

## Modelo de equilibrio espacial para determinar costos de transporte en la distribución de durazno en México\*

### Spatial equilibrium model to determine transportation costs in the distribution of peach in Mexico

Jacob Antonio-González<sup>1</sup>, José Alberto García-Salazar<sup>2</sup>, Luis Eduardo Chalita-Tovar<sup>2</sup>, Jaime Arturo Matus-Gardea<sup>2</sup>, Bartolomé Cruz-Galindo<sup>2</sup>, Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>3</sup>, Marcos Portillo Vázquez<sup>4</sup> y Manuel Fortis-Hernández<sup>5,8</sup>

<sup>1</sup>Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. (DGETA-BEDR 122). Nezahualcoyotl Número 110. Palacio Municipal, Colonia Centro. Texcoco, Estado de México. Tel. 5951065738. (jacob\_antonio@yahoo.com), (bedr122\_texcoco@yahoo.com). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel. 58045900, 58045900, Ext. 1829. (jsalazar@colpos.mx; chalita@colpos.mx; matusgar@colpos.mx. <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México, INIFAP, km 18.5 carretera Los Reyes- Lechería, A. P. 10, C. P. 56230 Chapingo, Texcoco, Estado de México. Tel. y Fax. 01 595 9212681, (dsangerman@yahoo.com.mx). <sup>4</sup>Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Económico Administrativas. Carretera los Reyes- Chapingo, Estado de México, km 38.5. Tel. 01 595 9521668. (mportillo49@yahoo.com.mx). <sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27190. Tel. 01 871 7507198. <sup>8</sup>Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com.

## Resumen

En México, el durazno como fruto estacional tiene un rango muy grande en cuanto a precio, además, la poca infraestructura para conservar la fruta en condiciones de refrigeración, su reducida vida útil de anaquel y aunado a las zonas muy localizadas de producción hace que se tengan que recorrer grandes distancias para que el producto llegue a los consumidores. Además, la concentración de la producción en un sólo periodo provoca excesos de oferta, favoreciendo a los consumidores y como consecuencia reduciendo el margen de utilidad de los productores. En este sentido el presente trabajo, desarrollado en el año 2011, plantea la posibilidad de reducir gastos por concepto de transportación si se planea la producción regional considerando calidad y variedad de duraznos que los consumidores regionales esperan. Para ello, se formuló un modelo lineal de distribución que incluye las variables económicas del mercado del durazno, el cual pretende minimizar los costos de transporte de las posibles rutas que se pueden activar cuando se ejecuta el modelo. Se manejan dos escenarios; uno base y uno con un aumento de 20% en la producción. Los resultados indican, que es posible

## Abstract

In Mexico, peach as a seasonal fruit has a very large range in prices, in addition to this, it has poor infrastructure to preserve the fruit in refrigerated conditions, the reduced shelf-life and, coupled with localized areas of production, long distances are needed to be traveled in order for the product to reach the consumer. Furthermore, the concentration of production in one period causes excess supply, favoring the consumers and consequently reducing the profit margin for the producers. In this sense, this paper developed in 2011, raises the possibility of reducing expenses for transportation by planning the regional production, considering quality and variety of peaches that consumers expect. In order to do this, we formulated a linear model of distribution that includes economic variables of the peach-market, aiming to minimize transportation costs of the possible routes that can be activated when running the model. Using two scenarios; a basic one and the other with 20% increase in production. The results indicate that it is possible to determine optimal routes at the lowest costs, just as it is possible to find

\* Recibido: agosto de 2011  
Aceptado: mayo de 2012

determinar las rutas óptimas al menor costo posible, de igual manera, es posible encontrar la mejor forma de distribución del durazno en el país. Con un aumento en la producción de durazno de 20% se reducen los costos de transporte y se tiene una mejor distribución.

**Palabras clave:** *Prunus persica* L., comercio internacional, programación lineal.

## Introducción

El cultivo de durazno representa una importancia en la economía agrícola de muchos países; la producción mundial para 2010 alcanzó aproximadamente 1.3 millones de toneladas y los principales países productores fueron China, Estados Unidos de América, España, Italia y Grecia. Los mayores consumidores de este producto son Estados Unidos de América, Alemania y México (FAO, 2010). Durante la última década el comercio internacional de este producto ha tenido un crecimiento promedio anual de 9%, lo cual representa 636 mil toneladas; los principales países exportadores son: Grecia (50%) y China (12%). La Unión Europea (UE) es el principal importador de estos productos (FAO, 2010). En México, la situación geográfica y el uso de tecnología de producción permiten que el cultivo de durazno se lleve a cabo en la mayoría de las entidades federativas, generalmente en un sólo ciclo de producción tanto en temporal como de riego. Se produce durazno en 23 entidades, pero los principales estados productores son: Michoacán, México, Zacatecas, Morelos y Chihuahua. La producción durante los años 2008 y 2009 fue de 195 225 y 195 778 toneladas, respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2010). Sin embargo, con esta producción aún no se cubre la demanda interna ya que durante la época de producción se genera una sobre oferta regional teniéndose una mala distribución del producto en toda el área nacional.

El durazno como fruto estacional tiene un rango muy grande en cuanto a precio, además, la poca infraestructura para conservar la fruta en condiciones de refrigeración, su margen reducida de vida útil de anaquel, aunado a las zonas muy localizadas de producción hace que se tengan que recorrer grandes distancias para que el producto llegue a los consumidores. Por otra parte, la concentración de la producción en un sólo periodo provoca excesos de oferta favoreciendo a los consumidores, como consecuencia se

the best way to distribute peach in the country. With an increase in the peach production of 20%, reducing the costs of transport and has a better distribution.

**Key words:** *Prunus persica* L., international trade, linear programming.

## Introduction

The peach crop is important in the agricultural economy of many countries, world production in 2010 reached approximately 1.3 million tons and the main producing countries were China, USA, Spain, Italy and Greece. The biggest consumers of this product are USA, Germany and Mexico (FAO, 2010). During the last decade, the international trade of this product has had an average annual growth of 9%, representing 636 000 tons, the main exporting countries are: Greece (50%) and China (12%). The European Union (EU) is the main importer of these products (FAO, 2010). In Mexico, the location and use of production technology allows the peach crop to flourish in most of the States, usually in a single cycle of production in both, rainfed and irrigated conditions. This crop is produced in 23 States, but the main producing States are: Michoacán, Mexico, Zacatecas, Morelos and Chihuahua. The production during 2008 and 2009 was: 195 225 and 195 778 tons, respectively (SIAP-SAGARPA, 2010). However, this production does not cover the domestic demand just yet and, during the time of production, it generates a regional oversupply taking a bad product distribution throughout the national territory.

The peach as a seasonal fruit has a very large range in prices, in addition, it has poor infrastructure to keep the fruit under refrigeration, its margin reduced shelf-life, coupled with localized areas of production makes it necessary to travel long distances in order to deliver the product for the consumer. Besides, the concentration of the production in one period excess, favoring the consumers and, because of this reducing the profit margin for the producers. Although, in recent years, it has increased the area planted, it has not been enough to meeting the demand for peaches so, the need for imports (SIAP-SAGARPA, 2010).

The inefficient distribution of peach plantations in the country by the producers increases transportation costs and, reduces the quality and quantity produced. The results

reduce el margen de utilidad a los productores. Aunque en los últimos años la superficie sembrada ha aumentado no ha sido suficiente para satisfacer la demanda de durazno por lo que se ha tenido que recurrir a las importaciones (SIAP-SAGARPA, 2010).

La ineficiente distribución de las plantaciones de durazno en el país realizada por parte de los productores aumenta los costos de transporte y disminuye la calidad y la cantidad producida. Los resultados de esta actividad no planeada son cantidades de producto que difieren de los volúmenes demandados por los consumidores. Se genera por lo tanto, excedentes o déficits de producto que constituye un problema de mercado que tiene que atenderse para ajustar las cantidades a un equilibrio de mercado. Por lo que es posible reducir gastos por concepto de transportación, si se planea la producción regional, considerando calidad y variedad de duraznos que los consumidores regionales esperan utilizando modelos matemáticos que permitan determinar un mecanismo más eficiente de distribución.

Particularmente, se han hecho trabajos en los que se han aplicado modelos de equilibrio espacial para resolver problemas en el área económica; García *et al.* (2005) y Rebollar *et al.* (2006) realizaron un análisis espacial e intertemporal sobre exportaciones de tomate y almacenamiento del sorgo en México; usaron modelos de programación no lineal. Hernández *et al.* (2006), realizaron un estudio sobre los efectos de la liberación comercial del melón entre los países miembros del TLCAN (México, Estados Unidos de América y Canadá) y Centroamérica (Costa Rica, Guatemala y Honduras). Para ello, utilizaron un modelo de equilibrio espacial e intertemporal para maximizar el valor social neto; concluyen que la eliminación total de los aranceles tendría un efecto poco significativo en el intercambio comercial entre estos dos países.

Torres-Sandoval y García-Salazar (2008) utilizaron un modelo de equilibrio espacial para determinar la estructura del frijol en México en relación con el número de productores y consumidores. Compararon los valores observados de precios al consumidor y datos de consumo con los obtenidos mediante la solución de un modelo de equilibrio espacial ajustado con las suposiciones de competencia perfecta, oligopolio y monopolio; con este trabajo se llegaron a la conclusión de que independientemente del tipo de estructura de mercado en que operen los productores buscan maximizar sus ganancias. Guajardo y Ríos (2009) evaluaron el

of this activity are unplanned differing amounts of product's volumes demanded by consumers. It generates therefore surpluses or a deficit of product in the market, a problem that should be performed to adjust the amounts to market equilibrium. So, it is possible to reduce expenses for transportation, if planning the regional production, considering the quality and variety of peaches that the regional consumers expect, using mathematical models to determine a more efficient distribution mechanism.

In particular, there have been works that have been applied for spatial equilibrium models to solve problems in the economic area, García *et al.* (2005) and Rebollar *et al.* (2006) performed a spatial and temporal analysis on tomato exports and storage of sorghum in Mexico, used non-linear programming models. Hernández *et al.* (2006) conducted a study on the effects of trade liberalization melon among NAFTA countries (Mexico, USA and Canada) and Central America (Costa Rica, Guatemala and Honduras). They used a model of spatial and temporal equilibrium to maximize the net social value and, concluded that, the total elimination of tariffs would have an insignificant effect on trade between both countries.

Torres-Sandoval and García-Salazar (2008) used a spatial equilibrium model to determine the structure of beans in Mexico in relation to the number of producers and consumers. They compared the observed values of the consumer price and consumption data with those obtained by solving a spatial equilibrium model adjusted with assumptions of perfect competition, oligopoly and monopoly, with this work; we concluded that regardless of the market structure in which the producers operate, they seek to maximize their profits. Guajardo and Rivers (2009) evaluated the eggplant market from a spatial equilibrium, estimating a model with endogenous prices and simulated scenarios with and without the operation of trade agreements and, the integration of China into the WTO. The results showed that, the operation of these treaties created trade diversion. Recently, Garca (2010) carried out through a study of spatial models of profit maximization for watermelon producers in Mexico, the results concluded that, the producers maximize their profits if planning the production of this vegetable better in time, being latter control policy more effective to supply for such purposes.

In this sense, the objective of this paper was to determine the minimum cost of transport to make policy recommendations to help improve the distribution of peach in Mexico through the construction of a spatial equilibrium model.

mercado de berenjena desde una perspectiva de equilibrio espacial; para ello estimaron un modelo con precios endógenos y simularon escenarios alternativos con y sin la operación de tratados comerciales y la integración de China a la OMC. Los resultados mostraron que la operación de estos tratados crea desviación de comercio. Recientemente García (2010) realizó a través de modelos espaciales un estudio de maximización de ganancias de los productores de sandía en México, los resultados concluyen que los productores maximizarían sus ganancias si realizaran una mejor planeación de la producción de esta hortaliza en el tiempo, siendo ésta última la política de control de la oferta más efectiva para tales fines.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue determinar costos mínimos de transporte para dar recomendaciones de políticas que contribuyan a mejorar la distribución de durazno en México a través de la construcción de un modelo de equilibrio espacial.

## Materiales y métodos

Para alcanzar el objetivo se formuló un modelo lineal de distribución o de transporte que incluye variables económicas del mercado del durazno. El modelo se basó en Takayama y Judge (1971), donde se busca minimizar los costos de transporte de las posibles rutas que se pueden activar en la solución; en este caso dicho modelo permitirá determinar las rutas óptimas al menor costo posible para llevar la cantidad producida de durazno desde las regiones productoras hacia las regiones consumidoras para el caso de México. La función objetivo en el modelo minimiza los costos de transporte y supone que existen varias regiones que comercializan durazno. Además, las regiones productoras están conectadas a las regiones consumidoras nacionales y fronteras de exportaciones en los diferentes meses del año mediante los costos de transporte; tales costos son independientes del volumen, lo cual implica la inexistencia de economías de escala (Maddala y Miller, 1991); los costos de almacenamiento no son considerados en este modelo por ser muy variables en cada localidad.

### Formulación del modelo de minimización de costos de transporte

Modelo:

## Materials and methods

In order to achieve the objective, a linear model of distribution or transportation that includes economic variables of the peach market was formulated. The model was based on Takayama and Judge (1971), which seeks to minimize transportation costs of the possible routes that can be activated in the solution; in this case the model will determine the optimal routes for the lowest possible costs to bring the amount produced from the peach-producing regions to consuming regions. The objective function in the model minimizes transportation costs and assumes that there are several regions for the market. Moreover, the regions are connected to domestic consuming regions and export boundaries in different months of the year by transport costs, such costs are independent of volume, which implies the absence of economies of scale (Maddala and Miller, 1991), storage costs are not considered in this model.

### Model formulation to minimize transportation costs

Model:

$$\begin{aligned} \text{Min}C = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [PA_{ij}] * [QP_{ij}] \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J [PM_{mj}] * [QM_{mj}] \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [CT1_{ij}] * [FC1_{ij}] \\ & + \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J [CT2_{mj}] * [FC2_{mj}] \end{aligned} \quad (1)$$

subject to:

$$\sum_{i=1}^I [FC1_{ij}] + \sum_{m=1}^M [FC2_{mj}] \geq QD_j \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I [FC1_{ij}] \leq QP_i \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^M [FC2_{mj}] \leq QM_m \quad (4)$$

← →

Where:  $PA_{ij}$ = purchase price of peach producing area in the national region;  $QP_{ij}$ = amount produced in  $i$  to be carried to  $j$ ;  $PM_{mj}$ : international price of peaches;  $QM_{mj}$  amount received in  $m$  that will be taken to  $j$ ;  $CT1_{ij}$ = cost of shipping from  $i$  to  $j$ ;  $CT2_{mj}$ = cost transport from  $m$  to  $j$ ;  $FC1_{ij}$ = shipments from  $i$  to  $j$ ;  $FC2_{ij}$ = shipments from  $m$  to  $j$ ;  $QD_j$ = quantity consumed or demanded in  $j$ ;  $QP_i$ = quantity produced or offered in  $i$ ;  $QM_m$ = amount received or imported to  $m$ .

$$\begin{aligned} \text{MinC} = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [PA_{ij}] * [QP_{ij}] \\ & + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J [PM_{mj}] * [QM_{mj}] \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [CT1_{ij}] * [FC1_{ij}] \\ & + \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J [CT2_{mj}] * [FC2_{mj}] \end{aligned} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^I [FC1_{ij}] + \sum_{m=1}^M [FC2_{mj}] \geq Q_{Dj} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I [FC1_{ij}] \leq QP_i \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^M [FC2_{mj}] \leq QM_m \quad (4)$$

← →

Donde:  $PA_{ij}$  = precio de adquisición de durazno en la zona productora nacional;  $QP_{ij}$  = cantidad; producida en  $i$  que será llevada a  $j$ ;  $PM_{mj}$  = precio internacional de durazno;  $QM_{mj}$  = cantidad recibida en  $m$  que será llevada a  $j$ ;  $CT1_{ij}$  = costo de transporte de  $i$  a  $j$ ;  $CT2_{mj}$  = costo de transporte de  $m$  a  $j$ ;  $FC1_{ij}$  = envíos de  $i$  a  $j$ ;  $FC2_{ij}$  = envíos de  $m$  a  $j$ ;  $QD_j$  = cantidad consumida o demandada en  $j$ ;  $QP_i$  = cantidad producida u ofertada en  $i$ ;  $QM_m$  = cantidad recibida o importada en  $m$ .

Suponiendo:

$i = 1, 2, \dots, I = 18$  regiones productoras

$j = 1, 2, \dots, J = 32$  regiones consumidoras

$m = 1, 2, \dots, M = 11$  puertos de entrada de las importaciones.

La ecuación 1) representa la función objetivo la cual minimizara los costos de transporte que se pueden activar, para ello se consideró el precio pagado al productor (regiones productoras); es decir,  $Pa_i$ , por la cantidad producida en las regiones productoras (riego y temporal) ( $i$ ) que será llevada a las regiones consumidoras ( $j$ )  $Qa_{ij}$ , para obtener el ingreso, más la sumatoria del precio internacional del durazno  $PM_{ij}$ , considerando los principales puertos de entrada de México, por la cantidad que entra en dichas fronteras y que será llevada a las zonas consumidoras.

Las restricciones a las que está sujeta la función objetivo (ecuación 2 a la 4) se describen de la siguiente forma: la restricción 2 supone que para cada envío de la región productora ( $i$ ) a la zona consumidora ( $m$ ), más la sumatoria

Assuming:

$i = 1, 2, \dots, I = 18$  producing regions

$j = 1, 2, \dots, J = 32$  consuming regions

$m = 1, 2, \dots, M = 11$  ports of entry of imports.

Equation 1) represents the objective function which minimizes transportation costs that can be activated, for this the price paid to the producer was considered (regions); i.e.,  $Pa_i$ , of the amount produced in the producing regions (irrigation and rainfed) ( $i$ ) to be carried to the consuming regions ( $j$ )  $Qa_{ij}$ , for the income, plus the sum of the international price  $PM_{ij}$ , considering the major ports of entry of Mexico, by the amount that enters the frontier and to be carried to the consuming areas.

The restrictions holding the objective function (equation 2 to 4) are described as follows: the restriction 2 implies that for each shipment from the producing region ( $i$ ) the consumer area ( $m$ ) plus the sum of shipments from major ports of entry ( $m$ ) to the consuming areas ( $j$ ) is greater than or equal to the quantity demanded in the consuming area  $QD_j$ .

The restriction 3, means that the total of shipments of the production zone ( $i$ ) the consumer zone ( $j$ ) is less than or equal to the amount produced in the production area ( $i$ ). Finally, restriction 4 implies that, the total of shipments from major ports of entry ( $m$ ) to the consuming areas ( $j$ ) must be less than or equal to the amount that enters through the ports ( $Q_m$ ).

## Data

Considering that, peach production in some States of the republic and to facilitate the analysis in this paper, we took 18 major peach producing States based on the statistics of SIAP-SAGARPA (2010). The following States were considered as the main producers of peaches from the average from 2006 to 2009 (Table 1).

## Consuming regions

Grouped into 8 regions of major consuming States, all of them were considered in general in order to see the distribution of peach production in Mexico, these regions were: Northeast Region: Baja California (BC), Baja California Sur (BS), Sonora (Son), Sinaloa, Nayarit (NAY) Northern Region: Chihuahua (Chihuahua), Coahuila (Coahuila), Durango (Durango), Zacatecas (Zac), San Luis Potosí (SLP) Northwest Region: Nuevo León (NL), Tamaulipas (Tamp) Western Region: Jalisco

de los envíos de los principales puertos de entrada de México (m) a las zonas consumidoras (j) es mayor o igual a la cantidad demandada en la zona consumidora  $QD_j$ .

La restricción 3, supone que la sumatoria de los envíos de la zona productora (i) a la zona consumidora (j) es menor o iguales a la cantidad producida zona productora (i). Por último, la restricción 4 supone que la sumatoria de los envíos de los puertos de entrada principales de México (m) a las zonas consumidoras (j) debe ser menor o igual a la cantidad que entra por los puertos ( $Q_m$ ).

### Datos

Dada la producción de durazno en algunos estados de la república y para facilitar el análisis en el presente trabajo, se consideraron los 18 principales estados productores de durazno basados en las estadísticas del SIAP-SAGARPA (2010). Los siguientes estados fueron considerados como los principales productores de durazno del promedio de los años 2006 a 2009 (Cuadro 1).

#### Cuadro 1. Principales estados productores de durazno ( $t\ ha^{-1}$ ), periodo 2006-2009.

Table 1. Peach producing States ( $t\ ha^{-1}$ ), 2006-2009.

Región	Producción ( $t\ ha^{-1}$ )	Participación (%)
Michoacán	39 516.5	19.8
México	33 730.5	16.9
Zacatecas	25 194.8	12.6
Morelos	21 961.8	11.0
Chihuahua	19 457.5	9.7
Puebla	14 503.0	7.3
Guerrero	8 023.3	4.0
Chiapas	7 236.0	3.6
Hidalgo	4 792.5	2.4
Sonora	4 301.0	2.2
Tlaxcala	4 193.3	2.1
Aguascalientes	3 634.3	1.8
Jalisco	2 899.0	1.5
Oaxaca	2 669.5	1.3
Durango	2 096.5	1.0
Nayarit	1 516.3	0.8
Veracruz	1 452.3	0.7
Nuevo León	1 024.0	0.5
Total	19 8201.8	99.2

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP-SAGARPA (2010).

(Jal), Michoacán (Mich.), Colima (Col), Aguascalientes (Aguascalientes), Guanajuato (Gto) Central Region: State of Mexico (Mex), Ontario (DF), Morelos (Mor), Hidalgo (Hidalgo), Puebla (Puebla), Tlaxcala (Tlaxcala), Querétaro (Querétaro) Southern Region: Oaxaca (Oaxaca), Chiapas (Chiapas), Guerrero (Gro) Gulf Region: Veracruz (See), Tabasco (Tab) and Peninsula Region: Yucatán (Yucatán), Campeche (Camp), Quintana Roo (Querétaro).

### Ports of entry

In the same manner as in production, we analyzed data import and export of peach to determine the main entrances of peach in Mexico, the most important being the following ports of entry (Table 2).

#### Cuadro 2. Principales puertos de entrada en cuanto a producción ( $t\ ha^{-1}$ ), y valor de la producción ( $USD\ ha^{-1}$ ), periodo 2006-2009.

Table 2. Major ports of entry in terms of production ( $t\ ha^{-1}$ ), and production value (U.S. \$  $ha^{-1}$ ), 2006-2009.

Puerto de entrada	Producción $t\ ha^{-1}$	Valor de producción $USD\ t^{-1}$
Guaymas	10 856.9	13 377 640.2
Mexicali	8 616.4	7 814 956.2
Mazatlán	3 086.0	2 931 431.0
Michoacán	2 812.8	2 876 925.0
N. Laredo	659.0	756 552.7
Cd. Juárez	103.8	139 086.5
D. F	6.2	21 415.5
Guerrero	4.5	4 156.3
Jalisco	2.2	2 964.0
Puerto Progreso	0.0153	93.1
Total	0.0001	0.1

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP-SAGARPA (2010).

### Definition of variables

The model estimated the amount consumed for 32 States, considering the population of each State according to the Census of Population and Housing (INEGI, 2010). For a total population in Mexico, 103 263 388 inhabitants is divided between the sum obtained for each State, obtaining a consideration measurement, once obtained, we proceeded to the analysis of apparent consumption in Mexico, i.e., domestic production plus imports minus exports; for domestic production, we took the total output value calculated as the average of 2006-2009

### Regiones consumidoras

Se agruparon en 8 regiones a los principales estados consumidores de durazno, todos los estados fueron considerados para ver de manera general la distribución de la producción de durazno en México, dichas regiones fueron: Región Noroeste: Baja California (BC), Baja California Sur (BS), Sonora(Son), Sinaloa, Nayarit (Nay); Región Norte: Chihuahua (Chih), Coahuila (Coah), Durango (Dgo), Zacatecas (Zac), San Luis Potosí (SLP); Región Noroeste: Nuevo León (NL), Tamaulipas (Tamp); Región Occidente: Jalisco (Jal), Michoacán(Mich), Colima (Col), Aguascalientes (Ags), Guanajuato (Gto); Región Centro: Estado de México (Mex), Distrito Federal (DF), Morelos(Mor), Hidalgo (Hgo), Puebla (Pue), Tlaxcala (Tlax), Querétaro (Qro); Región Sur: Oaxaca (Oax), Chiapas(Chis), Guerrero (Gro); Región Golfo: Veracruz (Ver), Tabasco (Tab) y Región Península: Yucatán (Yuc), Campeche (Camp), Quintana Roo (Qro).

### Puertos de entrada

De la misma forma que en la producción, se analizaron los datos de importación y exportación de durazno con el fin de determinar las principales entradas de durazno en México, siendo los más importantes los siguientes puertos de entrada (Cuadro 2).

### Definición de variables

En el modelo se estimó la cantidad consumida para los 32 estados del territorio nacional, para ello se consideró la población de cada estado de acuerdo al Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010). Para una población total en México de 103 263 388 habitantes se dividió esta entre la sumatoria obtenida para cada estado y se obtuvo un ponderador, una vez obtenido se procedió al análisis del consumo aparente en México; es decir, producción nacional más importaciones menos las exportaciones; para la producción nacional se tomó el valor total de producción calculada como el promedio de 2006-2009 siendo esta la cantidad de 199 726.5 t ha<sup>-1</sup>. Para las importaciones se consideraron los datos de un promedio de 2006-2009 con datos de FAO (2010) siendo este valor 104 591.12 t. Con estos datos se obtuvo el consumo aparente nacional (304 317.62 t ha<sup>-1</sup>) el cual se multiplicó por cada ponderador y se obtuvo el consumo por cada estado como se muestra en el siguiente Cuadro 3.

being the amount of 199 726.5 t ha<sup>-1</sup>. To import data from an average of 2006-2009, data from FAO (2010) 104 591.12, being the value t. These data were obtained for apparent domestic consumption (304 317.62 t ha<sup>-1</sup>) which is multiplied by each consideration measurement and, consumption was obtained for each State as shown in the following Table 3.

**Cuadro 3. Consumo aparente de durazno en México (t).**  
**Table 3. Apparent consumption of peaches in Mexico (t).**

Estado	Consumo (t ha <sup>-1</sup> )
Estado de México	41 280.1
Distrito Federal	25 700.6
Veracruz	20 953.8
Jalisco	19 898.5
Puebla	15 864.1
Guanajuato	14 422.1
Chiapas	12 652.8
Nuevo León	12 375.3
Michoacán	11 688.0
Oaxaca	10 334.6
Chihuahua	9 552.5
Guerrero	9 180.5
Tamaulipas	8 912.4
Baja California	8 382.7
Sinaloa	7 687.1
Coahuila	7 353.4
San Luis Potosí	7 103.5
Sonora	7 057.7
Hidalgo	6 912.2
Tabasco	5 864.4
Yucatán	5 360.4
Morelos	4 753.2
Querétaro	4 709.7
Durango	4 447.4
Zacatecas	4 030.6
Quintana Roo	3 345.8
Tlaxcala	3 148.0
Aguascalientes	3 139.8
Nayarit	2 798.7
Campeche	2 224.2
Colima	1 673.9
Baja California Sur	1 509.4

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP-SAGARPA (2010), FAO (2010), INEGI (2010), SE (2009).

In relation to the purchase price in the domestic market, this was obtained from SIAP-SAGARPA (2010) and was considered an average price of rural areas (PMR) during 2006-2009 in the main producing States (SNIIM, 2010). And, in the case of the purchase price in the international

En relación al precio de adquisición en el mercado nacional, este fue obtenido de SIAP-SAGARPA (2010) y se consideró un promedio del precio medio rural (PMR) durante el periodo 2006-2009 de los principales estados productores (SNIIM, 2010). Y en el caso del precio de adquisición, en el mercado internacional, este se calculó mediante la división de la producción de los principales puertos de entrada entre el valor mismo de ella (Cuadro 4).

En el caso de la cantidad que entra por los puertos de entrada, esta se obtuvo de la base de datos del SIAP-SAGARPA (2010) en la modalidad de comercio internacional. Por último, en el caso de los costos de transporte estos fueron elaborados mediante datos obtenidos en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), revisando los centros de abasto más importantes de cada estado y trazándose las rutas que fueron multiplicadas por el costo de llevar en camiones de tres ejes con capacidad de 15 toneladas de durazno. La solución del modelo fue estimada mediante el paquete estadístico GAMS (Brooke *et al.*, 2005), donde se establecieron dos escenarios: uno base y uno con un aumento de 20% en la producción.

## Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos por el software GAMS, la forma en que la distribución sería la correcta es como se presenta en el Cuadro 5; ahí se muestra como se abastecen las diferentes zonas consumidoras (j), de parte de las productores(i), de la misma forma como abastecen los diferentes puertos (m).

Los resultados señalan que los principales estados productores son; Michoacán, Zacatecas, México, Morelos, Puebla, Chihuahua, Guerrero, Chiapas, Hidalgo, y Sonora, y como consumidores son; Estado de México, Distrito Federal, Veracruz, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Chiapas, Nuevo León, Michoacán y Oaxaca.

Como principal productor de durazno se muestra al estado de Michoacán, el cual tiene una distribución hacia el sur del país (Campeche) hasta llegar a regiones del norte del país como Coahuila. En este caso, Michoacán, con una producción de 39 516 t producidas, abastece principalmente a los siguientes estados de la parte centro occidente del país; Distrito Federal (25 700.6 t), Coahuila (7 353.36 t), Guanajuato (2 564.49 t), Campeche (2 224.19 t) y Colima (1 673.89 t). Para el caso del Estado de México, de un total de

market, this was calculated by dividing the production of the main ports of entry between the same values from it (Table 4).

### Cuadro 4. Precio Internacional en los respectivos puertos de entrada (\$ t ha<sup>-1</sup>).

Table 4. International price in the respective ports of entry (\$ t ha<sup>-1</sup>).

Puerto de entrada	Precio internacional (\$ t ha <sup>-1</sup> )
Guaymas	1 232.2
Mexicali	907.0
Manzanillo	949.9
Michoacán	1 022.8
N. Laredo	1 148.0
Cd. Juárez	1340.3
D. F.	3 434.5
Guanajuato	916.3
Jalisco	1 328.0
P. Progreso	6 083.6
Toluca	1 920.0
Total	2 0282.5

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP-SAGARPA (2010), SE (2010) y USDA (2009).

For the amount that enters through the ports, obtained from the database of SIAP-SAGARPA (2010) in the form of international trade. Finally, in the case of these transportation costs, using data from the Ministry of Communications and Transportation (SCT) were developed, reviewing the most important supply centers in each State and Euplius routes were multiplied by the cost of carrying three-axle truck with capacity of 15 tons. The solution of the model was estimated using the statistical package GAMS (Brooke *et al.*, 2005), in two scenarios: a base and a 20% increase in production.

## Results and discussion

According to the results by the software GAMS, the way considered to be correct, would be the distribution as shown in Table 5; there, it's shown how the different consumer areas are supplied (j), from the producers (i), in the same manner as supplying the different ports (m).

The results show that, the major producing States are, Michoacán, Zacatecas, Mexico, Morelos, Puebla, Chihuahua, Guerrero, Chiapas, Hidalgo, and Sonora, and

33 874.8 t, las zonas que abastece son: Chihuahua (9 552.6 t), Guerrero (9 180.5 t), Hidalgo (6 912.2 t), Chiapas (5 089 t) y Aguascalientes (3 139.8 t).

the consumers are, Mexico, Mexico City, Veracruz, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Chiapas, Nuevo Leon, Michoacán and Oaxaca.

**Cuadro 5. Resultados obtenidos por el modelo matemático para la distribución de durazno en México.**  
**Table 5. Results obtained by the mathematical model for the distribution of peach in Mexico.**

Región productora (i)	Zona consumidora (j)	Puerto de entrada (m)	Zona consumidora (j)
Michoacán	Camp, Coah, Col, Df y Gto	Guay.	Sin y Tab
México	Ags, Chis, Chih, Gro y Hgo	Mexi.	Jal y Mex
Zacatecas	Chih, Dgo, Gro, Hgo y Oax	Manza.	Dgo
Morelos	Mex y Oax	Mich.	Mich
Chihuahua	Bc, Bs, Gto, Pue, Qro, QRoo, SLP, Son, Tab, Tamps, Tlax, Ver y Yuc.	N. Laredo	Pue
Puebla	Mex	Cd. Juárez	Chis
Guerrero	-----	D. F.	Mex
Chiapas	Chis y Dgo	Gro.	Mich
Hidalgo	Gto	Jal.	Jal
Sonora	Oax	P. Progreso	Chis
Tlaxcala	Ags y Chis	Tol.	-
Aguascalientes	Mex, Pue y Zac		
Jalisco	Mich		
Oaxaca	Oax		
Durango	Mich		
Nayarit	Mex		
Veracruz	Ags		
Nl	Ver		

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de General Algebraic Modeling Systems (GAMS).

Como tercer lugar, en cuanto a producción, se tiene a Zacatecas con una producción de 25 505.8 t, y abasteciendo a: Durango (4 753.2 t), Chihuahua (3 875.2 t), Guerrero (2 798.7 t), y Oaxaca (1 703.3 t), y así sucesivamente. Se destaca que el criterio de elección de estas rutas es considerando la mejor para minimizar costos. En este sentido, los resultados muestran casos especiales como el estado de Chiapas con un consumo de 12 652.8 t, quien se abastece en primera instancia de su producción local (5 879.6 t), seguido de estados de la parte centro del país como el Estado de México (5 089.66 t), Tlaxcala (1 584.75 t) y por último abastece su consumo con importaciones que entran por diferentes puertos como el de ciudad Juárez, Chihuahua (103.78 t), y Puerto Progreso, Campeche (0.015 t). En otros casos existen regiones que no son óptimas para su distribución, ya sea por su consumo o por el alto costo de transporte hacia esas regiones como el caso de Morelos,

Michoacán is shown as the largest producer, distributed to the south (Campeche) go to northern regions of the country and Coahuila. In this case, Michoacán, with an output of 39 516 t produced, caters mainly to the following States of the central west of the country, Federal District (25 700.6 t), Coahuila (7353.36 t), Guanajuato (2 564.49 t), Campeche (2 224.19 t) and Colima (1 673.89 t). In the case of State of Mexico, a total of 33 874.8 t, which supplies areas are: Chihuahua (9 552.6 t), Guerrero (180.5 t), Hidalgo (6 912.2 t), Chiapas (5089 t) and Aguascalientes (3 139.8 t).

As Third, in terms of production, we have Zacatecas with a production of 25 505.8 t, and supplying: Durango (4 753.2 t), Chihuahua (3 875.2 t), Guerrero (2 798.7 t) and Oaxaca (1 703.3 t), and so on. It is emphasized that, the criterion for choosing these routes is considering how best to minimize the costs. In this sense, the results show special cases as the

Nayarit, Nuevo León y Sinaloa. Para el caso de Jalisco a nivel nacional los resultados arrojan que no se abastece de manera local pero en puertos de entrada su abastecimiento es por lo menos de 50%.

Para los puertos de entrada las consideraciones son las mismas; la distribución se presenta de acuerdo a menores costos y mayor eficiencia en la distribución. El Distrito Federal distribuye al Estado de México, Jalisco a Jalisco, Michoacán a Michoacán y finalmente, pero no descartable, el caso de llevar producto de Campeche a Chiapas, que es una ruta ideal considerando el consumo.

Basado en la hipótesis central del trabajo que plantea que al aumentar la producción de durazno se reducirá de forma significativa los costos de transporte, en un segundo modelo se consideró un aumento 20% en la producción. En el Cuadro 6, se presentan los resultados de la nueva distribución de durazno en México.

Chiapas with a consumption of 652.8 t 12, who serves in the first instance of its local production (5 879.6 t), followed by the Midwest States and, Mexico (5 089.66 t), Tlaxcala (1 584.75 t) and finally consumption supplied by imports that come from different ports such as Ciudad Juárez, Chihuahua (103.78 t), and Puerto Progreso, Campeche (0015 t). In other cases there are regions that are not optimal for distribution, either by consumption or by the high cost of transport to these regions; such is the case of Morelos, Nayarit, Nuevo León and Sinaloa. In the case of Jalisco, at national level the results show that is not supplied locally at ports but its supply is at least 50%.

For the ports of entry, the same considerations, distribution is presented according to lower costs and greater efficiency in distribution. The Federal District distributes the State of Mexico, Jalisco and, Michoacán to themselves, and last but not disposable, take the case of taking the product from Chiapas to Campeche, which is an ideal route considering its consumption.

#### Cuadro 6. Distribución de durazno en México con un aumento de 20% en la producción.

Table 6. Distribution of peach in Mexico with a 20% increase in production.

Región productora (i)	Zona consumidora (j)	Puerto de entrada (m)	Zona consumidora (j)
Michoacán	Ags, Chis, Jal, Q Roo, SLP, Sin y Tab	Guay.	Bc, Bs, D. F., Gto, Qro, Son, Tlax, Ver y Zac
México	Jal y Mex	Mexi.	Ver
Zacatecas	Camp, Coah, Col y Nl	Manza.	Oax y Son
Morelos	Hgo, Oax y Pue	Mich.	Bc
Chihuahua	Chis, Chih, Tamp y Yuc	N. Laredo	Son
Puebla	Chih, Dgo, Gro, Nay	Cd. Juárez	Mex
Guerrero	Mex y Mich	D.f.	Son
Chiapas	Mex y Nl	Gro.	Son
Hidalgo	Mex	Jal.	Mex
Sonora	D. F.	P. Prog	Nl
Tlaxcala	Hgo	Tol.	Mex
Aguascalientes	Mex		
Jalisco	Mor		
Oaxaca	Oax		
Durango	Mich		
Nayarit	Mex y Mor		
Veracruz	Nl		
Nuevo León	Gto		

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de General Algebraic Modeling Systems (GAMS).

Retomando el análisis del cuadro anterior, para el caso de Michoacán la distribución ahora es de 40 507 t, las cuales se distribuyen a: Chiapas (11 812.68 t), Sinaloa (7 687.09 t), San Luis Potosí (7 103.5 t), Tabasco (5 864.45 t), Aguascalientes (3 139.79 t) y Jalisco (1 554.29 t). De esta

Based on the central hypothesis of this work that suggests that by increasing the production of peach significantly reduce the transportation costs, in a second model was considered a 20% increase in production. In Table 6, we present the results of the new distribution of peach in Mexico.

manera, la distribución se mantiene para todas las regiones importantes del país; sin embargo, para este escenario no existe distribución que pase por el centro del país.

Para el Estado de México, ahora deberá distribuir 40 649.7 t, este se abastece en primera instancia con 22 305.49 t y posteriormente distribuye hacia Jalisco (18 344.21 t), en este caso y a diferencia del modelo base, la distribución es más centralizada y por tanto más eficiente ya que primeramente abastece su demanda interna y lo que resta la distribuye a un solo estado. Para el caso de Zacatecas ahora son 30 606.9 t; esta producción se distribuye a Nuevo León (19 355.46 t), Coahuila (7 353.36 t), Colima (1 673.89 t) y Campeche (2 224.19 t). En este caso, también se presenta una mejor distribución de la producción pasando de norte a sur y minimizando sus costos de sus envíos.

En este escenario, los estados que no fueron abastecidos por la producción nacional lo fueron por los diferentes puertos de entrada, logrando así un abastecimiento total y más eficiente como en el caso del Estado de México, asimismo, se encontró que por el puerto de entrada de Guaymas se distribuye hacia Sonora durazno, lo que mejora considerablemente las distancias y minimizando el costo de transporte.

## Conclusiones

El modelo permitió determinar las rutas óptimas de menor costo posible para llevar producto de las zonas productoras a las consumidoras, además, permitió identificar la mejor forma de distribución del durazno para el país. Por otra parte, con un aumento en la producción de durazno de 20%, se reducen los costos de transporte y se tiene una mejor distribución que permite abastecer a los estados con mayor producción, primeramente así mismos y luego a los que mejor convenga por sus costos. En el caso de las importaciones, si bien no contribuyen a fortalecer la producción nacional, con el modelo se ve la forma en que estas ayudarían a abastecer aquellas zonas que por lejanía a las zonas productoras su acceso sería más pronto y con un precio menor debido a menores costos de transporte. Por la poca o nula interacción de los tres órdenes de gobierno con los integrantes del sistema-producto durazno de cada estado, seguirá existiendo un problema de producción y comercialización, lo que podría ocasionar un riesgo para los productores del país ya que si bien las importaciones

Considering the analysis of the Table 6, in the case of Michoacán, is now distributing 40 507 t, which are distributed to: Chiapas (11 812.68 t), Sinaloa (7 687.09 t), San Luis Potosí (7 103.5 t), Tabasco (5 864.45 t), Aguascalientes (3 139.79 t) and Jalisco (1 554.29 t). Thus, the distribution is maintained for all the major regions, but for this scenario there is no distribution through the center of the country.

For the State of Mexico, will now have to distribute 40 649.7 t, this is supplied in the first place with 22 305.49 t and subsequently distributed to Jalisco (18 344.21 t), in this case and unlike the base model, the distribution is more centralized and therefore more efficient as it primarily serves the domestic demand and the remainder is distributed to a single State. In the case of Zacatecas, now 30 606.9 t, this production is distributed to Nuevo León (19 355.46 t), Coahuila (7353.36 t), Colima (1 673.89 t) and Campeche (2 224.19 t). This case also provides a better distribution of the production from north to south, minimizing costs of the shipments.

In this scenario, the States that were not supplied by the domestic industry were for the various ports of entry, thus achieving a total supply and more efficient as in the case of the State of Mexico; it was also found that, the port of entry Guaymas, Sonora, peach is distributed, greatly improving the distance and minimizing the cost of transportation.

## Conclusions

The model allowed to determining the optimal routes of least cost to bring the product in the producing areas to the consumers, also identifying the best way for its distribution. Furthermore, 20% increase in the production of peach, reducing the transportation costs and, with a better distribution that allows the States to provide even more production, first to themselves and then to the best suited for their costs. In the case of imports, while not contributing to strength the national production, the model will help to supply those areas of great distance from the producing areas that would access more easily and lowering the prices, due to a lower transportation costs. Because of the little or no interaction at all of the three levels of government with the members of the peach-output system of each State, there will remain a problem of production and marketing, which could cause a risk for the domestic producers because even

no son muchas, en un futuro estas podrían ser mayores invadiendo el mercado nacional y elevando los costos de transporte.

though, the imports are not that many, in the future, these could be quite larger, invading the domestic market, hence increasing the transportation costs.

*End of the English version*

## Literatura citada

- Brooke, A.; Kendrick, D.; Meeraus, A. and Raman, R. 2005. GAMS (General Algebraic Modeling Systems) A User's Guide. Washington DC: GAMS Development Corporation. 262 p.
- Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2010. Statistics. FOSTAT, Dirección de Estadística 2010. Disponible en <http://faostat.fao.org>. (fecha de consulta: 22 enero, 2010).
- García, V. A. 2010. Políticas para estabilizar el mercado de la sandía (*Citrullus lanatus*) en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Socioeconómica Estadística e Informática (ISEI). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. 145 p.
- García, S. J. A.; Williams, G. W. y Malaga, J. J. E. 2005. Efectos del TLCAN sobre las exportaciones de tomate de México a los Estados Unidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:299-309.
- Guajardo, R. y Ríos, M. 2009. Implicaciones de NAFTA, TLCUEM y de la integración de China a la OMC en el mercado de la berenjena: una perspectiva de equilibrio espacial. *Economía Agraria y Recursos Naturales.* 9:91-109.
- Hernández, M. J.; García, S. J. A.; Mora, F. J. S.; García, M. R.; Valdivia, A. R. y Portillo, V. M. 2006. Efectos de la eliminación de aranceles sobre las exportaciones de melón (*Cucumis melo* L.) de México a los Estados Unidos. *Agrociencia.* 40:395-407.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Censo de Población. Disponible en <http://www.inegi.gob.mx> (fecha de consulta, 27 enero, 2011).
- Maddala, G. S. and Miller, E. 1991. *Microeconomía*. Primera Edición en Español. Mc Graw Hill. 285 p.
- Rebollar, R. S.; García, S. J. A. y Rodríguez, L. G. 2006. Análisis espacial e intertemporal sobre el almacenamiento del sorgo en México. *Ciencia Ergo Sum.* 12:245-254.
- Secretaría de Economía (SE). 2009. Estadísticas de Comercio Internacional. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. <http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviant/>. (fecha de consulta: 30 enero, 2011).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema de información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2010. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (fecha consulta, 15 diciembre, 2010).
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). 2010. Precios al mayoreo. Secretaría de Economía (SE). Mercados nacionales, precios de mercado, mercados agrícolas, frutas y hortalizas. 121 p.
- Takayama, T. and Judge, G. G. 1971. *Spatial and temporal price and allocation models*. North-Holland Publishing Co., Amsterdam Holland. 87 p.
- Torres-Sandoval, C. y García-Salzar, J. A. 2008. Aplicación de un modelo de equilibrio espacial para determinar la estructura del mercado de frijol en México. *Agrociencia.* 42:731-740.
- United States Department of Agricultural (USDA). 2009. Planted, harvested, yield, production, price (MYA). Value of production national agricultural statistics service. Disponible en [http://www.nass.usda.gov/QuickStats/PullData\\_US.jsp](http://www.nass.usda.gov/QuickStats/PullData_US.jsp). (fecha consulta, 24 noviembre, 2010).