

En el ámbito internacional existe un intenso ambiente de competencia tanto entre países como entre productores. Se observa que el aumento de la productividad es resultado, entre otros factores, del cambio técnico, que, en lo inmediato, significa aumentar los rendimientos o reducir los costos de la producción, lo que es fundamental para la competitividad. Pero también a ésta contribuye el mejoramiento de las condiciones de acceso al mercado mundial. Más allá, el análisis sobre la productividad puede darse en el marco de un nuevo paradigma agrícola.

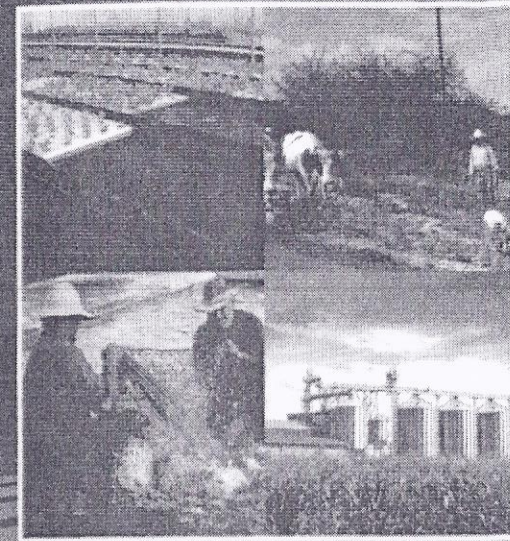
En cuanto a la agricultura, esto se refleja en una preocupación permanente, principalmente tras la crisis alimentaria. En este contexto, en la comunidad internacional se ha promovido una serie de iniciativas para respaldar la labor de los países en desarrollo con el objetivo de impulsar la agricultura en todos los estratos, incluidos los productores de pequeña escala, y contribuir al incremento de la producción y a la reducción del hambre.



CEDRSSA

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

PRODUCTIVIDAD, COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN EN EL CAMPO MEXICANO



PRODUCTIVIDAD,
COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN
EN EL CAMPO MEXICANO

Gerónimo Barrios Puente y Giovanni Jiménez Santos
(Coordinadores)

QUE EL SABER SIRVA AL CAMPO



LXII LEGISLATURA
CÁMARA DE DIPUTADOS



CEDRSSA

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

México, septiembre de 2014

Productividad, competitividad e innovación en el campo mexicano
Gerónimo Barrios Puente y Giovanni Jiménez Bustos (coordinadores)

D.R. © Honorable Cámara de Diputados
LXII Legislatura / Congreso de la Unión
Av. Congreso de la Unión, núm. 66
Col. El Parque, 15960 México, D.F.

ISBN: 978-607-7919-89-6

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable
y la Soberanía Alimentaria

Responsable de la edición
Emilio López Gámez

Corrección de estilo
Genera Estrategias

Formación de portada e interiores
Milenio3

Supervisión técnica de la edición
Ma. Alejandra Martínez Ramírez

Diseño de la colección
Kinética / Irma Leticia Valera Jaso

Diseño de la portada de la colección
Kinética

Fotografías de la portada
Pablo Pintos, Irma Leticia Valera Jaso, FAO (Galería Red de Acuacultura de las Américas, 28 de mayo de 2014) e igor.stevanovic/Shutterstock.

Las opiniones y conclusiones en cada uno de los ensayos son responsabilidad exclusiva del autor y no necesariamente coinciden con las del CEDRSSA.

Impreso en México / *Printed in Mexico*

ÍNDICE

Presentación

*Gerónimo Barrios Puente
y Giovanni Jiménez Bustos* 11

La producción agrícola, la productividad y la seguridad alimentaria

*Esther Figueroa Hernández, Francisco Pérez Soto
y Lucila Godínez Montoya* 17

Gasto, desarrollo social y la producción en pequeña escala: el combate a la pobreza alimentaria

*Lucila Godínez Montoya, Esther Figueroa
Hernández y Francisco Pérez Soto* 43

Educación, infraestructura y capital social, generadores de la productividad en el sector rural

Giovanni Jiménez Bustos y Silvia Domínguez López 67

<p>Variabilidad climática en la Ciudad de México y posibles impactos en las actividades productivas y el manejo de los recursos naturales <i>Raquel Salazar Moreno, Abraham Rojano Aguilar, Esther Figueroa Hernández y Francisco Pérez Soto</i></p>	85	<p>Impacto de las políticas gubernamentales en la productividad del sector primario en México <i>Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández, Raquel Salazar Moreno y Gerónimo Barrios Puente</i></p>	199
<p>La problemática logística en la frontera México-Estados Unidos: exportaciones e importaciones y la competitividad <i>Alma Alicia Gómez Gómez y José Alfredo Jiménez Retana</i></p>	105	<p>Estrategias para aumentar la productividad y competitividad del sector agropecuario en México <i>Jesús Loera Martínez, Daniel Sepúlveda Jiménez, Orsohe Ramírez Abarca y Luis E. Espinosa Torres</i></p>	231
<p>Competitividad en la producción de jitomate en México <i>Raquel Salazar Moreno, Abraham Rojano Aguilar e Irineo López</i></p>	135		
<p>Trigo, la competencia imposible entre México y los Estados Unidos <i>Arturo Chong Eslava, Emanuel Víctor Cruz San Pedro y Samuel Sánchez Domínguez</i></p>	157		
<p>Modelo de transporte del trigo en México <i>Francisco Pérez Soto, Esther Figueroa Hernández y Lucila Godínez Montoya</i></p>	175		
<p>Vehículos aéreos no tripulados en agricultura: productividad e innovación <i>Abraham Rojano Aguilar, Waldo Ojeda Bustamante, Jorge Flores Velázquez, Raquel Salazar Moreno y Fernando Rojano Aguilar</i></p>	191		

MODELO DE TRANSPORTE
DEL TRIGO EN MÉXICO

*Francisco Pérez Soto**
*Esther Figueroa Hernández***
*Lucila Godínez Montoya***

INTRODUCCIÓN

El transporte es el movimiento de productos desde el punto donde se localizan, producen o cultivan, hasta el lugar donde se consumen, distribuyen o almacenan. Después del maíz, el trigo es muy importante para la dieta alimenticia del pueblo mexicano, pues es la base para la elaboración de alimentos que consume en grandes volúmenes como pan, tortillas, pastas, galletas, pasteles, entre otros. El problema del transporte en México radica en la distribución de éstos, de los centros productores a los de consumo, por falta de información eficaz y oportuna de la ubicación y monto de manejo de los mercados. Este problema cobra importancia en la medida en que representa un gran porcentaje en los costos de comercialización.

* Profesor investigador del Departamento de economía agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, correo electrónico: perezsotof@hotmail.com.

** Profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Texcoco, correo electrónico: esfigue_3@yahoo.com.mx.

*** Profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Texcoco.

En este ensayo se emplea como metodología la programación lineal como herramienta de análisis, utilizando el programa LINDO para la solución de este tipo de problemas, dada la relevancia que el tema tiene para la competitividad como la productividad; para dicho estudio se contemplan los 32 estados de la República Mexicana por considerar al trigo como un grano necesario para el consumo de la sociedad; se tomó como periodo base de estudio el año 2009, dados los impactos de la relevancia de la crisis alimentaria y como antecedente fundamental para los retos que se enfrentan en el actual sexenio (2013 a 2018) en cuanto a la producción de alimentos y su distribución. El valor de la función objetivo es de 1345448000. Para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla es necesario que se haga la distribución del trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo; la producción total es distribuida en 19 estados de la República.

El transporte es el movimiento de personas, propiedades o productos desde el punto donde se localizan, producen o cultivan, hasta el lugar donde se consumen, distribuyen o almacenan. Éste desempeña un papel vital en la vida social, económica y política del mundo y de las naciones o comunidades. Estas empresas, sean de propiedad pública o privada existen para servir al público en forma directa y como parte integral de la distribución, proceso y manufactura de productos. La mayor utilidad que produce es el costo que se agrega a la mercancía por el hecho de moverla de su lugar de producción a donde falta. Sin estos actuales sistemas, las mercancías no podrían llegar a los centros de consumo y la escasez aumentaría su valor. Si éste no fuese rápido y eficiente la industria estaría limitada a elaborar productos con materias primas locales y al mismo tiempo estos se venderían en ese mismo mercado, o en el más cercano. El transporte adecuado y eficiente le permite a la industria llegar a los mercados locales, regionales,

nacionales y probablemente a los internacionales. Así, entonces, coadyuva a que grandes núcleos de población distribuidos en zonas muy extensas dispongan en abundancia de productos (Mercado S, 1994).

A nivel mundial, durante el periodo 2000 a 2007, de los granos, el más importante para consumo humano fue el trigo, con un promedio de 496 millones de toneladas; el principal país consumidor fue China con una participación del 20 por ciento, le sigue la India con 14, la Unión Europea con 13, Estados Unidos con 6, Rusia con 5, Paquistán con 4, Turquía con 3 y el restante 35 por ciento, es consumido por los demás países; se espera que en los próximos años (para 2020) el comercio del trigo se incremente a nivel mundial en un 15 por ciento. El consumo de trigo es realizado por la industria de la molienda; es decir, la productora de harina de trigo y ésta a su vez por las industrias del pan, productos horneados, pastas alimenticias, cereales para desayuno y botanas (FIRA, 2008).

IMPORTANCIA

La investigación de operaciones es un método que permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen un sistema, dado un objetivo específico. Ésta se utiliza en tres tipos de problemas: determinísticos, con riesgo y bajo incertidumbre. Los determinísticos son aquellos en los que cada alternativa del problema tiene una y sólo una solución. Como hay varias alternativas, hay también varias soluciones, cada una con una diferente eficiencia y/o efectividad asociada a los objetivos del sistema. Por lo tanto, existe el problema de decisión. Los de riesgo son aquellos en los que cada alternativa del problema –hay más de dos– tiene varias soluciones. Cada una puede ocurrir con una cierta probabilidad. La distribución de estas probabilidades se conoce o se puede estimar. Los problemas

bajo incertidumbre son aquellos en los que cada alternativa del problema tiene varias soluciones. Sin embargo se ignora con qué probabilidad o distribución probabilística ocurrirán estas soluciones (Prawda J, 1999).

La programación lineal es una metodología que se utiliza en la solución de problemas en los que se desea maximizar o minimizar una función lineal de una o más variables, llamada función objetivo, sujeta a ciertas limitaciones (restricciones) que se pueden representar como desigualdades o igualdades de funciones lineales de las variables (Bueno de Arjona G, 1987).

Se aplica exitosamente en el ejército, la agricultura, la industria, la transportación, la economía, los sistemas de salud e incluso, en las ciencias conductuales y sociales.

El modelo de transporte es una clase especial de problema de programación lineal. Trata la situación en la cual se envía un bien, de los puntos de origen a los de destino. El objetivo es determinar las cantidades enviadas desde cada punto de origen hasta cada destino, que minimicen el costo total del envío, al mismo tiempo que satisfagan tanto los límites de la oferta como los requerimientos de la demanda. El modelo supone que el costo de envío en una ruta determinada es directamente proporcional al número de unidades enviadas en esa ruta (Taha H, 1997).

Por otro lado, el segundo grano más importante en México, el trigo, principalmente se destina al consumo humano, y los productos finales más importantes son pan, productos horneados (galletas, pastel, pizzas, etc.), pastas, cereales para desayuno, botanas y tortilla; para obtener éstos productos la primer fase que se realiza es la producción de harina mediante el proceso de molienda (FIRA, 2008).

El objetivo de esta investigación es encontrar el plan óptimo de transporte para el abasto de este grano, con el fin de encontrar las rutas óptimas de distribución que evite costos innecesarios,

empleando la programación lineal a través del modelo de minimización de costos de transporte.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trigo es uno de los principales granos empleados para la alimentación, el cual junto con el maíz y el arroz, se producen en una gran cantidad de países. Después del maíz, el trigo es muy importante para la dieta alimenticia del pueblo mexicano, pues es la base para la elaboración de productos que consume en grandes volúmenes tales como pan, tortillas, pastas, galletas, pasteles, entre otros. La producción agrícola nacional tiene dos ciclos de cultivo claramente definidos por las condiciones agroclimáticas, las cuales no se ajustan a las demandas de la industria pecuaria y alimentaria, lo que provoca en la práctica, la presencia de picos de producción con una oferta que logra exceder la demanda por algunos espacios temporales en el año, y grandes vacíos con disponibilidad de granos por debajo de la demanda. Estas "lagunas" o "vacíos" son cubiertos mediante importaciones (FIRA, 2008). El problema del transporte en México radica en la distribución del producto de los centros productores a los de consumo, a consecuencia de la falta de información eficaz y oportuna de la ubicación y monto de manejo de los mercados. Esta desinformación limita a los productores a ofrecer sus artículos en lugares adecuados, haciendo que en la mayoría de las ocasiones el producto recorra grandes distancias cuando puede venderse en un lugar más cercano, incrementando así la utilidad al disminuir los costos de transporte. Este hecho cobra importancia en la medida en que éste representa un gran porcentaje de los costos de comercialización. Ante este panorama es necesario desarrollar un modelo que reduzca el costo de transporte del trigo.

JUSTIFICACIÓN

Para el año 2009 se tuvo una superficie sembrada de 866 022.51 hectáreas de trigo a nivel nacional, obteniendo una producción de 4 116 161.43 toneladas de grano, con un valor de la producción que ascendió a \$11 905 062 089.74; de igual modo destaca la importancia del rendimiento por hectárea, que para el mismo periodo fue de 4.969 ton/ha a nivel nacional (Siacon, Sagarpa, 2009).

Un aspecto importante de este estudio es la distribución óptima de la producción obtenida de los centros oferentes a los demandantes, para que ésta se lleve a cabo, se aplica como técnica la programación lineal a través de un modelo de transporte.

Un modelo de programación lineal está compuesto de tres partes, una función objetivo, un conjunto de restricciones y uno de desigualdades.

La estructura del transporte se expresa suponiendo que m son los orígenes que deben surtir a n , que son los centros de consumo con un cierto producto. La capacidad de oferta del origen i es a_i , i ($i=1, \dots, m$), y la demanda en el centro consumo j es b_j , j ($j=1, \dots, n$). Se supone que c_{ij} es el costo de enviar una unidad del producto del origen i al centro de consumo j ($i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$). El problema se reduce a determinar cuántas unidades del producto deben enviarse del origen i al centro de consumo j , de manera tal que minimicen los costos totales de distribución, se satisfaga la demanda del centro de consumo j y no se exceda la capacidad de oferta del origen i .

La formulación del problema lineal es:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} \quad (1.1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq a_i \quad i=1, \dots, m \quad (1.2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j \quad j=1, \dots, n \quad (1.3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i=1, \dots, m \quad (1.4)$$

$$J=1, \dots, n$$

Con la adición de variables de holgura y superfluas, el problema anterior se escribe de esta forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = a_i \quad i=1, \dots, m$$

$$(PT) \quad \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad j=1, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad i=1, \dots, m$$

$$J=1, \dots, n$$

Esta última formulación lineal (PT) se denomina una estructura de transporte. La restricción (1.2) indica que todo el flujo del producto que emana del origen i y que se envía a todos los posibles m destinos, no puede exceder a la oferta del origen i que es a_i . Existe una restricción de ese tipo por cada origen. La restricción (1.3) indica que todo el flujo del producto que llega al centro de consumo j de todos los posibles n orígenes debe satisfacer la demanda del centro de consumo b_j . Existe una restricción de este tipo por cada centro de demanda. Las restricciones de no negatividad (1.4) indican que el sentido del flujo del producto es de los orígenes a los destinos únicamente (Prawda J, 1999).

El objetivo general es realizar una metodología para formular un modelo óptimo de la distribución del trigo en México, que permita minimizar el costo de transporte. Entre los objetivos particulares están los siguientes:

correspondientes al costo de transporte de los distintos centros de origen a los diferentes estados demandantes.

Para el caso de la oferta, sólo se coloca la variable X con sus respectivos subíndices, considerando que se tienen únicamente cinco restricciones de oferta. De igual modo, para la demanda se tienen 27 limitaciones. La formulación del modelo de transporte se conformó con 135 variables y 32 restricciones (cinco de oferta y 27 de demanda).

MODELO DE TRANSPORTE DE TRIGO

Función objetivo

Min C.

$$\begin{aligned}
 &1158X_{11}+840X_{12}+1876X_{13}+866X_{14}+1186X_{15}+1732X_{16}+1317X_{17}+95 \\
 &2X_{18}+1425X_{19}+1335X_{110}+867X_{111}+1275X_{112}+1186X_{113}+1368X_{114}+ \\
 &937X_{115}+1067X_{116}+1547X_{117}+1377X_{118}+1223X_{119}+1970X_{120}+1144 \\
 &X_{121}+696X_{122}+1687X_{123}+1326X_{124}+1515X_{125}+1959X_{126}+1048X_{127}+ \\
 &475X_{21}+1457X_{22}+1274X_{23}+313X_{24}+745X_{25}+1267X_{26}+852X_{27}+459 \\
 &X_{28}+865X_{29}+723X_{210}+383X_{211}+706X_{212}+639X_{213}+758X_{214}+615X_{215} \\
 &+500X_{216}+944X_{217}+775X_{218}+615X_{219}+1367X_{220}+513X_{221}+522X_{222} \\
 &+1085X_{223}+696X_{224}+913X_{225}+1352X_{226}+417X_{227}+161X_{31}+1891X_{32} \\
 &+689X_{33}+356X_{34}+395X_{35}+545X_{36}+243X_{37}+447X_{38}+357X_{39}+184X_{310} \\
 &+227X_{311}+153X_{312}+92X_{313}+231X_{314}+334X_{315}+347X_{316}+360X_{317}+ \\
 &253X_{318}+84X_{319}+782X_{320}+159X_{321}+517X_{322}+467X_{323}+421X_{324}+60 \\
 &0X_{325}+716X_{326}+234X_{327}+688X_{41}+1300X_{42}+1406X_{43}+535X_{44}+716X_{45} \\
 &+1262X_{46}+844X_{47}+482X_{48}+955X_{49}+865X_{410}+533X_{411}+805X_{412}+ \\
 &715X_{413}+885X_{414}+467X_{415}+1000X_{416}+1076X_{417}+907X_{418}+752X_{419}+ \\
 &1500X_{420}+753X_{421}+301X_{422}+1217X_{423}+995X_{424}+1045X_{425}+1484X_{426} \\
 &+632X_{427}+402X_{51}+2210X_{52}+524X_{53}+543X_{54}+496X_{55}+380X_{56}+2 \\
 &33X_{57}+500X_{58}+243X_{59}+104X_{510}+141X_{511}+141X_{512}+289X_{513}+128X_{514} \\
 &+440X_{515}+495X_{516}+259X_{517}+83X_{518}+205X_{519}+616X_{520}+334X_{521} \\
 &+693X_{522}+447X_{523}+309X_{524}+217X_{525}+602X_{526}+360X_{527}
 \end{aligned}$$

Restricción de oferta

$$\begin{aligned}
 &X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{110}+X_{111}+X_{112}+X_{113}+X_{114} \\
 &+X_{115}+X_{116}+X_{117}+X_{118}+X_{119}+X_{120}+X_{121}+X_{122}+X_{123}+X_{124}+X_{125}+X_{126} \\
 &+X_{127} = 382876
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{210}+X_{211}+X_{212}+X_{213}+X_{214} \\
 &+X_{215}+X_{216}+X_{217}+X_{218}+X_{219}+X_{220}+X_{221}+X_{222}+X_{223}+X_{224}+X_{225}+X_{226} \\
 &+X_{227} = 367789
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{310}+X_{311}+X_{312}+X_{313}+X_{314} \\
 &+X_{315}+X_{316}+X_{317}+X_{318}+X_{319}+X_{320}+X_{321}+X_{322}+X_{323}+X_{324}+X_{325}+X_{326} \\
 &+X_{327} = 290271
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47}+X_{48}+X_{49}+X_{410}+X_{411}+X_{412}+X_{413}+X_{414} \\
 &+X_{415}+X_{416}+X_{417}+X_{418}+X_{419}+X_{420}+X_{421}+X_{422}+X_{423}+X_{424}+X_{425}+X_{426} \\
 &+X_{427} = 1648526
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &X_{51}+X_{52}+X_{53}+X_{54}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{58}+X_{59}+X_{510}+X_{511}+X_{512}+X_{513}+X_{514} \\
 &+X_{515}+X_{516}+X_{517}+X_{518}+X_{519}+X_{520}+X_{521}+X_{522}+X_{523}+X_{524}+X_{525}+X_{526} \\
 &+X_{527} = 29354
 \end{aligned}$$

Restricción de demanda

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+X_{41}+X_{51} \leq 78797$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+X_{42}+X_{52} \leq 21843$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+X_{43}+X_{53} \leq 54663$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34}+X_{44}+X_{54} \leq 159297$$

$$X_{15}+X_{25}+X_{35}+X_{45}+X_{55} \leq 43234$$

$$X_{16}+X_{26}+X_{36}+X_{46}+X_{56} \leq 318615$$

$$X_{17}+X_{27}+X_{37}+X_{47}+X_{57} \leq 590056$$

$$X_{18}+X_{28}+X_{38}+X_{48}+X_{58} \leq 66650$$

$$X_{19}+X_{29}+X_{39}+X_{49}+X_{59} \leq 225216$$

$$X_{110}+X_{210}+X_{310}+X_{410}+X_{510} \leq 168580$$

$$X_{111}+X_{211}+X_{311}+X_{411}+X_{511} \leq 343777$$

$$\begin{aligned}
 X_{112} + X_{212} + X_{312} + X_{412} + X_{512} &\leq 976416 \\
 X_{113} + X_{213} + X_{313} + X_{413} + X_{513} &\leq 105630 \\
 X_{114} + X_{214} + X_{314} + X_{414} + X_{514} &\leq 118151 \\
 X_{115} + X_{215} + X_{315} + X_{415} + X_{515} &\leq 72150 \\
 X_{116} + X_{216} + X_{316} + X_{416} + X_{516} &\leq 308726 \\
 X_{117} + X_{217} + X_{317} + X_{417} + X_{517} &\leq 234160 \\
 X_{118} + X_{218} + X_{318} + X_{418} + X_{518} &\leq 380681 \\
 X_{119} + X_{219} + X_{319} + X_{419} + X_{519} &\leq 121558 \\
 X_{120} + X_{220} + X_{320} + X_{420} + X_{520} &\leq 88063 \\
 X_{121} + X_{221} + X_{321} + X_{421} + X_{521} &\leq 171595 \\
 X_{122} + X_{222} + X_{322} + X_{422} + X_{522} &\leq 85726 \\
 X_{123} + X_{223} + X_{323} + X_{423} + X_{523} &\leq 148881 \\
 X_{124} + X_{224} + X_{324} + X_{424} + X_{524} &\leq 216995 \\
 X_{125} + X_{225} + X_{325} + X_{425} + X_{525} &\leq 507240 \\
 X_{126} + X_{226} + X_{326} + X_{426} + X_{526} &\leq 129876 \\
 X_{127} + X_{227} + X_{327} + X_{427} + X_{527} &\leq 63635
 \end{aligned}$$

Interpretación de las variables

X_{11} = Costo de viaje por tonelada de Mexicali a Aguascalientes.

X_{12} = Costo de viaje por tonelada de Mexicali a La Paz.

RESULTADOS

La solución óptima está conformada por el valor de la función objetivo y las variables seleccionadas. Así entonces, el valor de la función objetivo es de 1345448000. Para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla es necesario la distribuir el trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo, como a continuación se describe:

- 1) La ciudad oferente Mexicali, Baja California, debe abastecer a las ciudades demandantes: La Paz, Baja California, con

- 2) 21843 toneladas; a Guadalajara, Jalisco, con 212152 toneladas y a Villahermosa, Tabasco, con 148881 toneladas.
- 2) La ciudad oferente Chihuahua, Chihuahua, debe abastecer a las ciudades demandantes: Torreón, Coahuila, con 159297 toneladas; a San Luis Potosí, San Luis Potosí, con 171595 y a la ciudad de Zacatecas con 36897 toneladas.
- 3) Celaya, Guanajuato, debe abastecer a Toluca, Estado de México, con 168713 toneladas y a Querétaro, Querétaro, con 121558 toneladas.
- 4) Ciudad Obregón, Sonora, debe abastecer a las ciudades demandantes: Aguascalientes, Aguascalientes, con 78797 toneladas; a Manzanillo, Colima, con 43234 toneladas; Durango, Durango, con 66650 toneladas; a Guadalajara, Jalisco, con 131625 toneladas; Toluca, Estado de México, con 729250 toneladas; a Morelia, Michoacán, con 105630 toneladas; Tepic, Nayarit, con 72150 toneladas; a Monterrey, Nuevo León, con 308726 toneladas; Culiacán, Sinaloa, con 85726 toneladas y a la ciudad de Zacatecas, Zacatecas, con 26738 toneladas.
- 5) Apizaco, Tlaxcala, debe abastecer a la ciudad de Puebla, con un volumen de 29354 toneladas.

La solución del modelo indica que los orígenes mejor ubicados son los que aparecen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estados productores tipo I

Estado	Oferta	Volumen ubicado (ton)	Diferencia
Apizaco	29354	29354	0
Cd. Obregón	1648526	1648526	0
Celaya	290271	290271	0
Chihuahua	367789	367789	0
Mexicali	382876	382876	0
Total	2718816	2718816	0

Fuente: Salida del modelo.

Los estados productores tipo I son aquellos en los cuales toda la producción se distribuye en los diferentes estados demandantes, o sea, se abastece todo el volumen producido.

La ruta de distribución del trigo de estos estados, es la que muestra el cuadro 2.

Cuadro 2. Rutas de distribución de los estados productores tipo I

Origen Estados oferentes	Destinos Estados demandantes	Envíos Volumen (ton)
Apizaco	Puebla	29 354
Cd. Obregón	Aguascalientes	78 797
	Manzanillo	43 234
	Durango	66 650
	Guadalajara	131 625
	Toluca	72 925
	Morelia	105 630
	Tepic	72 150
	Culiacán	85 726
	Zacatecas	26 738
	Monterrey	308 726
Celaya	Toluca	168 713
	Querétaro	121 558
Chihuahua	Torreón	159 297
	S.L.P	171 595
	Zacatecas	36 897
Mexicali	La Paz	21 843
	Guadalajara	212 152
	Villahermosa	148 881

Fuente: Salida del modelo.

CONCLUSIONES

La programación lineal se aprecia cuando se hace notar que sirve para asignar recursos limitados entre distintas actividades alternativas para cumplir con un objetivo de optimalidad.

El valor de la función objetivo es de 1 345 448 000, lo que indica que para que el valor óptimo de la función objetivo se cumpla es necesario que se distribuya el trigo a través de las rutas seleccionadas por el modelo.

Los estados productores tipo I son aquellos en los cuales toda su producción se distribuye en los diferentes estados demandantes, o sea, se abastece todo el volumen producido.

Toda la producción se logra ubicar en 19 estados de la República Mexicana, éstos representan el 59.37 por ciento del abasto.

México es un país deficitario en la producción de trigo y para satisfacer la demanda interna insatisfecha tiene que acudir a las importaciones de este grano en países que tienen un excedente del mismo.

Las rutas planteadas por el modelo sirven de guía a las asociaciones de productores para que tomen decisiones, ya que contribuye a que el transporte que utilizan sea más eficiente y se reduzcan costos en caso de que sigan otras vías.

Un trabajo más completo se puede hacer complementando el modelo con información de carácter econométrico que pueda dar mejores estimaciones. Aquí sólo se establece una premisa metodológica que permite una planeación más objetiva.

La estructura del modelo y la interpretación de sus componentes sirven de base para la explicación de estrategias de política agrícola, permitiendo conocer el impacto de las variaciones a través de la simulación de escenarios.

FUENTES CONSULTADAS

- BUENO, Graciela (1987): *Introducción a la programación lineal y al análisis de sensibilidad*, México, Ed. Trillas.
- FIRA, (2008): *Situación actual y perspectivas de los granos en México*, núm. 322, Vol. XXXVII.
- GONZÁLEZ, Charles (1988): *Modelación matemática de los procesos económicos en la agricultura*, Cuba, Ed. Pueblo y educación, pp. 251-301.
- MEDINA, S. V. León *et al.* (2007): "Utilización del modelo de transporte para la asignación de trabajos a máquinas considerando prioridades", Ingeniería, *Revista Académica de la FI-UADY*, (mayo-agosto), Vol. 11, núm. 2, (México).
- MERCADO, Salvador (1994): *Comercio Internacional I. Mercadería internacional Importación-Exportación*, México, Limusa.
- Sagarpa, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011): Resumen nacional por cultivo [disponible en]: <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346> [consultado el 23 de febrero].
- PRAWDA, Juan. (1999): *Métodos y modelos de investigación de operaciones. Modelos determinísticos*, Vol. I, México, Limusa.
- TAHA, Hamdy (2011): *Investigación de operaciones. Una introducción*, Ed. Pearson Prentice Hall [disponible en]: <www.fletes.com> [consultado el 12 de marzo].

Productividad, Competitividad e Innovación en el Campo Mexicano
Gerónimo Barrios Puente y Giovanni Jiménez Bustos (coordinadores)

Se terminó de imprimir y encuadernar
en septiembre de 2014, en los talleres de

Milenio3-Genera

Tiraje: 1000 ejemplares.