

BALANCE OFERTA-DEMANDA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN MÉXICO CON PROGRAMACIÓN LINEAL.

CORN (*Zea mays L.*) SUPPLY AND DEMAND BALANCE IN MEXICO WITH LINEAR PROGRAMMING.

*María Eugenia Estrada Chavira*¹, *Marcos Portillo Vázquez*², *Luis Félix Gutiérrez*³, *Imelda Vargas Abasolo*⁴ y *Sergio Ernesto Medina Cuéllar*⁵

RESUMEN

El consumo de maíz en México es de origen cultural, ya que el maíz es la base de la alimentación mexicana, así mismo, el maíz es utilizado en la preparación de harina de maíz, jarabe de maíz, etanol de maíz, entre otras. Los principales estados productores de maíz en México son: Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Estado de México y Guanajuato, estados que a pesar de que están bien distribuidos en el país existe un desbalance de oferta y demanda. Ante esta situación, los grandes productores se ven en la necesidad de llevar su producto a otros estados del país y la comercialización es muy costosa lo que encarece el producto. Con el propósito de establecer alternativas que moderen los desbalances de oferta y demanda de maíz en México, para realizar una mejor distribución de la producción, en esta investigación, se elaboraron dos modelos de transporte con programación lineal utilizando el software LINDO: uno con las disponibilidades de producción y otro con las potencialidades de cada

-
- ¹ Dra. en Ciencias en Economía Agrícola, Profesora de la Universidad Politécnica de Tecámac, México. mestrada@hotmial.com.
² Doctor y Profesor-Investigador en Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, México. mportillo49@yahoo.com.mx.
³ Dr. en Ciencias en Economía Agrícola, Profesor Instituto Tecnológico de Huejutla, Estado de Hidalgo, México. lfelizgtz@yahoo.com.mx.
⁴ Dra. en Ciencias en Economía Agrícola. imeldavargas.a@yahoo.com
⁵ Dr. en Ciencias en Economía Agrícola, Departamento de Arte y Empresa de Universidad de Guanajuato, Estado de Guanajuato, México. don_sergio@hotmail.com

Este artículo fue recibido 03 de junio 2018 y su publicación aprobada el 31 de julio 2018.

estado. La mayor oferta fue en Sinaloa y la menor en Campeche. La mayor demanda se presentó en el Estado de México y la menor en Oaxaca. Se concluye que, México puede satisfacer la demanda interna total de maíz produciendo a su máximo potencial disponible, con el uso de la tecnología y realizando mejores planeaciones agrícolas.

Palabras clave: *Demanda, destino, maíz, oferta, origen y programación lineal.*

ABSTRACT

The corn consumption in Mexico has a cultural origin. Because of the corn is the basis of the Mexican food, also, the corn is used to prepare corn flour, syrup, ethanol, etc. The main states corn producers in Mexico's are: Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Mexico State and Guanajuato, states that even when they are well distributed in the country there is a supply and demand unbalance. With this situation, the big producers have the necessity to take the corn to other states in the country and it has a cost that increases the product price. With the purpose to establish alternatives that moderate the supply and demand corn imbalance in Mexico, to make a better production distribution, in this research, there were elaborated two transport models with linear programming using the LINDO software: one with the production available and other with the potentialities of each state. The highest supply was in Sinaloa and the lowest in Campeche. The highest demand in Estado de Mexico and the lowest in Oaxaca. It was concluded that, Mexico can satisfy its total corn demand producing its highest potential available, with the use of technology and doing better planning.

Keywords: *Corn, supply, demand, linear programming, origin and destination.*

1. INTRODUCCIÓN

El gobierno federal dentro del eje del desarrollo del Sector Primario ha planteado una estrategia con enfoque de sistema producto plasmado en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.

El plan rector del sistema producto maíz tiene como objetivo general identificar los factores que determinan la competitividad en cada uno de los eslabones que lo conforman con el propósito de plantear un conjunto de acciones concretas que garanticen la consolidación de todos los participantes como unidades económicas rentables en el largo plazo, con el propósito de promover condiciones de competitividad y rentabilidad para todos sus eslabones de la cadena de valor del maíz, empleando para ello el bagaje histórico y tradicional que el cultivo encierra a fin de estimular el consumo interno y recuperar los mercados de exportación de otros años (SAGARPA, 2015).

La producción de maíz en México es de origen cultural, ya que este grano es el principal producto de la dieta mexicana. Además de emplearse en la alimentación humana se emplea también como forraje y es utilizado en la industria para producir harina, jarabe, etanol entre otras aplicaciones.

En el 2013, a nivel mundial los principales cinco productores de maíz en orden de importancia fueron: Estados Unidos de América (353.7 millones de toneladas), China (218.5 millones de toneladas), Brasil (80.3 millones de toneladas), Argentina (32.2 millones de toneladas) y Ucrania (30.9 millones

de toneladas). Mientras que México produce (22.6 millones de toneladas) ocupando el séptimo lugar en producción.

Los principales exportadores en 2012, fueron: Estados Unidos de América (31.5 millones de toneladas), Brasil (19.8 millones de toneladas), Argentina (17.8 millones de toneladas), Ucrania (16.8 millones de toneladas), y Francia (6.2 millones de toneladas). Los países importadores en el mismo año: Japón (14.8 millones de toneladas), Unión Europea (12) (12.9 millones de toneladas), Unión Europea (15) (12.8 millones de toneladas). China (9.5 millones de toneladas), China (Excepto Hong Kong y Macao) (9.5 millones de toneladas) (FAO, 2015).

En México, la producción total para 2014, de acuerdo a datos del (SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2015), fue de 23.2 millones de toneladas en una superficie sembrada de 7.4 millones de hectáreas, con un rendimiento de 3.3 toneladas por hectárea, con un precio medio rural de \$3,115 pesos por tonelada, con un valor de la producción de 75.5 millones de pesos.

Los cinco principales productores de maíz para 2014, fueron: Jalisco (3.4 millones de toneladas), Sinaloa (3.6 millones de toneladas), Michoacán (1.9 millones de toneladas), Estado de México (1.8 millones de toneladas), y Guanajuato (1.42 millones de toneladas).

La producción agrícola en México tiene eficiencias en la planeación de la distribución del producto ya que las regiones altamente productoras

incurren en altos costos de transporte para llevar la producción a los lugares de demanda.

Cada año varias regiones del país presentan excesos de producción, mientras que otras presentan dificultades para abastecer la demanda. En ambos casos el productor se ve afectado, ya que si el precio aumenta por escasez de producto no tiene que vender y si el año es bueno el precio es muy bajo y obtiene pocos ingresos.

Por otra parte, se tienen problemas intermedios, ya que al existir déficits se acude a la importación del grano al precio que se ofrezca y creando una dependencia del exterior. En cambio, si hay exceso de producción al buscar mercados alternativos se acepta el precio estipulado para no pagar almacenaje.

El método de programación lineal es un método que ayuda a identificar los lugares convenientes para la producción de maíz e identifica los lugares peor ubicados y así descartarlos como zonas de producción y en el caso de lugares con exceso de oferta buscar alternativas para el excedente.

Por lo tanto, ¿Es posible distribuir la producción de maíz de las zonas altamente productoras a las zonas deficitarias? ¿Es posible abastecer la demanda nacional con la oferta potencial nacional en la producción de maíz?

El objetivo general que se estableció fue, establecer algunas alternativas que moderen los desbalances de oferta y demanda de maíz en México. Como objetivo particular se propone, identificar las zonas productoras y las zonas consumidoras de maíz en México y obtener las

potencialidades estatales para determinar si la oferta potencial satisface la demanda de maíz en México. Para lo cual, establecer un modelo de transporte en programación lineal para distribuir de las zonas productoras de maíz a las zonas deficitarias del producto, estimando los volúmenes demandados y ofrecidos.

Lo anterior bajo la hipótesis de que es posible realizar una distribución de la producción de maíz de las zonas productoras a las zonas deficitarias, disminuyendo el precio de los consumidores. Ya que la distribución de la producción no está bien planeada de acuerdo a la demanda de maíz y se incurre en gastos de transporte mayores a los necesarios.

La metodología empleada constó de la elaboración de un modelo de transporte mediante programación lineal, en la cual se definieron los estados de origen como los más altamente productivos y los estados de destino a aquellos estados deficitarios del producto, con base en el consumo local obtenido del consumo *per cápita* por la población estatal. Se elaboraron dos modelos uno tomando en cuenta las disponibilidades actuales de producción y otro tomando en cuenta las potencialidades de cada estado.

A continuación algunas investigaciones donde es utilizado el modelo de transporte con programación lineal como método para realizar distribuciones de producción de los lugares de origen a los centros de destino. En su investigación, (Gutiérrez Z., 2015). Con el objetivo de que los precios al consumidor final disminuyan, ya que al no existir una buena planeación se siguen rutas que no son las más adecuadas y eso provoca gastos innecesarios, lo que se refleja en precios más elevados al consumidor final, utilizó un

modelo de transporte de costo mínimo para la distribución de sorgo en grano en México.

Uno de los principales problemas de la producción primaria en México es que no hay una forma de distribuir eficientemente los alimentos de los centros de producción a los centros de consumo. Su objetivo fue elaborar un modelo de transporte de mínimo costo para toronja en México y así obtener una red de rutas óptimas para la distribución del producto, (López, G., 2015).

Por otra parte, un modelo de optimización de cebolla fue presentado como ejemplo para la distribución de productos agrícolas a los diferentes centros consumidores del producto. El objetivo fue identificar los lugares con potencialidad productiva que están mejor ubicados con respecto a los centros consumidores y recomendar donde y en qué cantidad debe producirse este bien para mantener en equilibrio la oferta y demanda, (Ramírez, A., 2013).

Con el objetivo de mejorar la planeación en la distribución del maíz blanco a las diferentes entidades federativas de México, (Toxqui, 2013), utilizó un modelo de transporte de programación lineal con información de producción, consumo y costos de transporte en 2010. Obteniendo rutas óptimas de distribución.

Por su parte, (Rojas, A., 2013), argumentó que el principal problema de transporte en México radica en la distribución del producto de los centros productores a los centros de consumo, por falta de información oportuna. El objetivo en su investigación fue formular un modelo que optimice la distribución de trigo y minimice el costo de transporte.

Los resultados obtenidos muestran que existen ocho zonas de producción de maíz y 23 lugares demandantes de maíz, ante tal situación es necesario la importación de maíz. El estado con mayor nivel de oferta es Sinaloa y en menor medida de los oferentes Campeche. Los estados más demandantes de maíz en México fueron el Estado de México y D.F. que fueron reportados en uno solo, y el de menor demanda fue el estado de Oaxaca. Concluyendo que si México explota sus potencialidades de maíz es decir, producir su máxima producción como en el periodo 2000 -2013, puede ser autosuficiente en la oferta y demanda del producto en cuestión.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue basada en el uso de la programación lineal, considerada como un método auxiliar en la toma de decisiones entre un gran número de alternativas para la planificación del sector agropecuario (Beneke & Winterboer, 1984).

Supuestos de la Programación Lineal

- **Linealidad:** Indica que la relación funcional entre la cantidad de recursos y la producción correspondiente es constante es decir, los coeficientes insumo-producto son constantes.
- **Aditividad:** La cantidad total de recursos usados en todos los procesos es igual a la suma de los recursos usados en cada proceso.
- **Divisibilidad:** Los recursos pueden usarse y los productos obtenerse a cualquier nivel fraccionario.

- Finitud: Asegura que el número del proceso disponible del cual se selecciona la solución óptima es un número finito.
- Certidumbre: Los valores de los coeficientes técnicos, precios y las ofertas de recursos se conocen con certeza.

El modelo de transporte es un problema de programación lineal que se puede resolver con el método simplex. El modelo determina un plan de costo mínimo para transportar una mercancía desde varias fuentes a varios destinos. Por lo que es necesario contar con el nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino, así como, el costo de transporte unitario de la mercancía de cada fuente a cada destino. El objetivo del modelo de transporte es determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo total.

Si la oferta en el origen i es a_i , la demanda en el destino j es b_j , el costo de transporte unitario desde el origen i hasta el destino j es c_{ij} y la cantidad transportada de i a j es x_{ij} , entonces, el modelo de transporte, de acuerdo a (Taha, 1995), sería:

$$\text{Min } X_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeta a } \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j$$

Con $Y_{ij} \geq 0$

donde $i = 1, 2, 3, \dots, m$ y $j = 1, 2, 3, \dots, n$

La función objetivo indica una minimización del costo de transporte desde todos los orígenes hasta todos los destinos, considerando el costo unitario de transporte y la cantidad transportada.

La primera restricción (de oferta) indica que la cantidad transportada desde esa fuente (origen) a los diferentes destinos, no debe ser mayor que a lo que allí se produce (oferta). La segunda restricción (de demanda) implica que la cantidad transportada a un destino debe por lo menos satisfacer la demanda.

La condición de no negatividad impide obtener resultados negativos, ya que carecen de interpretación económica alguna.

Del resultado obtenido se puede hacer un análisis de sensibilidad para determinar las variaciones en los costos o cambios en el valor óptimo obtenido, por medio de los precios sombra. Existen dos tipos de precios sombra. Los precios sombra de las actividades también conocidos como costos reducidos. Los precios sombra de los recursos conocidos como precios duales.

El costo reducido en un problema de minimización expresa el incremento en el valor óptimo por incluir en el programa una actividad excluida o también expresa la magnitud en la que se debe disminuir el valor

unitario (costo) para que la actividad sea incluida en la solución óptima. Solo tienen costo reducido las actividades excluidas en la solución óptima.

El precio dual, tiene referencia al cambio en el valor óptimo ante un cambio unitario del recurso. En un problema de minimización el precio dual es el incremento que tendría el valor óptimo al aumentar en una unidad adicional el requerimiento o en su defecto, el decremento en el valor óptimo ante una baja de una unidad en el requerimiento. Sólo tienen precio dual los recursos que se agotan en el proceso.

La información fue obtenida de diferentes fuentes electrónicas como son el SIAP, el segundo informe de gobierno, SAGARPA, INEGI, entre otras. Se obtuvo la producción por estado del año 2013, el consumo nacional *per cápita* de maíz (246.9 kilogramos), y la población estatal del mismo año. El consumo local es el producto del consumo *per cápita* por la población. La diferencia entre la producción y el consumo local nos indica si el estado es un oferente o un demandante es decir, un origen o un destino. Si la diferencia es positiva existe un exceso de producción, el estado se convierte en oferente (origen en el modelo), el cual debe distribuir su producción excedentaria entre los estados deficitarios. Si la diferencia es negativa el estado es destino es decir, tiene que abastecer su demanda de otros estados oferentes.

Se identifican las distancias de los orígenes (zonas de producción) a los centros de consumo, considerando para los oferentes la ciudad más cercana al distrito de desarrollo rural de mayor producción. Y para los destinos la ciudad donde se ubica la central de abastos del estado en cuestión. Se utilizó un factor de transporte de \$ 2, 600 como costo fijo y un costo

variable de \$ 18.00 por kilómetro recorrido (2 km por litro de diesel), para un camión de 20 toneladas, dividiéndose entre 20 para obtener el costo por tonelada.

Se realizó un programa de transporte con el software LINDO 6.1. Max ST, para determinar el costo mínimo de arrastre de una tonelada de producto desde las zonas de producción hasta los centros de consumo. La demanda supera a la oferta se consideró a la oferta como restricciones iguales a su lado derecho, es decir como una condición necesaria de que toda la oferta se colocara; mientras que a la demanda no se le forzó a cumplir esta condición ya que la oferta insuficiente no lo permitía. Con los resultados se realizó la primera asignación.

A continuación se obtuvo la producción potencial para los estados oferentes y aún demandantes, obtenida del valor máximo de la producción en el periodo de estudio. De los demandantes se identifica si con la producción potencial estatal se cubre la demanda se hace una segunda asignación de producto, si aún existe demanda insatisfecha se realizó un segundo modelo para realizar una tercera asignación, considerando costos de oportunidad de los estados no incluidos y la producción potencial de los estados oferentes. Para el cálculo de las potencialidades se consideró un periodo de análisis de 2000 a 2013, tomando el máximo valor de la superficie sembrada en el periodo y multiplicarlo por el máximo rendimiento obtenido para obtener la producción potencial. En el caso de la producción disponible es obtenida restando de la producción potencial la producción del último año de estudio considerado.

Se identificaron 8 orígenes y 23 destinos.

Orígenes:	Destinos:
A. Hecelchakán, Campeche	1. Aguascalientes
B. Villa Flores, Chiapas	2. Baja California (Tijuana)
C. Cuahutémoc, Chihuahua	3. Baja California Sur (La Paz)
D. Cortazar, Guanajuato	4. Coahuila (Torreón)
E. Las Vigas, Guerrero	5. Colima
F. La Barca, Jalisco	6. Distrito Federal (Iztapalapa)
G. La Piedad, Michoacán	7. Durango (Gómez Palacio)
H. Los Mochis, Sinaloa.	8. Hidalgo (Pachuca)
	9. Morelos (Cuautla)
	10. Nayarit (Tepic)
	11. Nuevo León (San Nicolás de los Garza)
	12. Oaxaca
	13. Puebla
	14. Querétaro
	15. Quintana Roo (Cancún)
	16. San Luis Potosí
	17. Sonora (Hermosillo)
	18. 18. Tabasco (Villa Hermosa)
	19. Tamaulipas (Ciudad Victoria)
	20. Tlaxcala
	21. Veracruz (Jalapa)
	22. Yucatán (Mérida)
	23. Zacatecas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en información documental de diversas fuentes se elaboró un cuadro resumen de lo existente en la producción de maíz en México, donde destaca que: el principal estado productor de maíz fue Sinaloa con 3,627,777.5 toneladas, siguiéndole en importancia El Estado de México con

2,012,773.6 toneladas y en tercer lugar Veracruz con 1,192,168.58 toneladas. Con respecto al consumo *per cápita* nacional para 2013 fue de 246.9 kg por persona. El estado con mayor consumo local es el Estado de México con 2,432,030 toneladas, el siguiente en importancia fue el Distrito Federal con 1,321,778 toneladas, para el caso de éste estudio ambos consumos locales del D.F y Estado de México, se sumaron en uno. Y en tercer lugar en importancia fue Veracruz con 1,177,537 toneladas. La disponibilidad indica si el estado es oferente o demandante. Si el resultado es positivo es oferente y si es negativo es demandante, (SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2015); (INEGI, 2015); (Presidencia de la República, Gobierno Federal, 2014). (Presidencia de la República, Gobierno Federal, 2012).

Una vez elaborada la matriz de distancias para distribuir la oferta de maíz en los lugares demandantes minimizando la distancia suponiendo que sería también el mínimo costo, ya que se tomó en cuenta un costo inicial más un costo por kilómetro recorrido, existiendo excepciones porque pueden existir vías de comunicación en específico carreteras que sean mejores que otras, pero en esta investigación se hace énfasis en la menor distancia de los centros de origen a los centros de destino, queda como se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Situación actual de la producción de Maíz en México

Estado	Producción (ton)	Población (habitante)	Consumo <i>per cápita</i>	Consumo Local	Disponibilidad (ton)
Aguascalientes	79,955.60	1252265	0.247	309184.22	-229,228.63
Baja California	1,472.35	3381080	0.247	834788.65	-833,316.30
Baja California Sur	21,287.64	718196	0.247	177322.59	-156,034.95
Campeche	440,545.52	880299	0.247	217345.82	223,199.70
Chiapas	1,529,385.18	5119186	0.247	1263927.02	265,458.16
Chihuahua	1,309,634.38	3635966	0.247	897720.00	411,914.37
Coahuila	40,122.14	2890108	0.247	713567.66	-673,445.53
Colima	38,155.67	698295	0.247	172409.03	-134,253.37
Distrito Federal	5,250.60	8893742	0.247	2195864.9	-2,190,614.30
Durango	297,383.44	1728429	0.247	426749.12	-129,365.68
Guanajuato	1,526,682.36	5719709	0.247	1412196.15	114,486.21
Guerrero	989,673.01	3523858	0.247	870040.54	119,632.47
Hidalgo	644,627.83	2806334	0.247	692883.86	-48,256.03
Jalisco	3,303,498.08	7742303	0.247	1911574.61	1,391,923.47
Michoacán	1,746,768.31	4529914	0.247	1118435.76	628,332.54
Morelos	80,498.95	1874188	0.247	462737.017	-382,238.07
México	2,012,773.60	16364210	0.247	4040323.44	-2,027,549.85
Nayarit	193,605.82	1178403	0.247	290947.70	-97,341.88
Nuevo León	99,732.93	4941059	0.247	1219947.46	-1,120,214.54
Oaxaca	628,530.01	3959042	0.247	977487.46	-348,957.46
Puebla	942,170.67	6067607	0.247	1498092.16	-555,921.50
Querétaro	301,607.13	1943889	0.247	479946.19	-178,339.06
Quintana Roo	70,491.13	1484960	0.247	366636.62	-296,145.49
San Luis Potosí	154,149.89	2702145	0.247	667159.60	-513,009.71
Sinaloa	3,627,777.51	2932313	0.247	723988.07	2,903,789.43
Sonora	113,533.73	2851462	0.247	704025.96	-590,492.24
Tabasco	155,183.09	2334493	0.247	576386.32	-421,203.23
Tamaulipas	400,057.02	3461336	0.247	854603.85	-454,546.84
Tlaxcala	284,117.60	7242734	0.247	1788231.02	-1,504,113.42
Veracruz	1,192,168.58	7923198	0.247	1956237.58	-764,069.01
Yucatán	103,913.79	2064151	0.247	509638.88	-405,725.09
Zacatecas	329,199.79	1550179	0.247	382739.195	-53,539.41
TOTAL	22,663,953.35				

Fuente: SIAP, INEGI, Informes de Gobierno.

Tabla 2. Matriz de distancias para la distribución de maíz en México

O/D	A	B	C	D	E	F	G	H	DEMANDA
1	1649.2	1570.9	1077.7	349.6	985.9	373.9	324.4	1120	229228.6
2	3688.6	3604.9	1435	2395.3	2980.3	2227.9	2278.3	1345.9	833316.3
3	2705.8	2622.1	1413.4	1412.5	1997.5	1236.1	1292.8	351.4	156035
4	2084.8	2001.1	646.6	802.3	1417	762.7	782.5	1012.9	673445.5
5	1867.9	1064.2	1400.8	573.7	875.2	323.5	454.9	1086.7	134253.4
6	1201.9	1118.2	1530.4	392.8	532.3	542.2	504.4	1419.7	4218164
7	2082.1	1993.9	637.6	800.5	1414.3	760	775.3	926.5	129365.7
8	1226.2	1654.6	1527.7	390.1	616.9	545.8	528.7	1452.1	48256.03
9	1191.1	1105.6	1599.7	472	491.8	629.5	585.4	1507	382238.1
10	1868.8	1784.2	1134.4	581.8	1166.8	402.7	467.5	740.2	97341.88
11	2016.4	1931.8	956.2	825.7	1357.6	834.7	856.3	1225.3	1120215
12	1069.6	821.2	1912.9	784.3	616	941.8	898.6	1788.7	348957.5
13	1094.8	1030	1613.2	484.6	597.1	643	604.3	1520.5	555921.5
14	1384.6	1300	1336.9	190.57	724.9	358.6	307.3	1206.4	178339.1
15	502.6	3087.4	2950.6	1822	1945.3	1800.4	1953.4	2548.3	296145.5
16	1572.7	1379.2	1142.5	375.7	904.9	409.9	390.1	1125.4	513009.7
16	2906.5	2823.7	660.1	1613.2	2198.2	1436.8	1496.2	568.3	590492.2
18	1831.9	1741	1237	940	1471	1011.1	969.7	1526.8	421203.2
18	1588	1498	1219	656.5	1184.8	725.8	691.6	1436.8	454546.8
20	1120.9	1047.1	1606.9	469.3	626.8	625	581.8	1502.5	1504113
21	1035.4	963.4	1744.6	607	754.6	762.7	723.1	1616.8	764069
22	236.2	930.1	2684.2	1554.7	1667.2	1702.3	1693.3	2576.2	405725.1
23	1738.3	1655.5	970.6	454	1070.5	415.3	431.5	982.3	53539.41
OFERTA	223200	265458	411914	114486	119632	1391923	628333	2903789	

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del cuadro 1 e información calculada de la página: <http://www.yotellevo.mx>. y www.paginasprodigy.com.mx/avancarga/pagina123490.html (yo te llevo, 2015); (Base de Datos en Líneas de Transporte, 2015).

En la tabla 3, se muestran los 8 orígenes con la oferta de maíz grano para 2013 y el destino con su monto asignado, según el modelo de minimización de distancias aplicado. Toda la oferta fue distribuida entre los diferentes destinos en su totalidad. En los centros de origen del A al E sólo tuvieron un lugar de destino, mientras que el origen F y G tuvieron 3 lugares de destino y el origen H ocho destinos, siendo mayor el de lugares de distribución.

Tabla 3. Asignación Óptima de la Oferta

Origen	Oferta (ton)	Destino	Asignado (ton)
A. Hecelchakán, Campeche	223199.69	22.Mérida, Yucatán	223199.70
B. Villa Flores, Chis.	265458.16	12.Oaxaca,Oaxaca	265458.16
C. Cuahutémoc, Chihuahua	411914.37	4.Torreón, Coahuila	411914.38
D. Cortazar, Guanajuato	114486.208	14.Querétaro, Querétaro	114486.21
E. Las Vigas, Guerrero.	119632.47	9.Cautla, Morelos	119632.49
F. La Barca, Jalisco	1391923.47	5.Colima, Colima	134253.36
		6.Distrito Federal	1239930.13
		16.San Luis Potosí, S.L.P.	17740.10
G. La Piedad, Michoacán	628332.54	1.Aguascalientes, Aguascalientes	229228.63
		6.Distrito Federal	335251.10
		14.Querétaro, Querétaro	63852.85
H. Los Mochis, Sinaloa.	2903789.43	3.La Paz, Baja California Sur	156034.95
		4.Torreón, Coahuila	261531.13
		7.Gómez Palacio, Durango.	129365.68
		10.Tepic,Nayarit	97341.88
		11.San Nicolás de los Garza, Nuevo León.	1120214.50
		16.San Luis Potosí, S.L.P.	495269.72
		17.Hermosillo, Sonora	590492.25
		23.Zacatecas, Zacatecas	53539.41

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de modelo

En la tabla 4, se muestra la cantidad demandada menos la cantidad asignada y los lugares que aún tienen un faltante. Siendo estos el estado de

Baja California, el Distrito Federal que conlleva al Estado de México, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán. El estado de mayor faltante es el Estado de México o D.F. y el de menor faltante Oaxaca con 83, 500 toneladas.

Tabla 4. Demanda, asignación y lugares sin asignación de maíz

Destino	Demanda (ton)	Asignado (ton)	Faltante (ton)
1.Aguascalientes, Ags.	229228.63	229228.63	0
2.Tijuana, B.C.	833316.30		833316.30
3.La Paz, B.C.S.	156034.95	156034.95	0
4.Torreón Coahuila	673445.53	673445.53	0
5.Colima, Colima	134253.37	134253.36	0
6.Iztapalapa, D.F.	4218164.15	1575181.22	26422982.93
7.Gómez Palacio, Dgo.	129365.68	129365.68	0
8.Pachuca, Hidalgo	48256.03		48256.03
9.Cuautla, Morelos	382238.07	119632.47	262605.59
10.Tepic, Nayarit	97341.88	97341.89	0
11.San Nicolás de los Garza, Nvo L.	1120214.54	1120214.50	0
12.Oaxaca, Oax.	348957.46	265458.16	83499.30
13. Puebla, Puebla	555921.49		555921.49
14. Querétaro, Qro.	178339.06	178339.06	0
15.Cancún, Q.R.	296145.49		296145.49
16.San Luis Potosí, S.L.P.	513009.71	513009.71	0
17.Hermosillo, Son.	590492.24	590492.25	0
18. Villa Hermosa, Tab.	421203.23		421203.23
19. Ciudad Victoria, Tams.	454546.84		454546.84
20. Tlaxcala, Tlax.	1504113.42		1504113.42
21. Xalapa, Verz.	764069.01		764069.01
22. Mérida, Yuc.	405725.09	223199.70	182525.39
23.Zacatecas, Zac.	53539.41	53539.41	0

Fuente: Elaboración propia con datos de salida de modelo.

Los costos de oportunidad nos ayudan a determinar cuánto se incrementa el costo al incluir una ruta excluida por el programa. En esta investigación en el cuadro cinco se presentan los costos de oportunidad de las diferentes rutas participantes para los lugares que aún tuvieron faltante en el primer modelo, es decir, estados que no cubrieron en su totalidad o que no se les asignó nada de la producción.

Tabla 5. Costo de oportunidad de seleccionar rutas no incluidas en el patrón.

LUGAR	COSTOS DE OPORTUNIDAD							
	A	B	C	D	E	F	G	H
2. Tij. B.C.	3452.4	2783.6	543.5	2007.6	2488.5	1685.6	1773.9	88.2
6. D.F.	965.7	296.9	639	5.1	40.4	0	0	161.9
9. Cuautla, Morelos	954.9	284.4	708.3	84.3	0.0	87.3	81.0	249.3
13. Puebla, P.	858.6	208.8	721.8	96.9	105.3	100.8	99.9	262.8
15. Cancún, Quint. Roo	266.3	2266.1	2059.2	1434.3	1453.5	1258.2	1449.0	1290.6
18. Villa Herm. Tabasc.	1595.7	919.8	345.6	552.3	979.2	468.9	465.3	269.1
20. Tlaxcala, Tlaxcala	884.7	225.9	715.5	81.6	135.0	82.8	77.4	244.8

Fuente: Elaboración propia con datos de modelo.

Cuando se habla de potencialidades se habla de lo que puede llegar a ser explotando al máximo los recursos, en el caso de la producción de maíz su potencialidad está dada por el máximo valor de la superficie sembrada y el máximo valor de rendimiento en un periodo considerado. En este caso, del 2000 al 2013, con el propósito obtener la producción potencial al realizar la multiplicación. En las tablas 6 y 7 se exponen las potencialidades tanto de los estados demandantes como de los oferentes. En los estados demandantes a su potencialidad estatal se les resta la producción de 2013 que fue asignada en el modelo uno y así conocer la cantidad disponible para satisfacer la demanda faltante estatal.

Tabla 6. Potencialidad de Estados Demandantes de Maíz en México

Estado	Potencialidades			Producción Potencial disponible		
	Sup. Sembrada (ha)	Max. Rendimiento (Ton/ha)	A. Produc. Potencial (Ton)	B. Prod. 2013 (Ton)	Diferencia A – B (Ton)	
2. Baja California	2000	2002				
	3,089.00	3.94	12170.66	1472.35	10698.31	
6. Distrito Federal	2000	2001				
	7642.00	1.67	12762.14	5250.60	7511.54	
9. Morelos	2000	2007				
	38474	3.5	134659	80498.95	54160.05	
13. Puebla	2010	2009				
	606534.4	2.16	1310114.3	942170.67	367943.634	
15. Cancún, Q. Roo.	2003	2011				
	87466.95	0.99	86592.28	70491.13	16101.1505	
18. Tabasco	2004	2012				
	99721	1.96	195453.16	155183.09	40270.07	
20. Tlaxcala	2000	2013				
	128132.1	2.83	362613.84	284117.60	78496.243	

Fuente: Elaboración propia con datos de modelo.

En la tabla 7, las potencialidades de los estados oferentes son mostradas con base en su máxima superficie sembrada y su máximo rendimiento en el periodo 2000-2013. La mayor producción potencial la presentó el estado de Sinaloa, considerado este estado uno de los estados con mayor nivel tecnológico en el país, mismo resultado al que llegó (Gómez G., 2013). El de menor potencialidad de los estados oferentes resultó ser el estado de Campeche, lo que es explicado por el uso del suelo ya que este estado tiene gran importancia en la producción de ganado vacuno.

Tabla 7. Potencialidades de Estados Oferentes de Maíz en México.

Oferentes	Potencialidades		
	Máx. Sup. Sembrada (ha)	Máx. Rendimiento (Ton/ha)	Producción Potencial (ton)
Hecelchakán, Campeche	2013 182066.8	2011 2.74	498862.89
Villa Flores, Chiapas	2004 917084.4	2008 2.34	2145977.40
Cuahutémoc, Chihuahua	2004 289905.1	2011 7.18	2081518.91
Cortazar, Guanajuato	2001 423926.7	2011 4.89	2073001.56
Las Vigas, Guerrero	2004 488757.3	2010 3.03	1480934.47
La Barca, Jalisco	2000 682970.0	2013 5.72	3906588.40
La Piedad, Michoacán	2005 494,982.8	2013 3.99	1974981.45
Los Mochis, Sinaloa	2011 837049.9	2010 9.96	8337017.90

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2014.

Las potencialidades estatales sirven para conocer la cantidad máxima disponible de cada estado para satisfacer o no su propia demanda estatal de maíz. Así, la tabla 8, muestra las potencialidades estatales y las demandas de cada destino y su demanda no satisfecha. Con los estados que aún tienen demanda faltante se realizó una reasignación de la oferta con base en las potencialidades estatales una vez descontada la producción de 2013 que ya había sido asignada en el modelo uno. Tomando esta información se elaboró el modelo dos que considera las potencialidades de los estados oferentes y las cantidades no cubiertas de los estados demandantes.

Tabla 8. Demanda sin Asignación

A. Prod. Para Oferta Potencial (ton)	B. Demanda de los Destinos (ton)	Resta (A-B) (-) Demanda N.A. (+) Demanda S. (ton)
Baja California 10698.31	2.Tijuana 833316.3	-822617.99
Distrito Federal 7511.54	6.Distrito Federal 2642982.93	-2635471.39
Hidalgo 152719.1	8.Pachuca 48256.0346	104463.06
Morelos 54160.05	9.Cuautla 262605.598	-208445.55
Oaxaca 268438.42	12.Oaxaca 83499.30	184939.12
Puebla 367943.634	13.Puebla 555921.498	-187977.86
Quintana, Roo 296145.494	15.Cancún 16101.1505	-280044.34
Tabasco 40270.07	18.Villa Hermosa 421203.232	-380933.16
Tamaulipas 664880.544	19.Ciudad Victoria 454546.838	210333.71
Tlaxcala 78496.243	20.Tlaxcala 1504113.42	-1425617.18
Veracruz 882848.406	21.Xalapa 764069.006	118779.40
Yucatán 1263935.5	22. Mérida 182525.389	1081410.11

Fuente: Elaboración propia con datos de modelo.

Nota: N.S. = No Asignada; S=Satisfecha.

Producto del modelo dos, son las asignaciones de la demanda existente y que podría ser satisfecha con las potencialidades de los estados oferentes. Los resultados de este proceso son mostrados en el cuadro 9, donde es posible satisfacer la demanda de maíz con base en las potencialidades de

los estados oferentes. Lo que es posible producir en esos niveles dado que en algún momento del periodo considerado se llegaron a obtener. El cuadro muestra que una vez que se hace la reasignación de la producción de maíz se puede satisfacer la demanda total de maíz.

Cuadro 9. Asignación de Potencialidades en Estados Demandantes

Destino	Demanda (ton)	Asignado (ton)	Faltante (ton)
2. Baja California	822617.99	822617.90	0
6. Distrito Federal	2635471.39	2635471.40	0
9. Morelos	208445.55	208445.55.	0
13. Puebla	187977.86	187977.86	0
15. Quintana Roo	280044.34	280044.34	0
18. Tabasco	380933.16	380933.16	0
20. Tlaxcala	1425617.18	1425617.25	0

Fuente: Elaboración propia con datos de modelo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La producción de maíz en México no abastece la demanda total del mismo producto, viéndose México en la necesidad de importar de otros países.

Las zonas productoras de maíz están distribuidas a lo largo y ancho del país, no existe concentración en ninguna zona.

Los estados deficitarios se concentran en general hacia el sur del país. Ya que los estados del Norte satisfacen su demanda de las grandes zonas productoras. El estado con mayor oferta fue Sinaloa y el de mayor demanda el Estado de México unido al Distrito Federal.

Si México explota sus potencialidades considerando el máximo rendimiento de maíz alcanzable y la máxima superficie sembrada es posible abastecer con la oferta generada la demanda existente de maíz, evitándose así la importación de este grano de otros países altamente productores.

Se recomienda realizar planeaciones en la distribución del producto maíz con base en las distancias existentes entre estados productores y estados demandantes del producto.

Se recomienda producir considerando las potencialidades de cada estado. Para lo cual es necesario tomar en cuenta el uso de tecnología en la producción de maíz.

Buscar mecanismos para incentivar a los estados que requieren la producción potencial para satisfacer la demanda de maíz.

5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Base de Datos en Líneas de Transporte. (2015). Obtenido de <http://www.paginasprodigy.com.mx/avancarga/pagina123490.html>

Beneke, R. R., & Winterboer, R. D. (1984). *Programación lineal*. Barcelona, España: Aedos.

FAO. (10 de Agosto de 2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/home/E>

Gómez G., A. (Diciembre de 2013). Aplicación de un modelo de equilibrio espacial para determinar la estructura del mercado de maíz blanco en México. *TECSISTECATL*.

Gutiérrez Z., J. (2015). Elaboración de un modelo de transporte de costo mínimo para sorgo en grano (*Sorghum vulgare*). Chapingo, México.

- INEGI. (2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/>
- López, G., J. (2015). *Elaboración de un modelo de transporte de costo mínimo para toronja (Citrus paridisi)*. Chapingo, México.
- Presidencia de la República, Gobierno Federal. (2012). *Sexto Informe de Gobierno 2012*. Ciudad de México.
- Presidencia de la República, Gobierno Federal. (2014). *Segundo Informe de Gobierno 2013-2014*. Ciudad de México.
- Ramírez, A., M. (2013). *Modelo de transporte de costo mínimo para cebolla en México*. Chapingo, México.
- Rojas, A., A. (2013). *Distribución del trigo en México, mediante el modelo de transporte*. Chapingo, México.
- SAGARPA. (2015). *Plan Rector Sistema Producto Maíz*. Ciudad de México. México.
- SIAP. (2015). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Ciudad de México, México.
- SIAP. (25 de Agosto de 2015). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de <http://www.siap.gob.mx>
- Taha, H. (1995). *Investigación de Operaciones*. Grupo Editor Alfa-Omega, S.A. de C.V.
- Toxqui, T. (2013). *Modelo de transporte de maíz blanco (Zea Mays L.) en México*. Chapingo, México.
- Yo te llevo*. (25 de Septiembre de 2015). Obtenido de <http://www.yotellevo.mx>

ANEXOS

MODELO 1.

**Programa lineal para optimizar la distribución de Maíz en México a través de los
costos unitarios de transporte basado en las distancias.**

MIN 1649.2XA1 + 3688.6XA2 + 2705.8XA3 + 2084.8XA4 + 1867.9XA5 + 1201.9XA6 +
2082.1XA7 + 1226.2XA8 + 1191.1XA9 + 1868.8XA10 + 2016.4XA11 + 1069.6XA12 +
1094.8XA13 + 1384.6XA14 + 502.6XA15 + 1572.7XA16 + 2906.5XA17 + 1831.9XA18 +
1588XA19 + 1120.9XA20 + 1035.4XA21 + 236.2XA22 + 1738.3A23 + 1570.9XB1 +
3604.9XB2 + 2622.1XB3 + 2001.1XB4 + 1064.2XB5 + 1118.2XB6 + 1993.9XB7 +
1654.6XB8 + 1105.6XB9 + 1784.2XB10 + 1931.8XB11 + 821.2XB12 + 1030XB13 +
1300XB14 + 3087.4XB15 + 1379.2XB16 + 2823.7XB17 + 1741XB18 + 1498XB19 +
1047.1XB20 + 963.4XB21 + 930.1XB22 + 1655.5XB23 + 1077.7XC1 + 1435XC2 +
1413.4XC3 + 646.6XC4 + 1400.8XC5 + 1530.4XC6 + 637.6XC7 + 1527.7XC8 +
1599.7XC9 + 1134.4XC10 + 956.2XC11 + 1912.9XC12 + 1613.2XC13 + 1336.9XC14 +
2950.6XC15 + 1142.5XC16 + 660.1XC17 + 1237XC18 + 1219XC19 + 1606.9XC20 +
1744.6XC21 + 2684.2XC22 + 970.6XC23 + 349.6XD1 + 2395.3XD2 + 1412.5XD3 +
802.3XD4 + 573.7XD5 + 392.8XD6 + 800.5XD7 + 390.1XD8 + 472XD9 + 581.8XD10 +
825.7XD11 + 784.3XD12 + 484.6XD13 + 190.57XD14 + 1822XD15 + 375.7XD16 +
1613.2XD17 + 940XD18 + 656.5XD19 + 469.3XD20 + 607XD21 + 1554.7XD22 +
454XD23 + 985.9XE1 + 2980.3XE2 + 1997.5XE3 + 1417XE4 + 875.2XE5 + 532.3XE6 +
1414.3XE7 + 616.9XE8 + 491.8XE9 + 1166.8XE10 + 1357.6XE11 + 616XE12 +
597.1XE13 + 724.9XE14 + 1945.3XE15 + 904.9XE16 + 2198.2XE17 + 1471XE18 +
1184.8XE19 + 626.8XE20 + 754.6XE21 + 1667.2XE22 + 1070.5XE23 + 373.9XF1 +
2227.9XF2 + 1236.1XF3 + 762.7XF4 + 323.5XF5 + 542.2XF6 + 760XF7 + 545.8XF8 +
629.5XF9 + 402.7XF10 + 834.7XF11 + 941.8XF12 + 643XF13 + 358.6XF14 + 1800.4XF15
+ 409.9XF16 + 1436.8XF17 + 1011.1XF18 + 725.8XF19 + 625XF20 + 762.7XF21 +
1702.3XF22 + 415.3XF23 + 324.4XG1 + 2278.3XG2 + 1292.8XG3 + 782.5XG4 +
454.9XG5 + 504.4XG6 + 775.3XG7 + 528.7XG8 + 585.4XG9 + 467.5XG10 + 856.3XG11
+ 898.6XG12 + 604.3XG13 + 307.3XG14 + 1953.4XG15 + 390.1XG16 + 1496.2XG17 +
969.7XG18 + 691.6XG19 + 581.8XG20 + 723.1XG21 + 1693.3XG22 + 431.5XG23 +
1120XH1 + 1345.9XH2 + 351.4XH3 + 1012.9XH4 + 1086.7XH5 + 1419.7XH6 + 926.5XH7
+ 1452.1XH8 + 1507XH9 + 740.2XH10 + 1225.3XH11 + 1788.7XH12 + 1520.5XH13 +
1206.4XH14 + 2548.3XH15 + 1125.4XH16 + 568.3XH17 + 1526.8XH18 + 1436.8XH19 +
1502.5XH20 + 1616.8XH21 + 2576.2XH22 + 982.3XH23

SUBJECT TO

XA1+XA2+XA3+XA4+XA5+XA6+XA7+XA8+XA9+XA10+XA11+XA12+XA13+XA1
4+XA15+XA16+XA17+XA18+XA19+XA20+XA21+XA22+XA23=223199.6969
XB1+XB2+XB3+XB4+XB5+XB6+XB7+XB8+XB9+XB10+XB11+XB12+XB13+XB14
+XB15+XB16+XB17+XB18+XB19+XB20+XB21+XB22+XB23=265458.1566

Balance de Oferta-Demanda Maíz (Zea mays L.) en México con Programación Lineal

$XC1+XC2+XC3+XC4+XC5+XC6+XC7+XC8+XC9+XC10+XC11+XC12+XC13+XC14$
 $+XC15+XC16+XC17+XC18+XC19+XC20+XC21+XC22+XC23=411914.375$
 $XD1+XD2+XD3+XD4+XD5+XD6+XD7+XD8+XD9+XD10+XD11+XD12+XD13+XD1$
 $4+XD15+XD16+XD17+XD18+XD19+XD20+XD21+XD22+XD23=114486.2079$
 $XE1+XE2+XE3+XE4+XE5+XE6+XE7+XE8+XE9+XE10+XE11+XE12+XE13+XE14+X$
 $E15+XE16+XE17+XE18+XE19+XE20+XE21+XE22+XE23=119632.4698$
 $XF1+XF2+XF3+XF4+XF5+XF6+XF7+XF8+XF9+XF10+XF11+XF12+XF13+XF14+XF$
 $15+XF16+XF17+XF18+XF19+XF20+XF21+XF22+XF23=1391923.469$
 $XG1+XG2+XG3+XG4+XG5+XG6+XG7+XG8+XG9+XG10+XG11+XG12+XG13+XG1$
 $4+XG15+XG16+XG17+XG18+XG19+XG20+XG21+XG22+XG23=628332.5434$
 $XH1+XH2+XH3+XH4+XH5+XH6+XH7+XH8+XH9+XH10+XH11+XH12+XH13+XH1$
 $4+XA15+XH16+XH17+XH18+XH19+XH20+XH21+XH22+XH23=2903789.43$
 $XA1 + XB1 + XC1 + XD1 + XE1 + XF1 + XG1 + XH1 \leq 229228.6285$
 $XA2 + XB2 + XC2 + XD2 + XE2 + XF2 + XG2 + XH2 \leq 833316.302$
 $XA3 + XB3 + XC3 + XD3 + XE3 + XF3 + XG3 + XH3 \leq 156034.9524$
 $XA4 + XB4 + XC4 + XD4 + XE4 + XF4 + XG4 + XH4 \leq 673445.5252$
 $XA5 + XB5 + XC5 + XD5 + XE5 + XF5 + XG5 + XH5 \leq 134253.3655$
 $XA6 + XB6 + XC6 + XD6 + XE6 + XF6 + XG6 + XH6 \leq 4218164.15$
 $XA7 + XB7 + XC7 + XD7 + XE7 + XF7 + XG7 + XH7 \leq 129365.6801$
 $XA8 + XB8 + XC8 + XD8 + XE8 + XF8 + XG8 + XH8 \leq 48256.0346$
 $XA9 + XB9 + XC9 + XD9 + XE9 + XF9 + XG9 + XH9 \leq 382238.0672$
 $XA10 + XB10 + XC10 + XD10 + XE10 + XF10 + XG10 + XH10 \leq 97341.8807$
 $XA11 + XB11 + XC11 + XD11 + XE11 + XF11 + XG11 + XH11 \leq 1120214.537$
 $XA12 + XB12 + XC12 + XD12 + XE12 + XF12 + XG12 + XH12 \leq 348957.4598$
 $XA13 + XB13 + XC13 + XD13 + XE13 + XF13 + XG13 + XH13 \leq 555921.4983$
 $XA14 + XB14 + XC14 + XD14 + XE14 + XF14 + XG14 + XH14 \leq 178339.0641$
 $XA15 + XB15 + XC15 + XD15 + XE15 + XF15 + XG15 + XH15 \leq 296145.494$
 $XA16 + XB16 + XC16 + XD16 + XE16 + XF16 + XG16 + XH16 \leq 513009.7105$
 $XA17 + XB17 + XC17 + XD17 + XE17 + XF17 + XG17 + XH17 \leq 590492.2378$
 $XA18 + XB18 + XC18 + XD18 + XE18 + XF18 + XG18 + XH18 \leq 421203.2317$
 $XA19 + XB19 + XC19 + XD19 + XE19 + XF19 + XG19 + XH19 \leq 454546.8384$
 $XA20 + XB20 + XC20 + XD20 + XE20 + XF20 + XG20 + XH20 \leq 1504113.425$
 $XA21 + XB21 + XC21 + XD21 + XE21 + XF21 + XG21 + XH21 \leq 764069.0062$
 $XA22 + XB22 + XC22 + XD22 + XE22 + XF22 + XG22 + XH22 \leq 405725.0919$
 $XA23 + XB23 + XC23 + XD23 + XE23 + XF23 + XG23 + XH23 \leq 53539.4051$

**MODELO 2. Programa de programación lineal para localizar las zonas de
producción estratégicas que pueden satisfacer la demanda faltante de maíz mediante
la minimización de los costos reducidos del programa anterior.**

MIN 3452.4XA2 + 965.7XA6 + 954.9XA9 + 858.6XA13 + 1595.7XA18 + 884.7XA20 +
2783.7XB2 + 296.9XB6 + 284.4XB9 + 208.8XB13 + 919.8XB18 + 225.9XB20 + 543.6XC2
+ 639XC6 + 708.3XC9 + 721.8XC13 + 345.6XC18 + 715.5XC20 + 2007.6XD2 + 5.2XD6
+ 84.3XD9 + 96.9XD13 + 552.3XD18 + 81.7XD20 + 2488.5XE2 + 40.5XE6 + 0XE9 +
105.3XE13 + 979.2XE18 + 134.9XE20 + 1685.7XF2 + 0XF6 + 87.3XF9 + 100.8XF13 +
468.8XF18 + 82.8XF20 + 1773.9XG2 + 0XG6 + 81.0XG9 + 99.8XG13 + 465.3XG18 +
77.3XG20 + 88.2XH2 + 161.9XH6 + 249.3XH9 + 262.7XH13 + 269.1XH18 + 244.8XH20

SUBJECT TO

XA2 + XA6 + XA9 + XA13 + XA18 + XA20 <= 498862.9
XB2 + XB6 + XB9 + XB13 + XB18 + XB20 <= 2145977.4
XC2 + XC6 + XC9 + XC13 + XC18 + XC20 <= 2081518.9
XD2 + XD6 + XD9 + XD13 + XD18 + XD20 <= 2073001.6
XE2 + XE6 + XE9 + XE13 + XE18 + XE20 <= 1480934.5
XF2 + XF6 + XF9 + XF13 + XF18 + XF20 <= 3906588.4
XG2 + XG6 + XG9 + XG13 + XG18 + XG20 <= 1974981.4
XH2 + XH6 + XH9 + XH13 + XH18 + XH20 <= 2000549.476
XA2 + XB2 + XC2 + XD2 + XE2 + XF2 + XG2 + XH2 = 822617.9
XA6 + XB6 + XC6 + XD6 + XE6 + XF6 + XG6 + XH6 = 2635471.4
XA9 + XB9 + XC9 + XD9 + XE9 + XF9 + XG9 + XH9 = 127946.6
XA13 + XB13 + XC13 + XD13 + XE13 + XF13 + XG13 + XH13 = 187977.9
XA18 + XB18 + XC18 + XD18 + XE18 + XF18 + XG18 + XH18 = 380933.2
XA20 + XB20 + XC20 + XD20 + XE20 + XF20 + XG20 + XH20 = 1425617.2