

## Modelo de transporte para la distribución de guayaba (*Psidium guajava* L.) en México\*

### Transportation model for the distribution of guava (*Psidium guajava* L.) in Mexico

Juan Manuel Quintero Ramirez<sup>1§</sup>, José Miguel Omaña Silvestre<sup>1</sup> y Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados- Posgrado en Economía. Carretera México- Texcoco, km 36.5, C. P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel: 01 595 95 2 02 00 Ext. 1839, 1835. (miguelom@colpos.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes- Texcoco, km 13.5 A. P. 10, C. P. 56250. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. (sangerman.dora@inifap.gob.mx). §Autor para correspondencia: quintauro82@gmail.com.

#### Resumen

México es un país productor de guayaba (*Psidium guajava* L.) y su consumo se da en fresco o procesado en distintos alimentos industrializados. La guayaba en fresco es un producto perecedero, por lo que su distribución se debe realizar en el menor tiempo de transportación a sus diferentes mercados consumidores. El presente trabajo, muestra la metodología y procedimientos ante un mercado cerrado esencial para la estrategia competitiva y la generación de ingresos que mejora la planeación de la distribución de guayaba en fresco en todas las entidades federativas de México tanto productoras y consumidoras, a través de la formulación de un modelo de optimización de distribución para este fruto; el cual, minimiza los costos de transporte donde identifica los potenciales centros de consumo y recomienda que cantidades deben de abastecer a dicho mercado, para mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda de la guayaba en fresco, a fin de hacer que los productos y servicios estén disponibles para los clientes en el momento y lugar así como en las condiciones y formas deseadas, de la manera más efectiva en cuanto a costos y tiempos se refiere. La metodología utilizada fue de un modelo de transporte de programación lineal, con información de producción, consumo y costos de transporte.

#### Abstract

Mexico is a guava (*Psidium guajava* L.) producer and its consumption is in fresh or processed in different industrialized foods. Fresh guava is a perishable product, so that its distribution should be done in the shortest transportation time to its different consumer markets. This paper shows the methodology and procedures before an essential closed market for competitive strategy and revenue generation that improve planning for distribution of fresh guava in all the states of Mexico both producers and consumers, through the formulation of an optimization of distribution model for this fruits; which minimizes transportation costs which identifies potential consumption centers and recommends what amounts should be supplied to that market, to maintain balance between supply and demand of fresh guava, in order to make products and services available to customers at the time and place, thus conditions and desired shapes, the most effective way in terms of costs and time are concerned. The methodology used was from a transportation model of linear programming, with information on production, consumption and transportation costs.

**Keywords:** export logistics, guava, supply chain.

\* Recibido: abril de 2016  
Aceptado: junio de 2016

**Palabras claves:** cadena de suministro, guayaba, logística de exportación.

## Introducción

La distribución de la guayaba en fresco en México, se ha dado como parte importante en el consumo de cada habitante, ya que la guayaba es una de las frutas con mayor contenido vitamínico (destaca su gran contenido en vitamina C) y propiedades digestivas (alto coeficiente de digestibilidad y elevado contenido de fibra). En 2013 se produjeron más de 290 mil toneladas, su distribución a nivel nacional tiene que ser equitativa para poder tener un consumo per cápita en cada entidad federativa. Por lo cual, a través de la modelación de la distribución ecuánime en la población utilizando la logística, se podrá abastecer la guayaba en fresco a la población mexicana.

De acuerdo a Ballou (2004), las características más importantes del producto que influyen en la estrategia de la logística son los atributos del producto en sí mismo: ciclo de vida, peso, volumen, valor, si son perecederos o no, inflamabilidad y sustituibilidad. Cuando se observan en varias combinaciones, estas características son una indicación de los requerimientos de almacenamiento, inventarios, transporte, manejo de materiales y procesamiento de pedidos. Estos atributos pueden comentarse mejor si los agrupamos en cinco categorías: ciclo de vida, relación peso-volumen, relación valor-peso, sustituibilidad y características de riesgo. La transportación generalmente representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas. Se ha observado que el movimiento de carga absorbe entre uno y dos tercios de los costos totales de logística.

Considerando que la guayaba es una fruta altamente perecedera y el mercadeo del producto fresco, de momento carece de una infraestructura adecuada, es razonable pensar que las perspectivas de comercialización quizá debieran apuntar hacia la transformación, cabe señalar en este punto la versatilidad tecnológica de la guayaba como materia prima, y el alto contenido nutritivo de sus derivados, presentan ventajas resaltantes que permiten una mejor accesibilidad del producto a una mayor parte de la población, la cual en estos tiempos está perdiendo el hábito del consumo fresco y lo está sustituyendo por el de los productos elaborados. La estacionalidad de la producción

## Introduction

The distribution of fresh guava in Mexico, has been given as an important part in the consumption of each person since guava is one of the fruits with highest vitamin content (highlights its high content of vitamin C) and digestive properties (high digestibility coefficient and high fiber content). In 2013 there were more than 290 thousand tons, its distribution nationwide must be fair in order to have a per capita consumption in each state. Therefore, through modeling equitable distribution in the population using logistics, it could supply fresh guava to Mexican population.

According to Ballou (2004), the most important product characteristics that influence logistics strategy are the attributes of the product itself, life cycle, weight, volume, value, if they are perishable or not, flammability and substitutability. When viewed in various combinations, these characteristics are an indication of storage requirements, inventories, transportation, materials handling and order processing. These attributes can be discussed better if grouped into five categories: life cycle, weight-volume ratio, value-weight ratio and substitutability and risk characteristics. Transportation generally represents the single most important element in logistics costs for most businesses. It has been observed that freight movement absorbs between one and two thirds of total logistics costs.

Considering that guava is a highly perishable fruit and marketing of fresh produce, so far lacks adequate infrastructure, it is reasonable to think that marketing prospects perhaps should aim towards transformation, it should be noted at this point the technological versatility of guava as raw material, and the high nutritional content of their products, showing salient advantages that allow better accessibility of the product to a larger part of the population, which in these times is losing the habit of fresh consumption and being replaced by processed products. Seasonality of guava production has generated that this fruit is present in the market for only certain times of the year; but if considered for industrialization or transformation, market presence (and consequently in the mind of the consumer), may increase significantly, which will increase the placement of the fruit in the general population, increased consumption per capita.

de la guayaba ha generado que este fruto esté presente en el mercado solo en ciertas épocas del año; pero, si se opta por su industrialización o transformación, la presencia en el mercado (y en consecuencia en la mente del consumidor), podría aumentar significativamente, lo que permitirá incrementar la colocación del fruto en la población en general, incrementado su consumo per cápita.

Por supuesto que para producir y comercializar este tipo de alimentos es necesario usar y generar conocimiento y nuevas tecnologías. También se requiere de una organización diferente para su transporte, almacenaje, transformación y comercialización de estos alimentos diferenciados, funcionales, étnicos e individuales, se están formando redes de valor. El consumo en México, se encuentra presente dado el conocimiento de las propiedades nutricionales de guayaba, pero debido a que solo en la región centro se produce de manera efectiva, se requiere de la distribución hacia los otros estados que aún se encuentran en déficit de consumo o su pequeña producción no es óptima para su propio consumo.

## Materiales y métodos

En este estudio se contemplan solo siete estados productores como región logística: Aguascalientes, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Querétaro y Zacatecas; estados que son mayoritariamente rentables en su producción de guayaba en fresco, que permite abastecer los mercados nacional e internacional, porque se cuenta con la suficiente tierra de cultivo y técnicas para incrementar sustancialmente la productividad dada su característica de precocidad y su alto contenido nutrimental (Plan Rector del Sistema Producto Guayaba, 2008).

La metodología utilizada en la elaboración de este estudio, incluye:

El modelo a desarrollar es en mercado cerrado, donde solo se considera la producción y consumo nacional. Para la formulación del modelo se requiere conocer las variables de decisión como es la función objetivo y las restricciones de oferta y demanda. Para definir la función objetivo se deben conocerse todos los costos de transporte de cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos. En las restricciones de oferta, los orígenes y cantidades disponibles y, en las demanda, los destinos y las cantidades demandadas.

Of course, to produce and market this type of food is necessary to use and generate knowledge and new technologies. It also requires a different organization for its transportation, storage, processing and marketing of these differentiated, functional, ethnic and individual foods, are forming networks of value. Consumption in Mexico, it is present given the knowledge of the nutritional properties of guava, but because only in the central region is produced effectively, requires distribution to other states that are still in deficit consumption or its small production is not optimal for their own consumption.

## Materials and methods

In this study only seven producing states are contemplated as logistics region: Aguascalientes, Guerrero, Jalisco, State of Mexico, Michoacán, Querétaro and Zacatecas; states that are mostly profitable in fresh guava production, allowing to supply the domestic and international markets, because it has enough farmland and techniques to substantially increase productivity given its precocity and high nutrient content (Plan Rector del Sistema Producto Guayaba, 2008).

The methodology used to perform this study includes:

The model to develop is in a closed market, where only considers domestic production and consumption. For model formulation it requires knowledge of the decision variables as objective function and supply and demand constraints. To define the objective function must meet all transportation costs for each of the origins to each of the destinations. In supply constraints, the origins and amounts available and in demand, destinations and quantities demanded.

For the transportation model, information sources were obtained from statistical sources and databases consulted in the Agrifood and Fisheries Information of the Secretariat of Agriculture, Livestock, Fisheries and Food (SAGARPA SIAP, 2010) from which was obtained guava production per state and per cycle, thus plantings; the National Population Council (CONAPO) and the population and housing census 2010 from INEGI (official information) and transportation costs from the supplying centers to demanding markets obtained the formulation:

$$C_{Trans} = CF + CV(D)$$

Para el modelo de transporte, las fuentes de información se obtuvieron de fuentes estadísticas y bases de datos consultadas en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA- SIAP, 2010) de donde se obtuvo la producción de guayaba por estado y por ciclo, así como la superficie sembrada; el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el censo de población y vivienda 2010 del INEGI (información oficial) y los costos de transporte de los centros oferentes a los mercados demandantes se obtuvo bajo la formulación:

$$C_{Trans} = CF + CV (D)$$

Donde:  $C_{Trans}$ = costo de transporte;  $CF$ = costos fijos: sueldos y salarios de dirección y gerencia, seguros, impuestos, derechos y servicios domésticos;  $CV$ = costos variables: combustible, mantenimiento, llantas, gastos de camión, operador;  $D$ = distancia,

Además de estos, se agregaron directamente factores como rendimiento del motor, costo del diésel y depreciación. El problema de transporte puede ajustarse a un modelo matemático y que el número de variables es menos a 500, por lo que se optó por utilizar el paquete de programación LINDO 6.1 para obtener el mejor resultado. En el modelo de transporte de mercado cerrado se consideró solo la producción nacional y el consumo interno. Se buscó distribuir de manera óptima la fruta de aquellas entidades con producción excedente. Para la solución al modelo de mercado cerrado, una vez identificados los orígenes, la cantidad que ofrecen, los destinos de la guayaba demandada y los costos de transporte por tonelada se formuló el modelo para mercado cerrado. Para el caso de mercado abierto solo se tomaran los datos de las demandas exteriores, así como los costos para transportar el producto.

Al elaborar la función objetivo se consideran los costos de transporte  $C_{ij}$  de los orígenes ( $n$ ) a cada uno de los destinos ( $m$ ), multiplicado por la cantidad ( $X$ ) que debería de enviarse a cada uno de ellos y se representa con  $X_{nm}$ . La función objetivo del modelo es el siguiente:

$$\text{MIN } Z_0 = C_{11} X_{11} + C_{12} X_{12} + \dots + C_{mn} X_{mn}$$

Donde:  $Z_0$ = Valor de la función objetivo;  $i$ = índice de estado origen (oferente), donde  $i=1,2, \dots, m$ ;  $j$ = Índice de estado destino (demandante), donde  $j=1,2, \dots, n$ ;  $X_{ij}$ = variable de decisión que se determina con la solución del modelo, es la cantidad de guayaba asignada del origen  $i$  al destino  $j$ ;  $C_{ij}$ = coeficiente de la variable  $X_{ij}$ , representa la cantidad con la

Where:  $C_{TRANS}$ = transport cost;  $CF$ = fixed costs: wages and salaries of corporate and management, insurance, taxes, duties and domestic services;  $CV$ = variable costs: fuel, maintenance, tires, truck expenses, operator;  $D$ = distance.

In addition to these, factors such as engine performance, diesel cost and depreciation were added directly. The transportation problem can be fitted to a mathematical model and the number of variables is less than 500, so it was decided to use programming package LINDO 6.1 for best results. In the transportation model for closed market it was considered only domestic production and consumption. It sought to optimally distribute the fruit from those entities with surplus production. For the solution to the closed market model, once identified the origins, the amount offered, destinations for demanded guava and transportation costs per ton was formulated the closed market model. In the case of open market it will only record data from external demands, thus as costs to transport the product.

In developing the objective function are considered transportation costs  $C_{ij}$  from origins ( $n$ ) to each destinations ( $m$ ) multiplied by amount ( $X$ ) that should be sent to each of them and is represented with  $X_{nm}$ . The objective function of the model is as follows:

$$\text{MIN } Z_0 = C_{11} X_{11} + C_{12} X_{12} + \dots + C_{mn} X_{mn}$$

Where:  $Z_0$ = value of the objective function;  $i$ = index from state of origin (supplier), where  $i= 1,2, \dots, m$ ,  $j$ = index from destination state (demand), where  $j= 1,2, \dots, n$ ;  $X_{ij}$ = decision variable that is determined with the solution model is the amount of allocated guava from origin  $i$  to destination  $j$ ;  $C_{ij}$ = coefficient from  $X_{ij}$  variable, represents the amount with which each unit from  $X_{ij}$  variable contributes, to the desired total value in the objective. The model represents the transportation cost per ton from origin  $i$  to destination  $j$ .

Each model has many supply constraints as the number of origins  $i$  that exist and so many demand constraints as the number of destinations  $j$ . Abstractly closed market models, are as follows:

$$\text{MIN } Z_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Subject to:

A surplus model

cual contribuye cada unidad de la variable  $X_{ij}$ , al valor total deseado en el objetivo. En el modelo representa el costo de transporte por tonelada de origen  $i$  al destino  $j$ .

Cada modelo tiene tantas restricciones de oferta como el número de orígenes  $i$  que existan y tantas restricciones de demanda como el número de destinos  $j$  que existan. De manera abstracta los modelos de mercado cerrado, quedan de la siguiente manera:

$$\text{MIN } Z_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

Un modelo con superávit

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m X_{ij} &\leq a_i & \sum_{i=1}^m X_{ij} &= a_i \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} &= b_i & \sum_{j=1}^n X_{ij} &\leq b_i \\ X_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

En el modelo de transporte de mercado cerrado se consideró solo la producción nacional y el consumo interno. Se buscó distribuir de manera óptima la fruta de aquellas entidades con producción excedente hacia los deficientes.

Al resolver el modelo se obtendrá el valor de la función objetivo y cuáles serán las cantidades óptimas que deban de enviarse de cada origen a cada uno de los destinos. Los orígenes que en los modelos no distribuyan el total de su producción excedente; es decir, que quedan con valores en el costo reducido serán considerados como los orígenes menos mejor ubicados, indicando el costo o disminución que tendrán la función objetivo por cada unidad que se pretenda agregar para su realización. Y los orígenes que queden con valor cero en el costo reducido son considerados como los orígenes mejor ubicados. También en la salida del modelo los resultados de costo mínimo indican cuanto aumentaría la función objetivo si se agregara una unidad más de oferta en los lugares mejor ubicados.

## Resultados y discusión

Al obtener la información de producción estatal de guayaba en fresco para comercialización y la población por entidad federativa; se procede a obtener los estados excedentarios y deficitarios de acuerdo al consumo estatal y consumo per cápita, quedando de la siguiente manera (Cuadro 1).

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m X_{ij} &\leq a_i & \sum_{i=1}^m X_{ij} &= a_i \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} &= b_i & \sum_{j=1}^n X_{ij} &\leq b_i \\ X_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

In the closed market transportation model it was considered only domestic production and domestic consumption. It sought to optimally distribute the fruit from those entities with surplus production towards deficit states.

By solving the model the value of the objective function is obtained and which will be the optimal quantities to be sent from each origin to each destination. The origins that in the models do not distribute the total of its surplus production; i.e. that are left with values in the reduced cost will be considered as the least located origins, indicating the cost or decrease that the objective function will have per each unit that is intended to add to its realization. And the origins remaining with zero value in the reduced cost are considered as the best-located origins. Also in the model output the results of minimal cost indicate how much the objective function would increase if one more unit of supply was added in the best located places.

## Results and discussion

When obtaining state information of fresh guava production for marketing and population by state; proceed to obtain the surplus and deficit states according to state consumption and per capita consumption, being as follows (Table 1).

It is shown that in the column available, only three states have their positive factor, Aguascalientes, Michoacán and Zacatecas, which means that these three states are bidders and other states with a negative sign, are demand states. The total supply per bidder state is 205 thousand tons, while for the sum of demand states is 199 thousand tons. The order of the origins and destinations described in Table 2, is the one that will have to work in the model; e.g. origin 1 is Aguascalientes (supplier) and destination 10 is Guanajuato (demand) and are represented in the model by the  $X_{ij}$ .

Once the supply and demand states are obtained it proceeds to search transportation costs of each of the origins to each of the destinations as shown in Table 3. Each of these values



**Cuadro 1. Producción, consumo y disponibilidad de guayaba en fresco por estado, 2010.**  
**Table 1. Production, consumption and availability of fresh guava by state, 2010.**

Estado	Producción oferta (t)	Población	Consumo total (t)	Disponible (t)
Aguascalientes	72 459.19	1 184 996	72 459.19	70 099
Baja California	4	3 155 070	4	- 6 280.02
Baja California Sur	33.25	637 026	33.25	- 1 235.53
Campeche	0	822 441	0	- 1 638.07
Coahuila de Zaragoza	0	2 748 391	0	- 5 474.03
Colima	399.06	650 555	399.06	- 896.66
Chiapas	418.2	4 796 580	418.2	- 9 135.25
Chihuahua	0	3 406 465	0	- 6 784.73
Distrito Federal	0	8 851 080	0	- 17 628.89
Durango	478.73	1 632 934	478.73	- 2 773.62
Guanajuato	581.2	5 486 372	581.2	- 10 346.12
Guerrero	2 068.55	3 388 768	2 068.55	- 4 680.94
Hidalgo	372	2 665 018	372	- 4 935.97
Jalisco	2 000.87	7 350 682	2 000.87	- 12 639.64
México	1 075.7	15 175 862	1 075.7	- 29 150.39
Michoacán de Ocampo	113 760.14	4 351 037	113 760.14	105 094.08
Morelos	158.47	1 777 227	158.47	- 3 381.27
Nayarit	787.72	1 084 979	787.72	- 1 373.26
Nuevo León	0	4 653 458	0	- 9 268.39
Oaxaca	54.1	3 801 962	54.1	- 7 518.35
Puebla	287.67	5 779 829	287.67	- 11 224.14
Querétaro	340.72	1 827 937	340.72	- 3 300.03
Quintana Roo	0	1 325 578	0	- 2 640.18
San Luis Potosí	0	2 585 518	0	- 5 149.63
Sinaloa	84	2 767 761	84	- 5 428.61
Sonora	0	2 662 480	0	- 5 302.92
Tabasco	814	2 238 603	814	- 3 644.67
Tamaulipas	0	3 268 554	0	- 6 510.05
Tlaxcala	0	1 169 936	0	- 2 330.19
Veracruz	283.3	7 643 194	283.3	- 14 939.81
Yucatán	22.44	1 955 577	22.44	- 3 872.52
Zacatecas	32 791.22	1 490 668	32 791.22	29 822.22
<b>Total</b>	<b>229 274.51</b>	<b>112 336 538</b>	<b>229 274.51</b>	

Fuente: elaboración con datos de SAGARPA-SIAP (2010) y CONAPO (2010).

Se muestra que en la columna de disponible, solo tres estados tienen su factor positivo, Aguascalientes, Michoacán y Zacatecas, lo que significa que estos tres estados son los oferentes y los demás estados con signo negativo, son los estados demandantes. La oferta total por los estados oferentes es de 205 mil toneladas, mientras que para la

is represented in the objective function by  $C_{ij}$  costs. In calculating transport costs it is considered a refrigerated box trailer with capacity of 20 tons, with approximate dimensions of 14.4 x 2.82 x 2.52 m. The total cost per trailer is divided by 20 tons which is the average of tons transported per truck to obtain its transportation cost per ton.

suma de los estados demandantes es de 199 mil toneladas. El orden de los orígenes y destinos descritos en el Cuadro 2, es el que tendrá que trabajar en el modelo; por ejemplo el origen 1 es Aguascalientes (oferente) y el destino 10 es Guanajuato (demandante) y están representados en el modelo por las  $x_{ij}$ .

Una vez que se obtienen los estados oferentes y demandantes se procede a buscar los costos de transporte de cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos tal como se muestran en el Cuadro 3. Cada uno de estos valores está representado en la función objetivo por los costos  $C_{ij}$ . En el cálculo de los costos de transporte se considera un tráiler de caja refrigerada con capacidad de 20 toneladas, con medidas aproximadas de 14.4 x 2.82 x 2.52 m. El costo total por tráiler está dividido entre 20 toneladas del cual es el promedio de toneladas que se transporta por cada camión para obtener así su costo de transporte por tonelada.

Para plantear un problema de programación lineal es necesario identificar los siguientes elementos: la variable de decisión del problema, la función objetivo, las restricciones lineales y las restricciones de no negatividad. Un destino puede recibir su cantidad demandada de uno o más orígenes.

Para el caso del modelo de mercado cerrado, se supone que existen  $m$  orígenes y  $n$  destinos. Sea  $a_i$  el número de unidades disponibles para ofrecerse en cada origen  $i$  ( $i=1, i=2, \dots, i=m$ ) y sea  $b_j$  el número de unidades requeridas en el destino  $j$  ( $j=1, j=2, \dots, j=n$ ). Sea  $c_{ij}$  el costo del transporte por unidad en la ruta  $(i,j)$  que une el origen  $i$  y el destino  $j$ . El objetivo es determinar el número de unidades transportadas del origen  $i$  al destino  $j$  de tal manera que se minimicen los costos totales de transporte.

El resultado del modelo utilizando el paquete de programación lineal LINDO® 6.1, para la distribución óptima de la producción excedente de los estados origen a los destinos consumidores con déficit, fue el siguiente: se obtuvo un valor en la función objetivo de 0.7864538E+08. Lo que indica que el costo para transportar de manera óptima la guayaba de los estados excedentarios a los demandantes es de \$78 645 380.00 pesos.

Los estados origen, de acuerdo con los resultados, no se encuentran mejor y menor ubicados, puesto que dentro de su excedente aun cuentan con 5 531.43 toneladas de más; lo que indica, que este producto puede ser exportable

## Cuadro 2. Estados origen y destino en función de la disponibilidad de guayaba.

Table 2. States of origin and destination in function of guava availability.

Lugares	Modelo de Mercado
Estado de Origen	Oferta (t)
Aguascalientes	70 099
Michoacán de Ocampo	105 094.08
Zacatecas	29 822.22
Oferta Total	205 015.31
Estado destino	Demanda (t)
Baja California	6 280.02
Baja California Sur	1 235.53
Campeche	1 638.07
Coahuila de Zaragoza	5 474.03
Colima	896.66
Chiapas	9 135.25
Chihuahua	6 784.73
Distrito Federal	17 628.89
Durango	2 773.62
Guanajuato	10 346.12
Guerrero	4 680.94
Hidalgo	4 935.97
Jalisco	12 639.64
México	29 150.39
Morelos	3 381.27
Nayarit	1 373.26
Nuevo León	9 268.39
Oaxaca	7 518.35
Puebla	11 224.14
Querétaro	3 300.03
Quintana Roo	2 640.18
San Luis Potosí	5 149.63
Sinaloa	5 428.61
Sonora	5 302.92
Tabasco	3 644.67
Tamaulipas	6 510.05
Tlaxcala	2 330.19
Veracruz	14 939.81
Yucatán	3 872.52
Demanda total	199 483.89

Fuente: Elaboración con datos de SAGARPA-SIAP (2010) y CONAPO (2010).

o mandado a la industria (Cuadro 4). De cada oferta, pueden abastecerse a sí mismo y además abastecer a otros estados demandantes pero que pueden tener una cercanía notable, por lo que Aguascalientes y Zacatecas distribuyen zona norte y centro, mientras que Michoacán lo hace para zona centro y sur.

To pose a problem of linear programming is necessary to identify the following elements: the decision variable of the problem, the objective function, linear constraints and non-negativity constraints. A destination can receive the demanded amount from one or more origins.

**Cuadro 3. Costos de transporte de origen a destino mercado cerrado (pesos/t).**

**Table 3. Transport costs from origin to destination closed market (pesos/t).**

Destino-origen	Aguascalientes	Michoacán	Zacatecas
BCN	1 674.51	1 745.65	1 508.64
BCS	2 499.8	2 570.95	2 333.93
Campeche	1 162.16	936.86	1 211.4
Coahuila	306.19	634.94	205.79
Colima	366.97	411.13	389.22
Chiapas	976.66	751.35	1 025.9
Chihuahua	672.58	953.27	572.18
DF	392.1	118.73	441.34
Durango	376.34	558.79	177.69
Guanajuato	135.5	177.99	205.48
Guerrero	560.88	239.96	610.12
Hidalgo	397.66	167.36	441.9
Jalisco	111.89	272.31	250.41
México	375.57	150.26	424.81
Morelos	446.21	159.88	495.45
Nayarit	347.28	418.43	396.52
Nuevo León	440	504.32	245.14
Oaxaca	702.96	477.66	752.20
Puebla	479.26	253.96	528.5
Querétaro	264.74	74.52	285.31
Q. Roo	1 243.54	1 018.23	1 292.77
SLP	148.35	212.68	108.42
Sinaloa	697.68	768.82	531.8
Sonora	1 126.26	1 197.41	960.39
Tabasco	912.47	687.17	961.71
Tamaulipas	341.89	406.21	302.49
Tlaxcala	452.58	227.27	501.82
Veracruz	600.13	381.81	656.35
Yucatán	1 251.09	1 025.79	1 300.33

Fuente: elaboración con información de SCT y metodología de cálculo.

En la distribución óptima para la minimización de costos de transporte por cada uno de los estados oferentes, Aguascalientes solo distribuye sus 64 mil toneladas de un

In the case of closed market model, it is assumed that there are  $m$  origins and  $n$  destinations. Be  $a_i$  the number of units available to be offered in each origin  $i = (i = 1, i = 2, \dots, i =$



total de 70 mil producidos a solo 11 estados; mientras que Michoacán distribuye a 14 estados sus casi 105 mil toneladas y Zacatecas sus casi 30 mil toneladas las distribuye a solo 6 estados (Cuadro 5). Cabe señalar, que los estados intersectados donde no tienen valor, significa que el modelo no asigno ninguna cantidad a distribuir en ese destino a consecuencia de que no se puede minimizar los costos en la distribución, pero que alguno de todos los estados oferentes tendrá que distribuirle. Cada uno de estos orígenes distribuye su excedente dentro del país. Como ejemplo, la producción de Zacatecas en el modelo indica que se envían 6 280 toneladas a Baja California Norte; 1 236 toneladas a Baja California Sur; 2 774 toneladas a Durango; 9 268 toneladas a Nuevo León; 5 429 toneladas a Sinaloa y 4 763 toneladas a Sonora, y que de sus 29 822 toneladas totales, le queda un excedente de 73.40 toneladas (Cuadro 4), y así sucesivamente para los demás estados oferentes.

La participación que representa cada uno de los estados oferentes, hacia los estados demandantes (Figura 1), tenemos que:

El estado de Aguascalientes, distribuye en mayor parte a Jalisco el 19.49%, seguido por el 18.26% a Veracruz, 15.95% a Guanajuato y en menor partes con 2.12% a Nayarit, 1.38% Colima y 0.83% lo hace para Sonora. En este estado tiene un excedente de más de 5 243.79 toneladas que se pueden utilizar para exportar o transformar.

En cuanto al estado de Michoacán, sus demandantes con menores participación son los estados de Campeche, Tlaxcala, Quintana Roo y Veracruz con 1.56%, 2.22%, 2.52% y 2.95%, respectivamente. Sus estados con mayor demanda son el estado de México con 27.79%, el Distrito Federal 16.81%, Puebla con 10.70% y Chiapas el 8.71%. De esta oferta, le sobran 214.24 toneladas.

Zacatecas ofrece de su totalidad, el 31.16% a Nuevo León, 21.11% a Baja California Norte, 18.25% a Sinaloa, a Sonora le distribuye el 16.01%, Durango el 9.32% y a Baja California Sur su restante 4.15%. Del total, aún tiene 73.40 toneladas sobrantes, de acuerdo a los resultados del modelo.

Como se menciona, en cada uno de los estados oferentes son excedentarios, mismos que tienen producción que sirve para exportar de acuerdo a las calidades y especificaciones requeridas en los mercados destinos, lo que se muestra en el modelo para mercado abierto.

m) and is  $b_j$  the number of units required in destination  $j = (j = 1, j = 2, \dots, j = n)$ . Be  $c_{ij}$  transportation cost per unit in the route  $(i, j)$  that joints origin  $i$  and destination  $j$ . The objective is to determine the number of units transported from origin  $i$  to destination  $j$  such that total transportation costs are minimized.

The result from the model using the linear programming LINDO® 6.1, for optimal distribution of surplus production from origin states to consumer destinations with deficit was as follows: a value was obtained in the objective function of 0.7864538E+08. Which indicates that the cost to transport optimally guava from surplus states to demand states is \$78 645 380.00 pesos.

The origin states, according to the results, are not best located nor least located, since within its surplus still counts with 5 531.43 tons more; indicating that this product can be exported or sent to industry (Table 4). From each offer, can stock up themselves and also supply other demanding states but may have a remarkable closeness, so Aguascalientes and Zacatecas distributed north and center, while Michoacán distribute for central and southern area.

**Cuadro 4. Oferta excedente de guayaba del mercado cerrado, 2010.**

**Table 4. Surplus offer of guava from closed market, 2010.**

Origen	Oferta	Distribución	Excedente
Aguascalientes	70 099	64 855.22	5 243.79
Michoacán	105 094.08	104 879.84	214.24
Zacatecas	29 822.22	29 748.82	73.4
<b>Suma</b>	<b>205 015.31</b>	<b>199 483.88</b>	<b>5 531.43</b>

Fuente: elaboración con resultados del modelo.

In optimal distribution to minimize transportation costs for each of the bidder states, Aguascalientes only distributes 64 thousand tons of a total of 70 thousand produced to only 11 states; while Michoacan distributes to 14 states its nearly 105 thousand tons and Zacatecas its almost 30 thousand tons to only 6 states (Table 5). It should be noted that intersected states where have no value, it means that the model does not assign any amount to distribute at that destination as a result that cannot minimize costs in distribution, but one of all bidders states will have to distribute to it . Each of these origins distributes its surplus

## Conclusiones

La modelación logística se da por la asignación de funciones matemáticas objetivo, que permite minimizar costos y maximizar la distribución de acuerdo a la demanda solicitada por los estados deficitarios.

within the country. As an example, the production from Zacatecas in the model indicates that ships 6 280 tons to Baja California Norte; 1 236 tons to Baja California Sur; 2 774 tons to Durango; 9 268 tons to Nuevo León; 5 429 tons to Sinaloa and 4 763 tons to Sonora, and from its total 29 822 tons, has left a surplus of 73.40 tons (Table 4), and so on for other bidders states.

### Cuadro 5. Distribución óptima de los orígenes a los destinos en mercado cerrado, 2010.

Table 5. Optimal distribution from origins to destinations in closed market, 2010.

Destino- origen	Aguascalientes	Michoacán	Zacatecas
BCN			6 280.02
BCS			1 235.53
Campeche		1 638.07	
Coahuila	5 474.03		
Colima	896.66		
Chiapas		9 135.25	
Chihuahua	6 784.73		
DF		17 628.89	
Durango			2 773.62
Guanajuato	10 346.12		
Guerrero		4 680.94	
Hidalgo		4 935.97	
Jalisco	12 639.64		
México		29 150.39	
Morelos		3 381.27	
Nayarit	1 373.26		
Nuevo León			9 268.39
Oaxaca		7 518.35	
Puebla		11 224.14	
Querétaro	3 300.03		
Q. Roo		2 640.18	
SLP	5 149.63		
Sinaloa			5 428.61
Sonora	540.27		4 762.65
Tabasco		3 644.67	
Tamaulipas	6 510.05		
Tlaxcala		2 330.19	
Veracruz	11 840.8	3 099.01	
Yucatán		3 872.52	
Suma	<b>64 855.22</b>	<b>104 879.84</b>	<b>29 748.82</b>

Fuente: elaboración con resultados del modelo en mercado cerrado.

El modelo de mercado cerrado se refiere a que solo se realiza la distribución equitativa a nivel nacional, puesto que una vez obtenido los resultados, existe producción excedente de guayaba en los estados de Aguascalientes, Michoacán y Zacatecas y que con estas cantidades sobrantes se ha programado o abastecido a todos los estados deficientes y demandantes del fruto; teniendo así la maximización de la distribución con la minimización de los costos de transporte.

The participation that each bidder state represents, to demand states (Figure 1), is as follows:

The state of Aguascalientes, mostly distributes to Jalisco 19.49%, followed by 18.26%, to Veracruz, 15.95% to Guanajuato and to lesser part with 2.12% to Nayarit, 1.38% Colima and 0.83% to Sonora. This state has a surplus of more than 5 243.79 tons that can be used to export or transform.

Los resultados numéricos en el modelo de mercado cerrado, se obtiene que los estados de Aguascalientes, Michoacán y Zacatecas son oferentes con una suma de más de 205 mil toneladas y que los demás estados suman una demanda cerca de 200 mil toneladas y que una vez obteniendo los costos de transporte por cada oferente a cada demandante en la programación lineal a través del lenguaje de programación LINDO 6.1, los costos de transporte optimo es de más de 78 millones de pesos, abasteciendo las casi 200 mil toneladas faltantes en los demás estados, pero que se queda un sobrante de 5 mil 500 toneladas aun después de abastecer a todos los estados, mismos que pueden ser para enviar a exportación o para el envío a la industria para su transformación en distintos subproductos.

De los estados oferentes, Aguascalientes resulta enviar su excedente a 11 estados de la república del centro y norte, mientras que Michoacán lo hace hacia 14 estados del centro y sur con más de 104 mil toneladas y Zacatecas envía cerca de 30 mil toneladas a 6 estados del norte de México.

## Literatura citada

- Alonso, S.; Serrano, B. A. y Alarcón, L. S. 1999. La logística en la empresa agroalimentaria: transporte, gestión de stocks y control de calidad. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 210 p.
- Ballou, R. H. 2004. Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta Edición. Pearson Educación. México. 816 p.
- Bloomberg, D.; Stephen, L. and Jackson, B. H. 2002. Logística. Prentice Hall. New Jersey. 254 p.
- Bowerson, D. J.; Sax, J.; Closs, M. y Bixby, C. 2002. Gestión logística de la cadena de suministro. McGraw Hill. New York. 658 p.
- Chopra, S. and Meindl, P. 2007. Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación. Tercera Edición. Prentice Hall. New Jersey. 278 p.
- Consejo de la Dirección Logística. 2010. Council of Logistic Management (CLM) Consejo de Profesionales de la Cadena de Suministro, Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). 329 p.
- Consejo Nacional Mexicano de la Guayaba A. C. (Comeguayaba). 54 p.
- Coyle, J. J.; Bardi, E. J. y Cavinato, J. L. 1990. Transportación. Tercera Edición. St. Paul, MN: West. 218 p.
- Coyle, J.; Droux, R. A.; Novak, B. G. y Bardi, E. J. 2003. Transporte: una perspectiva de la cadena de suministro. Séptima edición. South-Western Cengage Learning. Estados Unidos de América. 521 p.
- Kirchner, E. L. 2000. Comercio internacional, metodología para la formulación de estudios de competitividad empresarial. Guía Práctica. Editorial ECAFSA. México. 436 p.
- Oficina del Censo. Datos estadísticos 2005. Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Washington, D. C. Estados Unidos. <http://www.census.gov>.
- Oficina del Censo. Datos estadísticos 2005. Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Washington D.C. Estados Unidos. 321 p.
- Partyka, J. G. and Hall, R. W. 2000. On the road to service. OR/MS Today. 26-35 pp.

As for the state of Michoacán, their demands with minor participation are the states of Campeche, Tlaxcala, Quintana Roo and Veracruz with 1.56%, 2.22%, 2.52% and 2.95%, respectively. Their states with highest demand are the state of Mexico with 27.79%, Distrito Federal 16.81%, Puebla 10.70% and Chiapas 8.71%. From this offer, can spare 214.24 tons.

Zacatecas offers its production to, Nuevo León 31.16%, Baja California Norte 21.11%, Sinaloa 18.25%, Sonora 16.01%, Durango 9.23% and Baja California Sur its remaining 4.15%. Of the total, still has 73.40 tons, according to model results.



Fuente: elaboración con datos obtenidos del resultado del modelo.

**Figura 1. Red de distribución de estados oferentes de guayaba en fresco, mercado cerrado-2010.**

**Figure 1. Distribution Network from offering states of fresh guava, closed-market 2010.**

As mentioned, each of the offering states have surplus, same that have production that is used to export according to the qualities and specifications required in destination markets, which is shown in the open market model.

## Conclusions

Logistics modeling is given by assigning objective mathematical functions that allows to minimize costs and maximize distribution according to amount requested by the deficiency state.

Closed market model means that only equitable nationwide distribution is made, since once obtained the results, there is surplus production of guava in the states of Aguascalientes,

- Plan Rector del Sistema Producto Guayaba. 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D. F. 175 p.
- Productores y empacadores exportadores de guayaba de México A. C. 2008. Diagnóstico de las necesidades de infraestructura estratégica para impulsar el mercado de exportación de guayaba. 54 p.
- Productores y empacadores exportadores de guayaba de México A. C. 2008. Diagnóstico de las necesidades de infraestructura estratégica para impulsar el mercado de exportación de guayaba. 78 p.
- Ramón, A. S.; Serrano, B. A. y Alarcón, L. S. 1999. La logística en la empresa agroalimentaria: transporte, gestión de stocks y control de calidad. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 210 p.
- Robusté, A. F. 2005. Logística de transporte. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. 207 p.
- Rodríguez, D. E. 2009. Logística para la exportación de productos agrícolas, frescos y procesados. Cuaderno de exportación. San José Costa Rica. 58 p.
- SAGARPA. 2007. Plan rector del sistema producto guayaba. Comité de sistema producto guayaba. 97 p.
- SIAP-SAGARPA. 2014. Base de datos de producción agrícola y pecuaria. Producción anual y producción por estado de guayaba. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).
- SIAP. 2013. Metadatos de producción, comercialización y consumo final. [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_sispro/](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_sispro/).
- Taff, C. A. 1978. Management of physical distribution and transportation. 6ª (Ed.). Homewood. 356:357 p.
- Wilson, A. R. 2000. Transporte en América 2000. Décima octava edición. Washington. 51 p.
- Wilson, R. A. 2000. Transporte en América 2000. Décima octava edición. Washington. 51 p.
- Wood, D. F.; Daniel, L.; Wardlow, P.; Murphy, P. y Johnson, J. C. 1999. Logística contemporánea. Séptima edición. Prentice Hall. New Jersey. 585 p.

Michoacán and Zacatecas and that with these surplus quantities have been scheduled or supplied to all deficient states; thus having maximized distribution to minimize transportation costs.

Numerical results in closed market model, has as result that the states of Aguascalientes, Michoacán and Zacatecas are bidders with a sum of more than 205 thousand tons and the other states have a combined demand about 200 thousand tons and once obtained transportation costs for each bidder to each demand on the linear programming through programming language LINDO 6.1, the costs of optimal transport is more than 78 million pesos, supplying nearly 200 thousand tons missing in other states, but an excess of 5 000 500 tons even after supplying all states, same that can be to send export or for shipment to the industry for processing into various products.

From the bidders states, Aguascalientes sends its surplus to 11 central and northern states, while Michoacán makes sends to 14 central and southern states with more than 104 thousand tons and Zacatecas sends about 30 thousand tons to 6 northern states.

*End of the English version*

