to data from the FAO (2009) and ITC (2008), in 2004-2006 the world corn production,

³ Tlapa-Rangel, C. C. 2005. El mercado de sorgo en México, 1977-2003. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, 101 p.

maíz mexicano en función del precio internacional, resultando una elasticidad de transición de precios de 0.7. Para las otras regiones se supuso una elasticidad de 1. Las participaciones S_{ik} y H_{ik} se calcularon con datos del ITC (2008) y FAO (2009).

Para medir el efecto de cambios en el precio del petróleo en los mercados mundial y nacional de maíz, se estimó un modelo donde la demanda de maíz para producir etanol fue la variable dependiente, y los precios del petróleo y etanol las variables independientes. El consumo de maíz para producir etanol provino del USDA (2006) y de FAPRI (2009), los precios del petróleo se obtuvieron del USDE (2009), y el precio de etanol de la Oficina de Energía de Nebraska (NEO, 2009). Con una R^2 de 0.89, el coeficiente estimado indica una elasticidad precio del petróleo de la demanda de maíz de 2.77.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con datos de la FAO (2009) y del ITC (2008), en 2004-2006 la producción mundial de maíz, igual al consumo, fue 677 millones t; EE.UU. aportó 41 %, China 21 %, resto de Asia y África 13 %, Argentina y Brasil 9 %, UE 9 %, México 3 %, y resto de América 3 %. EE.UU. fue el principal consumidor mundial (35 %), seguido de China (20 %), resto de Asia y África (15.5 %), UE (9.4 %), Argentina y Brasil (7 %), sudeste asiático (4 %), resto de América (4.2 %) y México (4 %).

En el mismo periodo la cantidad comercializada mundial de maíz fue 65 millones t; EE.UU. concentró 68 % de las exportaciones mundiales, seguido de Argentina y Brasil con 28 %. El principal importador fue el sudeste asiático con 43 % de las importaciones totales. Durante 2004/2006 las importaciones promedio de México provenientes de EE.UU. fueron 6.4 millones t, lo que indica que el mercado nacional es vulnerable al comportamiento del mercado internacional. Cambios en la oferta y la demanda mundiales del maíz tienen efecto en todo el mundo, y particularmente en México. Aunque el modelo determina los efectos en todas las regiones, en el Cuadro 1 sólo se presentan los efectos sobre el mercado nacional.

Una disminución en la oferta mundial de maíz derivada de una reducción de 10 % en la superficie cosechada en EE.UU. tiene efectos negativos para México. La contracción de la oferta aumentaría los precios en EE.UU. y en el resto del mundo. En México, la contracción de la oferta de EE.UU. elevaría el precio del maíz importado de EE.UU. en 8.7 %, en

equal to consumption, was 677 million t; USA contributed 41 %, China 21 %, rest of Asia and Africa 13 %, Argentina and Brazil 9 %, EU 9 %, México 3 %, and the rest of America 3 %. The U.S. was the world's largest consumer (35 %), followed by China (20 %), rest of Asia and Africa (15.5 %), EU (9.4 %), Argentina and Brazil (7 %), Southeast Asia (4 %), rest of America (4.2 %) and Mexico (4 %).

In the same period the world corn traded quantity was 65 million t; the U.S. concentrated 68 % of world exports, followed by Argentina and Brazil with 28 %. The main importer was Southeast Asia with 43 % of total imports. During 2004/2006 the average imports of México from the U.S. were 6.4 million t, which indicates that the domestic market is vulnerable to international market performance. Changes in the world corn supply and demand have effect throughout the world, and particularly in México. Although the model determines the effects in all regions, Table 1 only shows the effects on the domestic market.

A decrease in the global supply of corn derived from a 10 % reduction in the harvested corn area in the United States has negative effects for México. The contraction of the supply would increase the prices in the U.S. and the rest of the world. In México, the contraction of the supply of the U.S. would raise the price of imported U.S. corn by 8.7 % compared to that observed in 2004/2006; by the increase of the price, imports would decrease 7.5 %, equivalent to 486 thousand t. Similar effects of greater magnitude would be observed at a 20 % decrease in the crop area/surface (Table 1).

Changes in the international price and quantity imported would affect México's foreign exchange spent to buy imported maize. Before the change in the harvested area in the U.S. the value of imports amounted to \$9683 million and after the change would be \$9734 million, indicating an increase of \$51 million pesos.

Similar effects would be observed before changes in the corn demand in the USA. A 10 % increase in the oil price would increase the corn demand to produce ethanol increasing the grain prices in the United States, and the rest of the world. The increase of the U.S. demand would raise the price of corn imported by México in 20.4 % compared to the 2004/2006 level, reducing the imports in 17.6 % (1134 thousand t).

Cuadro 1. Efectos de cambios exógenos internacionales sobre el mercado nacional de maíz. Cifras en miles de t y pesos t⁻¹.
Table 1. Effects of international exogenous changes on the corn domestic market. Thousands of t and pesos t⁻¹.

Variable	Datos en 2004/2006		Cambio		
	Miles t y pesos t ⁻¹	%	Miles t y pesos t ⁻¹	%	Miles t y pesos t ⁻¹
Contracción en la superficie de EE.UU. en:					
			10 %		20 %
Demanda de México por maíz de EE.UU.	6447	-7.5	-486	-15.1	-972
Demanda de México por maíz nacional	21 219	1.3	282	2.7	564
Oferta de maíz en México	21 300	1.3	283	2.7	565
Demanda mundial de maíz	677 468	1.3	-8756	2.6	-17 512
Oferta mundial de maíz	677 468	1.3	-8756	2.6	-17 512
Precio de maíz importado de EE.UU.	1502	8.7	131	17.5	262
Precio al consumidor de maíz producido en México	2392	4.2	101	8.4	202
Precio al productor de maíz en México	1756	6.0	106	12.1	212
Aumento en el precio del petróleo en:					
			10 %		20 %
Demanda de México por maíz de EE.UU.	6447	-17.6	-1134	-35.2	-2268
Demanda de México por maíz nacional	21 219	3.1	657	6.2	1315
Oferta de maíz en México	21 300	3.1	660	6.2	1320
Demanda mundial de maíz	677 468	6.7	45 703	13.5	91 406
Oferta mundial de maíz	677 468	6.7	45 703	13.5	91 406
Precio de maíz importado de EE.UU.	1502	20.4	306	40.8	612
Precio al consumidor de maíz producido en México	2392	9.9	236	19.7	472
Precio al productor de maíz en México	1756	14.1	247	28.2	495

relación al observado en 2004/2006; por el aumento en el precio, las importaciones disminuirían en 7.5 %, equivalente a 486 mil t. Efectos similares de mayor magnitud se observarían ante una disminución de 20 % en la superficie (Cuadro 1).

Los cambios en el precio internacional y cantidad importada afectarían las divisas gastadas por México para comprar maíz importado. Antes del cambio en la superficie en EE.UU. el valor de las importaciones ascendía a \$9683 millones de pesos y después del cambio sería \$9734 millones de pesos, lo que indica un aumento de \$51 millones de pesos.

Efectos similares se observarían ante cambios en la demanda de maíz en EE.UU. Un aumento de 10 % en el precio del petróleo incrementaría la demanda de maíz para producir etanol incrementando los precios del grano en EE.UU. y el resto del mundo. El aumento de la demanda estadounidense elevaría el precio del maíz importado por México en 20.4 %, en relación al nivel de 2004/2006, bajando las importaciones en 17.6 % (1134 mil t).

The amount of foreign exchange spent to buy imports by the price increase would be \$9606 million pesos, and the volume of imports would be lower than 17.6 %. Similar effects of greater magnitude would be presented by 20 % increase in oil prices (Table 1).

The above scenarios indicate that the domestic corn market is vulnerable to international exogenous changes and a measure that México could take to avoid the negative effects would be to implement an ad valorem tariff. It is noteworthy that the current scenario characterized by free trade and the gradual withdrawal of government from the agriculture/livestock markets prevent recommend the establishment of the tariff as a means to achieve food self-sufficiency. However, the current scenario could change in near future, hence the importance of quantifying how the domestic corn market would react before different established tariff rates.

The application of a 25 % tariff by México on imports from the U.S. would raise the import price

El monto de divisas gastadas para comprar las importaciones por el incremento del precio sería \$9606 millones de pesos, y el volumen importado sería menor en 17.6 %. Efectos similares de mayor magnitud se presentarían por un incremento de 20 % en los precios del petróleo (Cuadro 1).

Los escenarios anteriores indican que el mercado nacional de maíz es vulnerable a los cambios exógenos internacionales y una medida que México podría adoptar para evitar los efectos negativos sería implementar un arancel *ad valorem*. Es importante mencionar que el escenario actual caracterizado por el libre comercio y el retiro gradual del Gobierno de los mercados agropecuarios impiden recomendar el establecimiento del arancel como medida para lograr la autosuficiencia alimentaria. Sin embargo, el escenario actual podría cambiar en un futuro, de ahí la importancia de cuantificar cómo reaccionaría el mercado doméstico de maíz ante diferentes tasas arancelarias establecidas.

La aplicación de un arancel de 25 % por México a las importaciones provenientes de EE.UU. elevaría el precio de importación en la misma proporción, en relación al observado en 2004/2006, provocando una reducción de las importaciones en 21.5 %, equivalente a 1386 miles de t. Considerando sólo la reducción de las compras externas, el nuevo valor de las importaciones se reduciría a \$7602 millones de pesos. Las divisas gastadas por importaciones se reducirían en \$2082 millones de pesos. La aplicación del arancel incrementaría la producción y el consumo de maíz nacional en 3.7 y 3.8 % (Cuadro 2).

Efectos similares pero mucho más significativos se observarían ante un incremento del arancel de 50 % a las importaciones provenientes de EE.UU.

El aumento de la productividad sería otro factor que podría mejorar la producción doméstica del maíz, y así disminuir el monto de importaciones provenientes de los EE.UU. Con la finalidad de lograr la autosuficiencia alimentaria, y enfrentar los riesgos de probables aumentos en el precio internacional de maíz, recientemente el Gobierno Federal anunció la implementación del Programa de Modernización Sustentable de Agricultura Tradicional (MASAGRO). El Programa, dirigido por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la SAGARPA está destinado

at the same rate, in relation to that observed in 2004/2006, resulting in a reduction of imports in 21.5 % equivalent to 1386 thousand t. Considering only the reduction of foreign purchases, the new value of imports would be reduced to \$7602 million pesos. The foreign exchange spent on imports would be reduced by \$2082 million pesos. The application of the tariff would increase production and consumption of domestic corn at 3.7 and 3.8 % (Table 2).

Similar effects but much more significant would be observed before an increase of the tariff in 50 % on the imports from the U.S.

The increase of productivity would be another factor that could improve the domestic corn production, and thus, reduce the amount of imports from the United States. In order to achieve food self-sufficiency and face the risks of likely increases in the international price of corn, the Federal Government recently announced the implementation of the Sustainable Modernization of Traditional Agriculture (MASAGRO). The program, led by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) and SAGARPA is intended for small farmers and focuses on improved agronomic practices and the use of improved seed of high performance. Among the objectives of MASAGRO is to increase the corn production in 13.7 million t in rainfed areas, using improved seeds.

The increase in corn yields in México in 15 % would raise the production in 2053 thousand t, causing a reduction of imports in 23.2 %, equivalent to 1493 thousand t. The value of imports, by change in prices and imports would be reduced to \$7401 million pesos. The amount of foreign exchange spent for imports would be reduced by \$2282 million pesos. Added to this, the increase in yields would increase domestic corn consumption by 9.4 % (Table 2).

More significant similar effects would be observed given the increase in yields in 30 %; in this case, imports from the U.S. would decrease in 2987 thousand t (Table 2).

CONCLUSIONS

The application of an Armington model allows concluding that the corn domestic market is vulnerable to the international market since changes

Cuadro 2. Efectos del establecimiento de un arancel y aumento en el rendimiento. Cifras en miles t y pesos t⁻¹.
Table 2. Effects of the establishment of a tariff and increase in yield. Thousands of t and pesos t⁻¹.

Variable	Datos en 2004/2006		Cambio		
	Miles t y pesos t ⁻¹	%	Miles t y pesos t ⁻¹	%	Miles t y pesos t ⁻¹
Aplicación en México de un arancel <i>ad valorem</i> en:					
			25 %		50 %
Demanda de México por maíz de EE.UU.	6447	-21.5	-1386	-43.0	-2772
Demanda de México por maíz nacional	21 219	3.8	817	7.7	1634
Oferta de maíz en México	21 300	3.7	782	7.3	1564
Demanda mundial de maíz	677 468	0.0	-157	0.0	-314
Oferta mundial de maíz	677 468	0.0	-157	0.0	-314
Precio de maíz importado de EE.UU.	1502	24.6	369	49.1	738
Precio al consumidor de maíz producido en México	2392	11.7	280	23.4	559
Precio al productor de maíz en México	1756	16.7	293	33.4	586
Aumento en rendimientos en:					
			15 %		30 %
Demanda de México por maíz de EE.UU.	6447	-23.2	-1493	-46.3	-2987
Demanda de México por maíz nacional	21 219	9.4	2004	18.9	4009
Oferta de maíz en México	21 300	9.6	2053	19.3	4107
Demanda mundial de maíz	677 468	0.1	989	0.3	1977
Oferta mundial de maíz	677 468	0.1	989	0.3	1977
Precio de maíz importado de EE.UU.	1502	-0.5	-8	-1.0	-15
Precio al consumidor de maíz producido en México	2392	-17.1	-409	-34.1	-816
Precio al productor de maíz en México	1756	-24.4	-428	-48.7	-855

a pequeños agricultores y se concentra en prácticas agronómicas mejoradas y el uso de semilla mejorada de alto rendimiento. Entre los objetivos de MASAGRO se encuentra aumentar la producción de maíz en 13.7 millones t en las áreas de temporal, usando semillas mejoradas.

El aumento en los rendimientos de maíz en México en 15 % elevaría la producción en 2053 miles t, provocando una reducción de las importaciones en 23.2 %, equivalente a 1493 miles t. El valor de las importaciones, por cambio en los precios e importaciones, se reduciría a \$7401 millones de pesos. El monto de las divisas gastadas por concepto de importaciones se reduciría en \$2282 millones de pesos. Aunado a lo anterior, el aumento de los rendimientos incrementaría el consumo de maíz nacional en 9.4 % (Cuadro 2).

Efectos similares más significativos se observarían ante el incremento en los rendimientos en 30 % y en este caso las importaciones provenientes de los EE.UU. disminuirían en 2987 miles de t (Cuadro 2).

in the world supply and demand raise the price and value of imports.

Policies to improve the level of yield of corn in México would be beneficial to the domestic market for they would allow decrease the value of imports. The application of national policies aimed at achieving competitiveness in the production of corn in the current economic scenario, characterized by free trade is essential to counteract the negative effects that international exogenous changes in the future may have on grain prices.

—End of the English version—



CONCLUSIONES

La aplicación de un modelo Armington permite concluir que el mercado nacional de maíz es vulnerable al mercado internacional, pues cambios en la

oferta y la demanda mundiales aumentan el precio y el valor de las importaciones.

Políticas encaminadas a mejorar el nivel de rendimiento de maíz en México serían benéficas para el mercado nacional pues permitirían disminuir el valor de las importaciones. La aplicación de políticas nacionales encaminadas a lograr la competitividad de la producción de maíz en el escenario económico actual, caracterizado por el libre comercio, es indispensable para contrarrestar los efectos negativos que cambios exógenos internacionales pudieran tener en el futuro sobre los precios del grano.

LITERATURA CITADA

- Alston, J. M., and G. M. Scobie. 1987. A differentiated goods model of the effects of European policies in international poultry markets. *S. J. Agr. Econ.* 19(01): 59-68.
- Bredahl, M. E., W. H. Meyers, and K. J. Collins. 1979. The elasticity of foreign demand for U. S. agricultural products: the importance of the price transmission elasticity. *Amer. J. Agr. Econ.* 61(1): 58-63.
- Chauvet S., M., y R. L. González A. 2009. Alimentos, biocombustibles y desigualdad social en México. <http://www.observatorylatinamerica.org/pdf/articulos/Chauvetesp.pdf>. (Consultado: agosto, 2009).
- Conde, C., R. M. Ferrer, y D. Liverman. 2000. Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES-MAIZE. *In: Gay-García, C. (comp). México: una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México.* México, D. F. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. pp: 93-110.
- FAO (Food Agriculture Organization). 2009. Statistical databases. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es> (Consultado: junio, 2009).
- FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute). 2009. Elasticity database. <http://www.fapri.iastate.edu/tools/elasticity.asp> (Consultado: octubre, 2009).
- Galloway, M. P., C. A. McDaniel, and S. A. Rivera. 2003. Short-run and long-run industry level estimates of U.S. Armington elasticities. *The North Am. J. Ec. and Finance* 14(2003): 49-68.
- Haniotis, T. 1990. European Community enlargement: Impact on U.S. corn and soybean. *Amer. J. Agr. Ec.* 72(2): 289-297.
- ITC (International Trade Centre). 2008. TRADE MAP, Trade statistics for International business development. Estadísticas de exportación e importación. <http://dataweb.usitc.gov/scripts/REPORT.asp> (Consultado: junio, 2008).
- Liapis, P. S., B. Krissoff, and L. Neff. 1992. Modeling preferential trading arrangements for the agricultural sector. A US-Mexico example. USDA-ERS. Washington, DC. 49 p.
- NEO (Nebraska Energy Office). 2009. Ethanol and unleaded gasoline average rack prices. <http://www.neo.ne.gov/statshtml/66.html> (Consultado: marzo, 2009).
- Saito, M. 2004. Armington elasticities in intermediate inputs trade: a problem in using multilateral trade data. *Can. J. Ec.* 37(4): 1097-1117.
- Sarris, A. H. 1980. Geographical Substitution Possibilities in the European Community's Imports of Fruit and Vegetable Products in View of the Next Enlargement. Giannini Foundation Work. Paper No. 111, University of California, Berkeley. 31 p.
- Sarris, A. H. 1983. European Community enlargement and world trade in fruits and vegetables. *Amer. J. Agr. Ec.* 65(2): 235-246.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. <http://www.campomexicano.gob.mx/portalsiap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf> (Consultado: septiembre, 2009).
- SNIIIM (Sistema Nacional de Información en Integración de Mercados). 2003. Precios al mayoreo de maíz 1977-2003. México, D. F.
- Sullivan J., J. Wainio, and V. Roningen. 1989. A database for trade liberalization studies. USDA-ERS. Washington, DC. 152 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2006. Production, supply & distribution, electronic database. <http://www.fas.usda.gov/> (Consultado: septiembre, 2009).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2008. Foreign Agricultural Service. <http://www.fas.usda.gov/data.asp> (Consultado: diciembre, 2008).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2011. Agricultural projections to 2020. http://www.usda.gov/oce/commodity/archive_projections/USDA_Agricultural_Projections2020.pdf (Consultado: junio, 2011).
- USDE (United States Department of Energy). 2009. Energy information administration, petroleum navigator. http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri-wco_k_w.htm (Consultado: octubre, 2009).