



Investigación y Ciencia

ISSN: 1665-4412

revistaiyc@correo.uaa.mx

Universidad Autónoma de Aguascalientes

México

García Salazar, J. Alberto; Fuentes López, Martha Elena; Guzmán Soria, Eugenio; García Sánchez, Roberto C.

Establecimiento de plantas beneficiadoras de frijol negro en Zacatecas: un estudio sobre ubicación óptima de instalaciones

Investigación y Ciencia, vol. 22, núm. 62, mayo-agosto, 2014, pp. 33-41

Universidad Autónoma de Aguascalientes

Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67432507005>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Establecimiento de plantas beneficiadoras de frijol negro en Zacatecas: un estudio sobre ubicación óptima de instalaciones

## Establishment of plants to clean and to classify black bean in the state of Zacatecas: a study on optimal location of facilities

J. Alberto García Salazar<sup>1\*</sup>, Martha Elena Fuentes López<sup>2</sup>, Eugenio Guzmán Soria<sup>3</sup>, Roberto C. García Sánchez<sup>1</sup>

García Salazar, J. A., Fuentes López, M. E., Guzmán Soria, E., García Sánchez R.C., Establecimiento de plantas beneficiadoras de frijol negro en Zacatecas: un estudio sobre ubicación óptima de instalaciones. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 62: 33-41, mayo-agosto 2014.

### RESUMEN

Con la finalidad de limpiar y clasificar el frijol negro producido en Zacatecas, a mediados de la década pasada entraron en operación dos plantas de beneficio en los municipios de Sombrerete y Calera. En la ubicación se consideró el acceso a las vías de comunicación; sin embargo, mientras Sombrerete ocupa el primer lugar en la producción estatal de frijol, Calera apenas genera entre 1% y 2%. La ubicación adecuada de instalaciones industriales es importante en proyectos de agregación de valor porque permite disminuir los costos de transporte de la materia prima. Para determinar si la ubicación de las plantas se realizó de manera óptima se usó un modelo de programación lineal que minimiza los costos de distribución y de producción. Los resultados indican que los menores costos de transporte de abasto de materia prima corresponden a las alternativas Juan Aldama-Sombrerete, Fresnillo-Sombrerete, Río Grande-Sombrerete y Miguel Auza-Sombrerete con 543,000, 621,000, 655,000 y 671,000

**Palabras clave:** ubicación, geografía económica, Sombrerete, Calera, modelo de programación lineal, costo de transporte.

**Keywords:** localization, economic geographic, Sombrerete, Calera, lineal programming model, transport cost.

Recibido: 21 de mayo de 2013, aceptado: 11 de octubre de 2013

<sup>1</sup> Economía, Colegio de Postgraduados campus Montecillo.

<sup>2</sup> Campo Experimental San Martinito CIRCE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

<sup>3</sup> Posgrado de Administración, Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Celaya.

\* Autor para correspondencia: jsalazar@colpos.mx

pesos; esto indica que la ubicación de la planta ubicada en Sombrerete se hizo de manera óptima, mientras que Juan Aldama, Fresnillo, Río Grande y Miguel Auza hubieran sido mejores opciones que Calera.

### ABSTRACT

In the middle of the last decade, two plants to clean and to classified black bean began operation in Sombrerete and Calera, Zacatecas. To place both plants, communication access routes were considered; however, while Sombrerete takes first place in the bean state production, Calera generates between 1 and 2%. In value aggregation projects it is important the adequate location of plants, because this allows to diminish the transportation costs of raw material. To know if the plants were located optimally, a linear programming model that minimizes cost of distribution and production was used. The results indicate that the lowest costs of transportation of raw material correspond to Juan Aldama-Sombrerete, Fresnillo-Sombrerete, Río Grande -Sombrerete and Miguel Auza-Sombrerete with 543,000, 621,000, 655,000 and 671,000 pesos; this indicates that the plant in Sombrerete was optimally located while the municipalities of Juan Aldama, Fresnillo, Río Grande and Miguel Auza would have been better options than the municipality of Calera.

### INTRODUCCIÓN

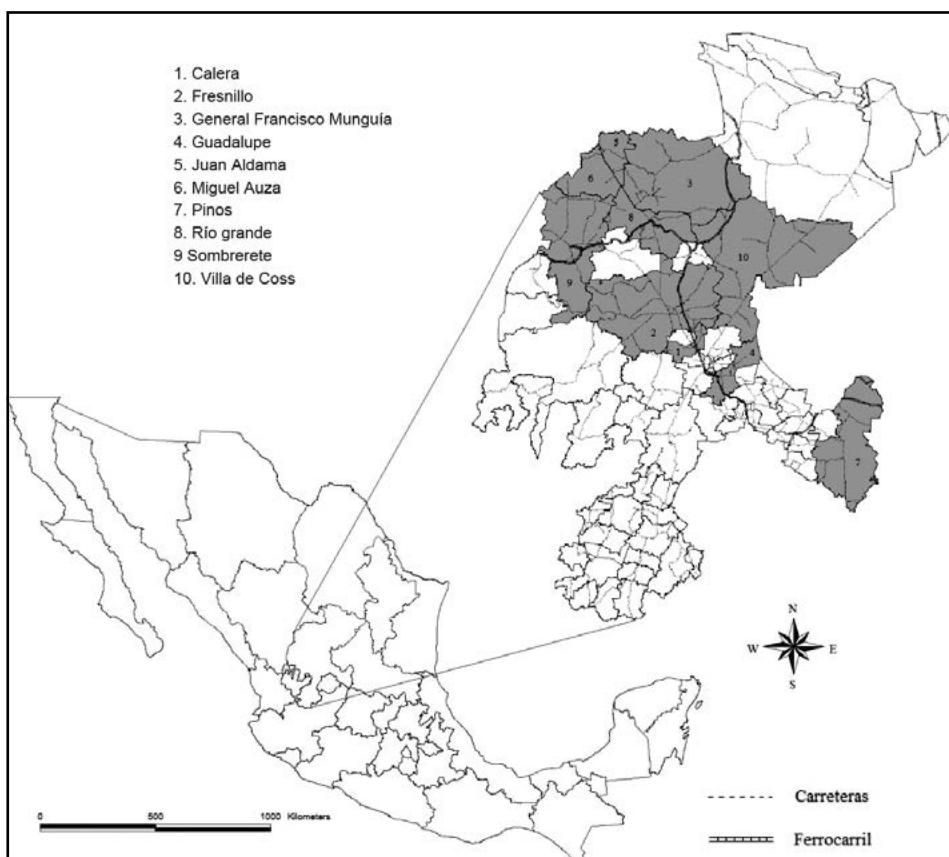
Actualmente Zacatecas ocupa el primer lugar en la producción de frijol en México. En 2010 la

superficie cosechada se ubicó en 509,000 ha y la producción en 265,000 t (Tabla 1). No obstante ser el mayor productor del país, el estado presenta serios problemas relacionados con la leguminosa, entre los que destacan la falta de competitividad del producto y la ausencia de canales eficientes de comercialización que han originado que el productor no pueda vender el frijol en los mercados nacionales a precios que permitan recuperar los costos de producción.

Existe un consumo diferenciado por los factores y características considerados por los consumidores al elegir la clase, variedad, presentación o marca comercial de su preferencia; esto lleva a tendencias de consumo de productos con mayor valor agregado obtenido a través del empacado de frijol. Los cambios en los gustos de los clientes indican que las elecciones de consumo están desplazándose hacia productos con mayor valor agregado; en el caso del frijol dicha inclinación se traducirá en el beneficio a través del empacado y la industrialización, o bien, por medio de la obtención de productos más saludables y convenientes para los compradores. Debido a

que los consumidores no son indiferentes a la oferta diversificada de frijol ni a los cambios en el precio, el incremento de éste provocará la disminución en la cantidad demandada, la sustitución por otras variedades de frijol o por alimentos de menor precio (Rodríguez Licea, García Salazar, Rebollar Rebollar y Cruz Contreras, 2010).

Con el propósito de atender los gustos del cliente, agregar valor al frijol y mejorar el precio y la competitividad, desde febrero de 2006 entraron en operación dos plantas para limpiar, clasificar y empaquetar la leguminosa en Zacatecas. La capacidad de cada una fue de 20 t/h. Con una inversión inicial de 30.5 millones de pesos, aportados por los gobiernos estatal y federal, el primer centro de beneficio de frijol se ubicó en el municipio de Calera, Zacatecas, cerca de la zona industrial. Algunos factores que se tomaron en cuenta para la instalación de la planta fueron el fácil acceso a la carretera 49 una de las principales vías de comunicación de la entidad, y la existencia de infraestructura no utilizada, propiedad de la desaparecida Productora Nacional de Semillas (PRONASE), que fue donada por el gobierno federal. Esta opción no consideró la disponibilidad de materia prima, ya que el municipio de Calera produce entre 1% y 2% de la producción estatal, y los municipios con mayores excedentes son Fresnillo, Río Grande, Miguel Auza y Juan Aldama, que produjeron más de 40% de la producción de la entidad (Tabla 1). Como se puede observar en la Figura 1, dichos municipios se encuentran a una distancia considerable de Calera, lo cual implica altos costos de transporte que tendría que pagar el productor.



La segunda planta, con un costo de 35 millones de pesos, se instaló en Sombrerete y, a diferencia de la primera, no contaba con instalaciones previas, de modo que fue necesaria la construcción de la planta en su totalidad. Los factores considerados para la instalación de ésta fueron el fácil acceso a la

**Tabla 1.** Superficie y producción de frijol por municipio en 2010

Municipio	Superficie		Producción	
	ha	%	t	%
Sombrerete	97,334	19.1	80,105	30.2
Río Grande	62,427	12.3	37,181	14.0
Fresnillo	68,037	13.4	31,085	11.7
Miguel Auza	47,145	9.3	28,849	10.9
Juan Aldama	36,090	7.1	17,100	6.5
Saín Alto	21,695	4.3	10,295	3.9
Pinos	32,472	6.4	8,744	3.3
Francisco R. Murguía	22,500	4.4	8,643	3.3
Villa de Cos	25,296	5.0	7,628	2.9
Guadalupe	15,141	3.0	4,536	1.7
Calera	6,890	1.4	2,829	1.1
Gral. Pánfilo N.	8,278	1.6	2,774	1.0
Pánuco	10,393	2.0	2,768	1.0
Vetagrande	6,754	1.3	2,403	0.9
Gral. Enrique E.	9,162	1.8	2,202	0.8
Villa Hidalgo	2,450	0.5	2,125	0.8
Ojocaliente	6,043	1.2	2,022	0.8
Morelos	5,149	1.0	1,868	0.7
Zacatecas	4,703	0.9	1,827	0.7
Noria de Ángeles	2,021	0.4	1,515	0.6
Trancoso	3,732	0.7	1,278	0.5
Otros	15,403	3.0	7,261	2.7
<b>Total</b>	<b>509,113</b>	<b>100.0</b>	<b>265,039</b>	<b>100.0</b>

Fuente: SIAP (2010).

carretera 45, una de las principales vías de comunicación de la entidad, y la abundancia de materia prima. Sombrerete es el mayor productor de frijol de Zacatecas, con 30% de la producción en 2010.

El objetivo de la instalación de las dos plantas fue dar mayor valor agregado al frijol pues de esta manera el productor tendría una mayor participación en el precio pagado por el consumidor. Para dar valor agregado se requiere que los productores recurran con su materia prima a las plantas beneficiadoras, por eso la necesidad de que las industrias estén ubicadas cerca de las zonas productoras. Una ubicación inadecuada genera problemas de abastecimiento de materia prima, ya que prefieren vender su frijol a los intermediarios que incurriden en mayores costos de transporte.

En este trabajo se buscó determinar si la ubicación fue la adecuada de acuerdo a la inversión llevada a cabo y la importancia del frijol en Zacatecas. La hipótesis que se plantea sostiene que la planta de Sombrerete fue instalada de manera óptima; sin embargo, la ubicada en Calera, relativamente lejana de las zonas productoras de materia prima, no fue la mejor opción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar el objetivo se usó un modelo lineal de distribución y producción que consideró el abasto de materia prima y la distribución del producto final. Desde una perspectiva empírica los estudios que han abordado la distribución de productos agrícolas se pueden clasificar en: a) no han usado modelos

de distribución; b) han usado modelos lineales de distribución; c) hacen uso de modelos de equilibrio espacial; d) consideran el equilibrio espacial e intertemporal. La formulación del modelo se basó en Takayama y Judge (1971), Anderson et al. (1998) y en los trabajos empíricos de Bivings (1997), Kawaguchi et al. (1997), García y Williams (2004) Cramer et al. (1993), Boyd et al. (1993) y García Salazar y Santiago (2004).

Suponiendo  $i(i=1,2..S=10)$  regiones productoras de materia prima,  $k(k=1,2..K=10)$  zonas para ubicar las plantas y  $j(j=1,2..J=4)$  mercados del frijol envasado, la formulación matemática del modelo se puede expresar en los siguientes términos:

$$\text{Min}C = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (p_{ik}x_{ik}) + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J (p_{kj}x_{kj}) + \sum_{k=1}^K (p_k)x_k - 1)$$

sujeto a:

$$s_i \geq \sum_{k=1}^K x_{ik} \quad 2)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ik} = \alpha_k x_k \quad 3)$$

$$x_k = \sum_{j=1}^J x_{kj} \quad 4)$$

$$\sum_{k=1}^K x_{kj} \geq y_j \quad 5)$$

$$x_{ik}, x_{kj} \geq 0 \quad 6)$$

donde  $p_{ik}$  es el costo de transporte de  $i$  a  $k$ ;  $x_{ik}$  es el envío de materia prima de  $i$  a  $k$ ;  $p_{kj}$  es costo de transporte de  $k$  a  $j$ ;  $x_{kj}$  es el envío de frijol beneficiado de  $k$  a  $j$ ;  $p_k$  es el costo de producción del beneficio en  $k$ ;  $x_k$  es la producción de frijol beneficiado en  $k$ ;  $s_i$  es la disponibilidad de materia prima en  $i$ ;  $\alpha_k$  es el requerimiento de materia prima para producir una unidad de frijol beneficiado en  $k$ ;  $y_j$  es el consumo de frijol beneficiado en  $j$ .

La función objetivo (ecuación 1) minimizó los costos de transporte y de producción. La ecuación 2 indica que la disponibilidad de materia prima en la región  $i$  debe ser mayor o igual a la suma de los envíos de materia prima de  $i$  a las diferentes regiones  $k$ .



**Figura 2.** Planta beneficiadora de frijol en Zacatecas.  
Fotografía tomada de Google Maps.

La ecuación 3 indica que la suma de los envíos de materia prima de las zonas productoras  $i$  a la planta  $k$  debe ser igual a la producción de frijol beneficiado en  $k$ , multiplicado por el coeficiente de transformación de materia prima a producto final.

La ecuación 4 señala que la producción de producto beneficiado en  $k$  es igual a la suma de los envíos de producto beneficiado de  $k$  a los mercados consumidores  $j$ .

La ecuación 5 indica que la sumatoria de los envíos de producto beneficiado de  $k$  a  $j$  debe ser mayor o igual al consumo de producto final en cada mercado  $j$ . La ecuación 6 establece las condiciones de no negatividad de las variables del modelo.

Para realizar el análisis espacial de la producción de frijol en el estado de Zacatecas se consideraron los principales municipios con excedentes, estos son: 1) Calera; 2) Fresnillo; 3) General Francisco Murguía; 4) Guadalupe; 5) Juan Aldama; 6) Miguel Auza; 7) Pinos; 8) Río Grande; 9) Sombrerete; 10) Villa de Cos. Se supuso que las dos plantas podrían estar ubicadas en cualquiera de los diez municipios.

Para analizar si la ubicación de las dos plantas se realizó de manera correcta fue necesario comparar las opciones seleccionadas con otras ocho alternativas potenciales donde se podrían haber instalado las industrias. Se consideraron todas las combinaciones posibles para ubicar las dos plantas; el número total de combinaciones se obtuvo a través de la siguiente fórmula  $(l^2-l)/2$ , en donde  $l$  es igual a 10 regiones productoras de materia prima. La primera alternativa es Calera-Fresnillo, la segunda Calera-General Francisco Murguía, la tercera Calera-Guadalupe, y la número 45 Sombrerete-Villa de Cos. La variable  $x_k$  fue introdu-

cida de manera exógena en el modelo. Cada solución consideró dos regiones con una capacidad instalada de 60 mil t por planta. La solución con el menor costo determinó la ubicación óptima.

La información para obtener la solución provino de varias fuentes. La producción usada en el modelo corresponde al promedio anual de los años 2004, 2005 y 2006; se seleccionó este promedio de años por ser representativo de la producción obtenida en la entidad. La información sobre producción de frijol fue obtenida del SIAP (2004-2006). El modelo usó información de costos de transporte y producción para el año 2006. En el primero ( $p_{ik}$ ) se obtuvo al multiplicar la tarifa promedio anual de \$0.55 (t km<sup>-1</sup>) por la distancia de la región productora de materia prima a los puntos de ubicación de las plantas; la información provino de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2006) y del Gran Atlas de Carreteras 2002 (Palacios y Palacios, 2002).

Como puntos de ubicación de las plantas se consideraron las cabeceras municipales. La ubicación geográfica de dichos municipios se puede observar en la Figura 1. Los costos de transporte de la planta a los mercados consumidores se obtuvieron de manera similar, y la información provino de las mismas fuentes. Basados en el consumo regional de

frijol negro reportado por Borja Bravo y García Salazar (2008) se consideró al Centro, Sur, Península y Golfo como mercados consumidores, y para determinar los costos de transporte se tomaron como referencia a las ciudades de México, Oaxaca, Mérida y Veracruz.

Los costos de producción del beneficio, y los coeficientes de transformación de materia prima a producto beneficiado se obtuvieron de la empresa Frijoles Negros de Zacatecas<sup>4</sup>.

Las distintas soluciones del modelo se obtuvieron usando el procedimiento MINOS escrito en el lenguaje de programación GAMS (Brooke et al., 1998).

## RESULTADOS

Se obtuvieron 45 soluciones para el modelo de programación que corresponden a las diferentes alternativas. En la Tabla 2 se presentan los resultados de 12 alternativas con el menor costo de transporte de materia prima de las zonas productoras a las plantas beneficiadoras. Las 12 alternativas fueron ordenadas en forma ascendente, de tal manera que la primera corresponde a la opción con el menor costo. El costo de transporte de la materia prima osciló entre 544,000 y 944,000 pesos. La diferencia del costo entre la opción 1 (la mejor) y la opción 12

**Tabla 2.** Determinación de la ubicación óptima de las plantas con base en el costo de transporte de la materia prima

<b>Posición</b>	<b>Ubicación</b>	<b>CTMP</b>	<b>Ubicación</b>	<b>CTMP</b>	<b>CTMP</b>
	<b>Planta 1</b>	<b>\$</b>	<b>Planta 2</b>	<b>\$</b>	<b>Total \$</b>
1	Juan Aldama	310,000	Sombrerete	234,000	544,000
2	Fresnillo	387,000	Sombrerete	234,000	621,000
3	Río Grande	347,000	Sombrerete	308,000	655,000
4	Miguel Auza	437,000	Sombrerete	234,000	671,000
5	Fresnillo	387,000	Juan Aldama	310,000	697,000
6	Fresnillo	387,000	Río Grande	347,000	734,000
7	Juan Aldama	316,000	Río Grande	486,000	802,000
8	Fresnillo	387,000	Miguel Auza	437,000	824,000
9	G. F. Murguía	558,000	Sombrerete	308,000	866,000
10	Calera	679,000	Sombrerete	233,000	912,000
11	Miguel Auza	443,000	Río Grande	486,000	929,000
12	Fresnillo	387,000	G. F. Murguía	557,000	944,000

CTMP: Costos de transporte de abasto de la materia prima.

<sup>4</sup> Información proporcionada por la C. P. Graciela Sierra Amador, Gerente de la Empresa Frijoles Negros de Zacatecas, S. A. de C. V. Marzo de 2007.

(la peor de las alternativas seleccionadas) indica la importancia de una ubicación adecuada de las plantas beneficiadoras.

En la Tabla 3 se presentan las 12 alternativas con el menor costo de distribución del producto final; en este caso los costos oscilaron entre 60,918,000 pesos y 67,398,000 pesos. Igual que en el caso anterior, las diferentes alternativas fueron ordenadas en forma ascendente para ubicar la mejor opción.

Las mejores alternativas cuando se considera la suma de precios de transporte de materia prima, el

costo de producción y los de instalación de la planta se presentan en la Tabla 4. En este caso oscilaron entre 108,172,000 pesos y 112,415,000 pesos. Se puede observar con base en este criterio que la opción más económica es la alternativa Calera-Sombrerete, que fue la opción seleccionada.

## DISCUSIÓN

La teoría de la localización y geografía económica trata de explicar por qué las actividades suelen concentrarse en ciertas áreas y no se distribuyen en forma aleatoria. Este enfoque hace hincapié en el peso

**Tabla 3.** Determinación de la ubicación óptima de las plantas con base en el costo de distribución del producto final

Posición	Ubicación	CTPF	Ubicación	CTPF	CTPF
	Planta 1	\$	Planta 2	\$	Total
1	Guadalupe	30,300,000	Pinos	30,618,000	60,918,000
2	Calera	31,440,000	Pinos	30,618,000	62,058,000
3	Fresnillo	27,636,000	Pinos	35,442,000	63,078,000
4	Pinos	30,618,000	Villa de Cos	33,000,000	63,618,000
5	Pinos	35,442,000	G. F. Murguía	29,616,000	65,058,000
6	Calera	45,876,000	Guadalupe	19,740,000	65,616,000
7	Pinos	41,178,000	Sombrerete	25,020,000	66,198,000
8	Fresnillo	27,636,000	Guadalupe	39,000,000	66,636,000
9	G. F. Murguía	25,620,000	Pinos	41,178,000	66,798,000
10	Guadalupe	44,736,000	Villa de Cos	22,440,000	67,176,000
11	Juan Aldama	36,660,000	Pinos	30,618,000	67,278,000
12	Miguel Auza	36,780,000	Pinos	30,618,000	67,398,000

CTPF: Costos de transporte de distribución del producto final.

**Tabla 4.** Determinación de la ubicación óptima de las plantas con base en el costo de transporte de la materia prima y los de producción e instalación

Alternativa	Ubicación	CTMP	Ubicación	CTMP	Costo
	Planta 1	\$	Planta 2	\$	Total*
1	Calera	679,000	Sombrerete	234,000	108,172,000
2	Calera	679,000	Juan Aldama	310,000	108,249,000
3	Calera	679,000	Río Grande	347,000	108,285,000
4	Calera	679,000	Miguel Auza	437,000	108,376,000
5	Calera	679,000	G. F. Murguía	557,000	108,496,000
6	Calera	1,369,000	Fresnillo	545,000	109,173,000
7	Calera	1,418,000	Guadalupe	1,230,000	109,908,000
8	Calera	1,556,000	Villa de Cos	1,533,000	110,349,000
9	Calera	1,284,000	Pinos	3,066,000	111,610,000
10	Juan Aldama	310,000	Sombrerete	234,000	112,304,000
11	Fresnillo	387,000	Sombrerete	234,000	112,381,000
12	Río Grande	347,000	Sombrerete	308,000	112,415,000

\* El costo total incluye precios de producción e instalación.

relativo del precio de transporte en el precio final, lo que explicaría por qué algunas actividades suelen ubicarse preferentemente cerca de los recursos naturales, otras se localizan cerca de los mercados que van a abastecer, en tanto que otras pueden establecerse en cualquier lugar (Ramos, 1999).

Existen numerosos trabajos empíricos que analizan el problema de la ubicación óptima de instalaciones, en éstos se encuentra la mejor ubicación de las instalaciones y la asignación de clientes que minimiza el transporte y los costos fijos. Los modelos de localización de instalaciones determinan el conjunto de ubicaciones en una red que minimiza la suma de los precios de inversión, de producción y de distribución para cumplir con un conjunto conocido de demandas (Harkness and Revelle, 2003; Barahona y Chudak, 2005; Ling-Yun y Zhang, 2006).

Con base en el planteamiento anterior y el objetivo que se propuso alcanzar, la ubicación de las plantas debió realizarse con el criterio de costos de transporte mínimos del abasto de materia prima. En la Tabla 2 se muestra que la mejor opción difiere de la seleccionada.

Si se hubiera considerado como criterio la minimización de los precios de transporte del abasto de materia prima, la mejor opción era Juan Aldama-Sombrerete, ya que el total de abasto habría sido de 544,000 pesos, menor a la opción Calera-Sombrerete, en donde el mismo asciende a 912,000 pesos. Otras opciones mejores que Calera-Sombrerete hubieran sido Fresnillo-Sombrerete, Río Grande-Sombrerete, Miguel Auza-Sombrerete y Fresnillo-Juan Aldama, con costos de transporte inferiores a la opción seleccionada.

En la Tabla 5 se presentan los flujos comerciales de materia prima y producto final de la alternativa observada (Calera-Sombrerete), y de las dos mejores opciones (Juan Aldama-Sombrerete y Fresnillo-Sombrerete) con base en el criterio de menor costo de transporte de materia prima. La solución del modelo indica que Calera se deberá abastecer de materia prima proveniente del mismo municipio, de Fresnillo y de Guadalupe. La planta de Sombrerete debería abastecerse de frijol producido en el mismo municipio y de Río Grande.

Si el criterio de optimización hubiera sido lo que cuesta el transporte para distribución del producto fi-

nal, las mejores opciones habrían sido los municipios cercanos a los centros de consumo. En la Tabla 3 se puede observar que la opción con menores costos de transporte es Pinos-Guadalupe, seguida por Pinos-Calera y Pinos-Fresnillo. La opción Calera-Sombrerete ocupa el lugar 22 con base en el criterio de costos de transporte de distribución del producto final mínimo.

Los resultados anteriores señalan que los diseñadores de política no consideraron los criterios de costos de transporte en la selección del lugar para ubicar las plantas. Las mejores opciones se alejan de la opción seleccionada (Calera-Sombrerete), lo cual indica que se usó otro criterio para ubicar las plantas. Si se consideran los precios de transporte de materia prima, de producción y de instalación, sin contemplar los de distribución del producto final, se tiene que la mejor opción es Calera-Sombrerete. Bajo este criterio Calera aparece seleccionada en las primeras nueve opciones. Los resultados anteriores indican que la ubicación de la planta de Calera se debió al ahorro en instalación, y no al criterio de minimización de costos de transporte de materia prima.

Una inadecuada ubicación tiene un efecto directo en el desabasto de materia prima. Los excedentes de frijol producidos en Calera en el año de análisis rebasan apenas las 5,000 t y la capacidad de la planta es de 60,000 t al año; por tanto, si los productores de municipios vecinos no recurren a la planta, se tendría una capacidad ociosa mayor a 50,000 t.

Una planta ubicada lejos de las zonas de producción desalienta a los productores a enviar frijol y origina que éstos sigan vendiendo su producto a los intermediarios, problema que se trataba de evitar con las plantas beneficiadoras. Esta situación obstaculiza el cumplimiento de los objetivos que los gobiernos estatal y federal pretendían alcanzar.

El artículo tuvo como objetivo determinar si fue correcta la ubicación de las plantas beneficiadoras en los municipios de Calera y Sombrerete. En este punto es importante mencionar de manera breve el funcionamiento de las dos plantas después de 2006. Declaraciones de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) en Zacatecas indican que la capacidad de ambas industrias para limpiar, pulir y envasar es de 120,000 t de la leguminosa al año; sin embargo, en 2007 sólo se lograron procesar 3,000 t, y en 2008 el volumen apenas superó las 10,000 t. El titular de la institución indica que la causa de la subutilización

de las plantas es que no todos los campesinos tienen el interés de beneficiar su grano, hay una vieja cultura de vender con calidad de campo a los clientes; es decir, tal como lo cosechan, sin limpiarlo ni pulirlo, sólo lo ponen en costales y lo venden. Los agricultores han decidido no beneficiar su grano, y señalan que el mercado no lo ocupa así, que pueden vender bien

su frijol con calidad de campo y no con calidad de primera (Valadez Rodríguez, 2008).

En años de sequía la subutilización de las plantas es más aguda. Para agosto de 2012 el subsecretario estatal de agricultura informó que durante ese año se habían procesado solo 1,600 t en la planta

**Tabla 5.** Flujos comerciales de materia prima y producto final en las mejores alternativas medidas en toneladas

Origen de la materia prima	Envíos de materia prima	Planta ubicada en:	Fabricación de producto final	Envíos de producto final	Mercado de producto final
<b>Alternativa Calera-Sombrerete</b>					
Calera	5,598 t	Calera	60,000 t	60,000 t	Centro
Fresnillo	45,902 t			0	Sur
Guadalupe	11,500 t			0	Península
				0	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000 t</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000 t</b>	<b>Total</b>
Río Grande	7,144 t	Sombrerete	60,000 t	0	Centro
Sombrerete	55,856 t			18,000 t	Sur
				18,000 t	Península
				24,000 t	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000 t</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000 t</b>	<b>Total</b>
<b>Mejor alternativa (Juan Aldama-Sombrerete)</b>					
Juan Aldama	21,255 t	Juan Aldama	60,000 t	60,000 t	Centro
Miguel Auza	31,335 t			0	Sur
Río Grande	10,410 t			0	Península
				0	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000 t</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000 t</b>	<b>Total</b>
Río Grande	7,144 t	Sombrerete	60,000 t	0	Centro
Sombrerete	55,856 t			18,000 t	Sur
				18,000 t	Península
				24,000 t	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000 t</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000 t</b>	<b>Total</b>
<b>Segunda mejor alternativa (Fresnillo-Sombrerete)</b>					
Calera	5,598 t	Fresnillo	60,000 t	18,000 t	Centro
Fresnillo	45,902 t			18,000 t	Sur
Guadalupe	11,500 t			0	Península
				24,000 t	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000</b>	<b>Total</b>
Río Grande	7,144 t	Sombrerete	60,000 t	42,000 t	Centro
Sombrerete	55,856 t			0	Sur
				18,000 t	Península
				0	Golfo
<b>Total</b>	<b>63,000 t</b>	<b>Total</b>	<b>60,000 t</b>	<b>60,000 t</b>	<b>Total</b>

beneficiadora de Calera. La causa de tal situación fue atribuida a la baja producción estatal de ese año, apenas de 72,000 t, que determinó la venta rápida de frijol sin limpiar a los "coyotes", quienes se dedicaron a recorrer cada municipio en busca de la leguminosa. Otra de las causas de la subutilización de las plantas es la existencia de unas 45 procesadoras en manos de los productores (Vallejo Díaz, 2012).

## CONCLUSIONES

Soluciones diversas de un modelo de distribución y producción de frijol indican que la ubicación de la

planta en el municipio de Sombrerete fue adecuada, y que la de Calera no consideró la disponibilidad de materia prima, lo que originó mayores costos de transporte, en relación con otras opciones como Juan Aldama, Fresnillo, Río Grande y Miguel Auza. Es muy probable que una ubicación inadecuada provoque subutilización de la infraestructura debido a la falta de materia prima, lo cual es una señal de que no se cumplieron los objetivos que se propusieron alcanzar los gobiernos estatal y federal.

## LITERATURA CITADA

- ANDERSON, D. R. et al. *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. 7 ed., International Thomson Editores, 834 pp., 1998.
- BARAHONA, F. y CHUDAK, F. A. Near-optimal solutions to large-scale facility location problems. *Discrete Optimization*, 2(1): 35-50, 2005.
- BIVINGS, E. L. The seasonal and spatial dimensions of sorghum market liberalization in Mexico. *American Journal of Agricultural Economics*, 79: 383-393, 1997.
- BORJA BRAVO, M. y GARCÍA SALAZAR, J. A. Políticas para disminuir las importaciones de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en México: un análisis por tipo de variedad. *Agrociencia*, 42(8): 949-958, 2008.
- BOYD, R. et al. The effects of tariff removals on the North American lumber trade. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 4: 311-328, 1993.
- BROOKE, A. et al. *GAMS a user's guide*. Washington: GAMS Development Corporation, 262 pp., 1998.
- CRAMER, G. L. et al. Impacts of liberalization trade in the world rice market. *American Journal of Agricultural Economics*, 75: 219-226, 1993.
- GARCÍA SALAZAR, J. A. y SANTIAGO CRUZ, M. J. Importaciones de maíz en México: un análisis espacial e intertemporal. *Investigación Económica*, LXIII(250): 131-160, 2004.
- GARCÍA SALAZAR, J. A. y WILLIAMS, G. W. Evaluación de la política comercial de México respecto al mercado de maíz. *El Trimestre Económico*, 281: 169-213, 2004.
- HARKNESS, J. y REVELLE, C. Facility location with increasing production costs. *European Journal of Operational Research*, 145(1): 1-13, 2003.
- KAWAGUCHI, T. et al. A spatial equilibrium model for imperfectly competitive milk markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 79: 851-859, 1997.
- LING-YUN, W. y ZHANG, J. Capacitated facility location problem with general setup cost. *Computers & Operations Research*, 33(5): 1226-1241, 2006.
- PALACIOS ROJI GARCÍA, A. y PALACIOS ROJI GARCÍA, J. *Guía Roji Gran Atlas de Carreteras 2002*. México, D. F.: Guía Roji, S.A. de C.V., 80 pp., 2002.
- RODRÍGUEZ LICEA, G. et al. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. *Paradigma Económico*, 2(1): 121-145, 2010.
- TAKAYAMA, T. y JUDGE, G. G. *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. Amsterdam, Holland: North-Holland Publishing Company. 528 pp., 1971.
- VALADEZ RODRÍGUEZ, A. Procesadoras de frijol en Zacatecas, elefantes blancos; no operan ni a 10%. *La Jornada*. 24 de noviembre de 2008.
- VALLEJO DÍAZ, J. Subutilizadas plantas beneficiadoras en Zacatecas. NTR Zacatecas. 9 de agosto de 2012.

## De páginas electrónicas

- RAMOS, J. Una Estrategia de Desarrollo a partir de los Complejos Productivos (Clusters) en Torno a los Recursos Naturales. ¿Una Estrategia Prometedora? Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 33 pp., 1999. De: <http://www.eclac.cl/ddpeudit/proy/clusters/JRamos.pdf>, 12 jul. 2007.
- SCT (SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES). Tarifas de Transporte Ferroviario. De: <http://www.sct.gob.mx>, 8 feb. 2006.
- SIAP (SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA). Información básica, Agricultura, Producción anual. 2004-2006. De: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350), 3 oct. 2013.
- SIAP (SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA). Información básica, Agricultura, Producción anual. 2010. De: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350), 3 oct. 2013.