

Samuel Rebollar Rebollar, José Alberto García Salazar, Gabriela Rodríguez Licea  
Análisis espacial e intertemporal sobre el almacenamiento del sorgo en México  
Ciencia Ergo Sum, vol. 12, núm. 3, noviembre-febrero, 2005, pp. 245-254,  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10412304>



*Ciencia Ergo Sum*,  
ISSN (Versión impresa): 1405-0269  
[ciencia.ergosum@yahoo.com.mx](mailto:ciencia.ergosum@yahoo.com.mx)  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Análisis espacial e intertemporal sobre el almacenamiento del sorgo en México

Samuel Rebollar Rebollar\*, José Alberto García Salazar\*\* y Gabriela Rodríguez Licea\*\*

Recepción: 1 de febrero de 2005

Aceptación: 2 de junio de 2005

\*Unidad Académica Profesional de Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México.

Correo electrónico: sarr@uaemex.mx

\*\* Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática. Colegio de Posgraduados.

Correo electrónico: jsalazar@colpos.mx y grljcs@yahoo.com.mx

**Resumen.** Con el objetivo de establecer alternativas enfocadas a programas de inventarios de sorgo en México, se usó un modelo de programación no lineal que incorpora características espaciales e intertemporales en el año 2000. Los resultados indican que si la producción y las importaciones de sorgo se hubieran realizado de manera óptima, la sociedad habría ganado un valor social neto de 29,642 millones de pesos. La capacidad instalada mensual nacional es suficiente para almacenar casi todo el grano que un programa de inventarios requiere, excepto Tamaulipas; esta entidad no tiene capacidad para almacenar en condiciones óptimas 619; 1,234; 992 y 573 miles de toneladas en los meses de mayo, junio, julio y agosto, respectivamente.

**Palabras clave:** sorgo, programa de inventarios, modelo de programación no lineal.

## Spatial and Intertemporal Analysis of Sorghum Storage in Mexico

**Abstract.** A non-linear programming model which includes spatial and intertemporal features was applied in order to introduce sorghum inventory programs in Mexico in the year 2000. The correspondent data shows that if sorghum production imports had been carried out optimally, they would have resulted in a net social value of 29,642 million pesos. The available national capacity per month is good enough to store the total amount of sorghum required by inventory programs; being Tamaulipas an exception for lack of a 619; 1,234; 992, and 573 thousands of tons optimum storage capacity from May to August.

**Key words:** sorghum, programs of inventories, non linear programming model.

## Introducción

Debido a su uso como principal ingrediente en la alimentación de ganado, el sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) es uno de los principales granos básicos de México. Su crecimiento se ubica en la década de los sesenta, cuando se produce un cambio en el patrón de cultivos en nuestro país. A partir de entonces, forma parte de la cadena de producción que suministra proteína de origen animal al mercado de alimentos.

Por el lado de la producción, la eliminación del permiso previo de importación de sorgo en octubre de 1989 causó problemas en la producción debido a las importaciones del grano. En un inicio la medida no fue percibida por los productores de baja productividad, quienes no cambiaron sus decisiones de siembra; esta situación generó dificultades para comercializar la cosecha, lo que trajo como consecuencia una concertación entre la Comisión Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo), productores y consumidores. En tal concertación, los consumidores se comprometieron a

**Las regiones consumidoras de sorgo tradicionales en México se encuentran a una distancia promedio de 850 km de la zona productora de Tamaulipas, y sólo 20% del grano se desplaza por ferrocarril, el restante debe ser movilizado por autotransporte carretero, lo que origina mayores costos.**

comprar parte de la cosecha y Conasupo a absorber los costos de comercialización.

Hasta 1990 Conasupo vendió el sorgo nacional e importado a ganaderos y a la industria de alimentos para animales a un precio igual o menor al de compra. El precio de garantía de este grano había desaparecido en 1989, de ahí que el precio al que vendía el productor era de concertación. Para responder a este desorden ocasionado por políticas ineficientes en el mercado de granos, el gobierno instituyó Aserca (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) para apoyar a los productores. Aserca subsidió a los productores de sorgo para que los consumidores prefirieran la cosecha de Tamaulipas a las importaciones provenientes de Texas. La paraestatal subsidió la cosecha de ese estado, puesto que su alta producción representaba dificultades de comercialización, dada su cercanía con Texas.

Desde 1987 esta política de comercialización centrada en el modelo de desarrollo agrícola mexicano implicaría todo un proceso de retiro gradual de la paraestatal más importante de los mercados agrícolas. Hasta 1999, la intervención de esta paraestatal sólo era significativa en los mercados de maíz, frijol y leche en polvo, y para diciembre de ese año se declara a la Conasupo fuera de los mercados agrícolas (DOF, 1999: 58).

Existe evidencia de que el almacenamiento operado por la Conasupo no se llevaba cabo de manera eficiente, pues sólo mantenía en existencias el nivel que requería como reserva, lo cual no correspondía con el plan de manejo de inventarios que esa paraestatal debía mantener para hacer más eficiente el abasto durante todos los meses del año.

En nuestro país, la comercialización del sorgo presenta dos aspectos que muestran claramente la ambivalencia que puede registrarse en este grano, ya sea por región o temporalidad del producto. La zona que presenta mayores dificultades para la comercialización del sorgo es Tamaulipas, cuya producción representa casi 80% de la cosecha nacional del ciclo otoño-invierno. Esta aparente ventaja se ve disminuida debido a que el periodo de trilla se reduce a cerca de 45 días (junio y julio), situación que contrasta con el periodo de consumo, que en promedio abarca cuatro meses (julio,

agosto, septiembre y octubre), lo cual implica que la producción y el precio se ven afectados por mayores costos de almacenaje, financieros y una infraestructura pobre de almacenamiento.

Por tanto, ante esta nueva situación, surge entonces la necesidad de proponer alternativas enfocadas a establecer programas de inventarios en las regio-

nes productoras de nuestro país, así como la forma en que debería realizarse la distribución de la producción y las importaciones, tanto en el espacio como en el tiempo, con el fin de subsanar ineficiencias que actualmente existen. En resumen, algunas interrogantes interesantes que se plantean con relación al almacenamiento del sorgo en México son las siguientes: ¿cuánto sorgo debe mantener en existencia cada región?, ¿será suficiente la infraestructura de almacenamiento existente en las regiones productoras para almacenar el grano que un programa de inventarios requiere?

La respuesta a tales interrogantes es la motivación principal de este trabajo, cuyo objetivo fundamental es proponer recomendaciones a corto plazo enfocadas a una política de inversión en infraestructura de almacenamiento en las regiones productoras de sorgo. Tal objetivo se logra a través de un modelo de distribución espacial e intertemporal de la producción de sorgo, la demanda óptima de almacenamiento del grano en las distintas regiones productoras y la comparación con la capacidad instalada de almacenes. La hipótesis fundamental considera que la capacidad instalada en almacenes en las zonas rurales del país es insuficiente para guardar el sorgo que un programa de inventarios requiere.

Los estudios empíricos sobre modelos de equilibrio espacial que se han hecho con relación a la distribución de productos agrícolas son: Kawaguchi *et al.* (1997: 851), quienes analizaron los flujos comerciales de leche en Japón suponiendo diferentes estructuras de mercado; Crammer *et al.* (1993: 219) evaluaron los impactos de la liberación comercial entre Estados Unidos, México y Canadá sobre el mercado internacional del arroz; Nicholson (1996: 332) estudió la liberalización económica, libre comercio y cambio estructural para el sector lechero en México; Boyd *et al.* (1993: 311) discutieron el efecto de la liberación comercial entre Estados Unidos, México y Canadá sobre la producción y flujos comerciales de la madera; Bivings (1997: 383) examinó el efecto de la liberalización del mercado del sorgo en México utilizando un modelo de equilibrio espacial e intertemporal; García (1999: 13) emplea un modelo con las mismas características para la determinación de la deman-

da óptima de almacenamiento de maíz en México; y Martínez (2002: 62), se detuvo en el análisis temporal de las importaciones de cebada en México durante 2002. De estos estudios, los tres últimos autores sí consideraron el almacenamiento.

Con relación al modelo utilizado en este trabajo, se ofrece a continuación una crítica personal de los autores enfocada a la investigación de Bivings (1997) sobre el sorgo grano en México. La autora presenta un modelo de programación no lineal detallado en su forma espacial y estacional desagregado del mercado de sorgo mexicano, para lo que divide el país en seis regiones (noreste, noroeste, central norte, central, península y suroeste) y calibra con datos de un estudio de costos de transporte y almacén en México de noviembre de 1988 a octubre de 1989. El modelo empírico captura el impacto de estas características en la respuesta del mercado del sorgo a la liberalización explícitamente del modelo, el papel del almacenaje y comercialización, incluso da continuidad a la tradición Takayama y Judge (1971) al dividir el modelo en términos de una función objetivo no lineal cóncava, la función del valor social neto (VSN) que maximiza las áreas bajo la curva de demanda, menos las áreas bajo la curva de oferta, menos transporte, almacenamiento y costos de financiamiento a los que se incurre durante el proceso. Compara los resultados obtenidos con aquellos modelos que omiten estas características y demuestra que no incorporar tales costos en modelos comerciales puede inducir a conclusiones erróneas y políticas inadecuadas. Empíricamente afirma que a pesar de las numerosas aplicaciones agrícolas de los modelos de equilibrio espacial, relativamente pocas han combinado dimensiones espaciales e intertemporales (Labys y Pollak, 1984; Labys, Takayama y Uri 1989). Estas características (espaciales e intertemporales) pueden demostrar mucha utilidad sobre una gran cantidad de aplicaciones, toda vez que México es sólo uno de varios países cuyas señales se basan más en aspectos de mercado y políticas de libre comercio enfocadas principalmente a la agricultura.

**Cuadro 1. Regiones productoras y consumidoras de sorgo grano en México.**

| Región | Nombre                  | Estado o municipios que la componen  | Abreviación |
|--------|-------------------------|--|-------------|
| 1      | Península Norte         | Baja California y Baja California Sur  | PNO         |
| 2      | Sonora                  | Sonora   | SO          |
| 3      | Chihuahua               | Chihuahua  | CH          |
| 4      | Noroeste                | Sinaloa y Nayarit  | NO          |
| 5      | Laguna                  | Coahuila y Durango   | LG          |
| 6      | Centro-Norte1           | Nuevo León y San Luis Potosí   | CN1         |
| 7      | Centro-Norte2           | Zacatecas y Aguascalientes   | CN2         |
| 8      | Occidente               | Jalisco y Colima   | OCC         |
| 9      | Bajío                   | Michoacán, Guanajuato y Querétaro  | BA          |
| 10     | Centro1                 | Estado de México, Morelos y Distrito Federal   | C1          |
| 11     | Centro2                 | Puebla, Tlaxcala e Hidalgo   | C2          |
| 12     | Sur                     | Guerrero, Oaxaca y Chiapas   | SU          |
| 13     | Golfo                   | Veracruz y Tabasco   | GO          |
| 14     | Península Sur           | Campeche, Yucatán y Quintana Roo   | PE          |
| 15     | Tamaulipas Noroeste     | Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Gustavo Díaz Ordaz y Reynosa         | TNO         |
| 16     | Tamaulipas Centro-Norte | Río Bravo, Valle Hermoso, Matamoros, San Fernando, Méndez, Cruillas y Burgos               | TCN         |
| 17     | Tamaulipas Centro       | Soto la Marina, Abasolo, Jiménez, Casas, Padilla, Güemez y Llera                           | TC          |
| 18     | Tamaulipas Centro-Oeste | San Carlos, Villagrán, Mainero, Hidalgo Ciudad Victoria, Jaumave, Miquihuana y San Nicolás | TCO         |
| 19     | Tamaulipas Sur-Oeste    | Xicotécatl, Gómez Farías, Ocampo, Bustamante, Palmillas y Nuevo Morelos                    | TSO         |
| 20     | Tamaulipas Sur-Este     | Antiguo Morelos, El Mante, Aldama, Altamira, Tampico y Ciudad Madero                       | TSE         |

Fuente: Elaboración propia.

## 1. Materiales y métodos

Para llevar a cabo el análisis espacial e intertemporal sobre el almacenamiento de sorgo en las zonas productoras de México, se validó un modelo de distribución espacial e intertemporal de la producción del grano. Estos modelos suponen que existen dos o más regiones que comercian un bien homogéneo, en este caso el sorgo. Las regiones están separadas pero no aisladas por los costos de transporte por tonelada, y tales costos son independientes del volumen, lo cual implica la inexistencia de economías de escala. El modelo considera costos de transporte y costos de almacenamiento; para cada región se conocen las funciones de oferta y demanda de sorgo en cada periodo. Para realizar el análisis espacial el país fue dividido en 20 regiones productoras y 20 regiones consumidoras, según se muestra en el cuadro 1.

Son considerados once puertos y fronteras de internación de las importaciones de sorgo: Ciudad Juárez, Guaymas, Mexicali, Nogales, Nuevo Laredo, Piedras Negras, Reynosa, Veracruz, Progreso, Matamoros y Tuxpan. El análisis temporal se realizó contemplando los doce meses del año en el ciclo de consumo 2000.

**En Tamaulipas, la demanda óptima por almacenamiento de sorgo supera la capacidad instalada actual.**

La solución al modelo se obtuvo a través del procedimiento MINOS, diseñado para problemas de optimización con funciones no lineales, escrito en el lenguaje de programación GAMS (General Algebraic Modeling System).

**1.1. Datos**

Basadas en Kawaguchi *et al.* (1997: 851), las funciones de oferta y demanda se calcularon utilizando la elasticidad precio de la oferta y demanda, los precios al productor y consumidor, y las cantidades producidas y demandadas. Para calcular las funciones anteriores, se utilizaron las elasticidades precio de la oferta y demanda reportadas por Bivings (1997: 383) y Sullivan *et al.* (1989). La producción de sorgo por región y por mes se obtuvo de los avances de siembras y cosechas reportados por el Centro de Estadística Agropecuaria (CEA) (Sagarpa, 1999-2000). Como precio al productor se utilizó el precio medio rural por región y por mes proporcionado por el CEA 1999-2000, y del *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola* publicado por la Sagarpa (1999-2000). El consumo regional por mes utilizado se consiguió con base en la metodología de García (1999: 13) e información proporcionada por el CEA, 1999 y 2000. Como precio al consumidor se consideró la información sobre precios de indiferencia reportados por Aserca (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) (1999 y 2000) por mes.

El precio internacional del sorgo consideró el precio libre a bordo (FOB por sus siglas en inglés), la tasa de cambio, el seguro y flete marítimo y los gastos portuarios o de cruce. El precio FOB se obtuvo de la Comisión Internacional de Comercio de Estados Unidos (2003) para los mismos años. La información sobre fletes y seguros marítimos en el periodo en cuestión se adquirió de Aserca. Los costos de transporte por camión y ferrocarril así como los costos de almacenamiento se extrajeron multiplicando la tarifa promedio (\$/ton/km) por la distancia en kilómetros de las regiones productoras y puntos de entrada de las importaciones a las regiones consumidoras, más 25% extra por concepto de retorno de la unidad vacía. El costo de transporte por camión se obtuvo de la Cámara Nacional de Autotransporte de Carga (Canacar, 1999: 10-11). El costo de transporte

por ferrocarril se logró en función a las tarifas aplicadas por Transportación Ferroviaria Mexicana (2001).

**1.2. Formulación del modelo de programación**

De acuerdo con Takayama y Judge (1971: 129) y Bivings (1997: 383), un modelo de distribución espacial e

intertemporal es aquel cuya función objetivo, la función de valor social neto (vsn), maximiza las áreas bajo las curvas de demanda, menos las áreas bajo las curvas de oferta, menos el valor de las importaciones y menos los costos de transporte y almacenamiento.

Asumiendo  $s(s = 1, 2 \dots S = 20)$  regiones productoras,  $d(d = 1, 2 \dots D = 20)$  regiones consumidoras,  $m(m = 1, 2 \dots M = 11)$  puertos y fronteras de entrada de las importaciones y  $t(t = 1, 2 \dots T = 12)$  periodos, el modelo de programación cuadrática, en su representación matemática, podría expresarse en los siguientes términos:

$$\begin{aligned}
 \text{MaxVSN} = & \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \left[ I_{s,t} y_{s,t} + \frac{1}{2} w_{s,t} y_{s,t}^2 \right] - \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \left[ n_{s,t} x_{s,t} + \frac{1}{2} h_{s,t} x_{s,t}^2 \right] - \\
 & \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{m=1}^{11} \left[ p_{m,t} x_{m,t} \right] - \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \sum_{d=1}^{20} \left[ p_{sdt}^c x_{sdt}^c + p_{sdt}^f x_{sdt}^f \right] - \\
 & \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \sum_{d=1}^{20} \left[ p_{sdt}^c x_{sdt}^c + p_{sdt}^f x_{sdt}^f \right] - \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \left[ p_{s,t} x_{s,t} \right] - \\
 & \sum_{t=1}^T p^{t-1} \sum_{m=1}^{11} \left[ p_{m,t} x_{m,t} \right] \tag{1}
 \end{aligned}$$

La función objetivo se encuentra sujeta a las siguientes restricciones:

$$x_{st} + x_{st-1,t} - x_{st,t+1} \geq \sum_{d=1}^{20} [x_{sdt}^c + x_{sdt}^f] \tag{2}$$

$$x_{mt} + x_{m,t-1,t} - x_{m,t,t+1} \geq \sum_{d=1}^{20} [x_{mdt}^c + x_{mdt}^f] \tag{3}$$

$$\sum_{s=1}^{20} [x_{sdt}^c + x_{sdt}^f] + \sum_{m=1}^{11} [x_{mdt}^c + x_{mdt}^f] \geq y_{dt} \tag{4}$$

$$x_t = \sum_{m=1}^{11} x_{mt} \tag{5}$$

$$x_{s1,2,13} = x_{s0,1} \tag{6}$$

$$y_{dt}, x_{st}, x_{mt}, x_{sdt}^c, x_{sdt}^f, \dots, x_{s,t,t+1}, x_{m,t,t+1} \geq 0 \tag{7}$$

La restricción [2] establece que la producción de sorgo en cada una de las regiones productoras  $s$  en el periodo  $t$ , más el nivel de inventarios almacenados en  $s$  del periodo  $t-1$  a  $t$ , menos el nivel de inventarios almacenados en  $s$  del periodo

$t$  al periodo  $t+1$ , deberá ser igual o mayor al total de envíos de sorgo por camión y ferrocarril de esta región productora a todas las regiones demandantes  $d$  en el periodo  $t$ .

La restricción [3] plantea que el total de las importaciones por el puerto  $m$  en el periodo  $t$ , más los inventarios almacenados en  $m$  en el periodo  $t-1$ , menos los inventarios que se almacenarán en  $m$  del periodo  $t$  al periodo  $t+1$  de sorgo, deberán ser mayores o iguales al total de envíos de sorgo por camión y por ferrocarril de los centros de entrada de las importaciones a las diferentes regiones demandantes  $d$  en el periodo  $t$ .

La restricción [4] describe que el total de envíos de sorgo por camión y por ferrocarril de las zonas productoras  $s$  y de los puertos y fronteras de entrada de las importaciones  $m$  a todas las regiones consumidoras  $d$  deberá ser mayor o igual a la cantidad total demandada en el periodo  $t$ .

La restricción [5] establece que las importaciones totales del periodo  $t$  deberán ser iguales a la sumatoria de las importaciones realizadas por los diferentes puertos y fronteras  $m$  en el periodo  $t$ .

La restricción [6] se refiere a que los inventarios almacenados de sorgo en la región productora  $s$  del mes 12 al mes 13 deberán ser iguales a los inventarios almacenados en  $s$  del mes 0 al mes 1. Finalmente, la restricción [7] establece las condiciones de no negatividad del modelo.

Los signos y abreviaturas de las ecuaciones 1 a 7 se expresan a continuación:

| Símbolo o abreviatura | Significado  | Símbolo o abreviatura | Significado  |
|-----------------------|--|-----------------------|--|
| $P^i = (1/1+i)^{t-1}$ | Factor de descuento con $i_t$ igual a la tasa de inflación en el mes $t$               | $P^f_{sd}$            | Costo de transporte de sorgo de la región $s$ a la región $d$ por ferrocarril en el mes $t$          |
| $I_{dt}$              | Intercepto de la función de demanda en la región $d$ en el mes $t$                     | $X^f_{sd}$            | Cantidad de sorgo enviada de la región $s$ a la región $d$ por ferrocarril en el mes $t$             |
| $y_{dt}$              | Cantidad consumida de sorgo en la región $j$ en el mes $t$                             | $P^c_{md}$            | Costo de transporte de sorgo del puerto o frontera $m$ a la región $d$ por camión en el mes $t$      |
| $w_{dt}$              | Pendiente de la función de demanda de sorgo en la región $j$ en el mes $t$             | $X^c_{md}$            | Cantidad de sorgo enviada del puerto o frontera $m$ a la región $d$ por camión en el mes $t$         |
| $n_{st}$              | Intercepto de la función de oferta en la región $s$ en el mes $t$                      | $P^f_{md}$            | Costo de transporte de sorgo del puerto o frontera $m$ a la región $d$ por ferrocarril en el mes $t$ |
| $x_{st}$              | Cantidad producida de sorgo en la región $s$ en el mes $t$                             | $X^f_{md}$            | Cantidad de sorgo enviada del puerto o frontera $m$ a la región $d$ por ferrocarril en el mes $t$    |
| $h_s$                 | Pendiente de la función de oferta de sorgo en la región $s$ en el mes $t$              | $P_{st,t+1}$          | Costo unitario de almacenamiento de sorgo en la región $s$ del mes $t$ al mes $t+1$                  |
| $P_m$                 | Precio internacional del sorgo importado a través del puerto $m$ en el mes $t$         | $X_{st,t+1}$          | Cantidad de sorgo almacenado en la región $s$ del mes $t$ al mes $t+1$                               |
| $x_{ms}$              | Cantidad importada de sorgo por el puerto $m$ en el mes $t$                            | $P_{mt,t+1}$          | Costo unitario de almacenamiento en el puerto $m$ del mes $t$ al mes $t+1$                           |
| $P^c_{sd}$            | Costo de transporte de sorgo de la región $s$ a la región $d$ por camión en el mes $t$ | $X_{mt,t+1}$          | Cantidad de maíz almacenada en el puerto $m$ del mes $t$ al mes $t+1$                                |
| $X^c_{sd}$            | Cantidad de sorgo enviada de la región $s$ a la región $d$ por camión en el mes $t$    |                       |  |

## 2. Resultados y discusión

Para la obtención del nivel óptimo de almacenamiento en México en el año 2000, primero fue validado el modelo de programación. Esta validación consiste en comparar los valores reales observados con los valores obtenidos en el modelo réplica. Se considera como convergente una discrepancia menor a 10% entre los valores observados y los arrojados por el modelo; en caso contrario, los resultados carecerían de poder de simulación de políticas. Se tomaron como parámetros en el modelo de programación la producción y el consumo observados en ese año. Los flujos de sorgo por los dos medios de transporte, así como los niveles de almacenamiento se consideraron como variables. Las importaciones nacionales por mes y anuales por puerto en el 2000 se introdujeron como restricciones, mientras que las importaciones mensuales por puerto y frontera se trataron como variable.

En el cuadro 2 se presenta la validación del modelo, que especifica la maximización de la función objetivo, función de valor social neto (VSN), a través de la diferencia proporcionada por el valor de las áreas bajo las curvas de demanda, menos las áreas bajo las curvas de oferta, menos el valor de las importaciones y menos los costos de transporte y almacenamiento; en otras palabras, el resultado del VSN es igual al excedente económico (excedente al consumidor más el excedente al productor) menos el valor de las importa-

**Cuadro 2. Validación del modelo del sorgo en México.**

| Región                  | Niveles observados | Modelo base  | Cambio  | Cambio % |
|-------------------------|--------------------|--------------|---------|----------|
|                         | en 2000            | (Validación) |         |          |
|                         | Toneladas          |              |         |          |
|                         | Producción         |              |         |          |
| Península Norte         | 37,943             | 38,306       | 363     | 0.96     |
| Sonora                  | 45,990             | 42,860       | -3,130  | -6.81    |
| Chihuahua               | 77,115             | 64,625       | -12,490 | -16.20   |
| Noroeste                | 670,392            | 680,967      | 10,575  | 1.58     |
| Laguna                  | 30,620             | 30,609       | -11     | -0.04    |
| Centro Norte1           | 144,374            | 131,301      | -13,073 | -9.05    |
| Centro Norte2           | 4,889              | 4,608        | -281    | -5.75    |
| Occidente               | 420,218            | 425,131      | 4,913   | 1.17     |
| Bajío                   | 2,140,586          | 2,073,794    | -66,792 | -3.12    |
| Centro1                 | 124,576            | 107,599      | -16,977 | -13.63   |
| Centro2                 | 41,966             | 37,573       | -4,393  | -10.47   |
| Sur                     | 142,643            | 129,850      | -12,793 | -8.97    |
| Golfo                   | 82,159             | 91,394       | 9,235   | 11.24    |
| Península               | 8,822              | 8,185        | -637    | -7.22    |
| Tamaulipas Noroeste     | 553,609            | 543,786      | -9,823  | -1.77    |
| Tamaulipas Centro Norte | 930,064            | 921,025      | -9,039  | -0.97    |
| Tamaulipas Centro       | 88,577             | 89,625       | 1,048   | 1.18     |
| Tamaulipas Centro Oeste | 77,505             | 80,374       | 2,869   | 3.70     |
| Tamaulipas Suroeste     | 33,217             | 32,703       | -514    | -1.55    |
| Tamaulipas Sureste      | 531,465            | 555,462      | 23,997  | 4.52     |
| Nacional                | 6,186,730          | 6,089,777    | -96,953 | -1.57    |
|                         | Consumo            |              |         |          |
| Península Norte         | 186,357            | 182,896      | -3,461  | -1.86    |
| Sonora                  | 485,172            | 480,238      | -4,934  | -1.02    |
| Chihuahua               | 56,939             | 61,293       | 4,354   | 7.65     |
| Noroeste                | 462,205            | 477,660      | 15,455  | 3.34     |
| Laguna                  | 960,248            | 990,685      | 30,437  | 3.17     |
| Centro Norte1           | 566,852            | 573,407      | 6,555   | 1.16     |
| Centro Norte2           | 474,983            | 486,593      | 11,610  | 2.44     |
| Occidente               | 1,692,332          | 1,756,210    | 63,878  | 3.77     |
| Bajío                   | 1,591,466          | 1,632,975    | 41,509  | 2.61     |
| Centro1                 | 613,258            | 607,401      | -5,857  | -0.96    |
| Centro2                 | 916,561            | 860,466      | -56,095 | -6.12    |
| Sur                     | 744,542            | 734,694      | -9,848  | -1.32    |
| Golfo                   | 1,169,987          | 1,090,437    | -79,550 | -6.80    |
| Península               | 486,916            | 463,933      | -22,983 | -4.72    |
| Tamaulipas Noroeste     | 58,787             | 57,413       | -1,374  | -2.34    |
| Tamaulipas Centro Norte | 99,266             | 98,686       | -580    | -0.58    |
| Tamaulipas Centro       | 46,385             | 46,272       | -113    | -0.24    |
| Tamaulipas Centro Oeste | 31,123             | 31,292       | 169     | 0.54     |
| Tamaulipas Suroeste     | 12,112             | 12,079       | -33     | -0.28    |
| Tamaulipas Sureste      | 92,359             | 94,997       | 2,638   | 2.86     |
| Nacional                | 10,747,851         | 10,739,627   | -8,224  | -0.08    |
|                         | Importaciones      |              |         |          |
| Golfo                   | 2,110,078          | 2,107,276    | -2,802  | -0.13    |
| Frontera                | 2,482,923          | 2,522,632    | 39,709  | 1.60     |
| Pacífico                | 56,849             | 19,942       | -36,907 | -64.92   |
| Nacional                | 4,649,850          | 4,649,850    | 0       | 0.00     |

Fuente: Elaboración propia con información de los resultados del modelo base.

ciones y menos los costos de transporte y almacenamiento. Así, la función objetivo maximiza el VSN, indicador que permite analizar los cambios ocasionados en el bienestar de la sociedad por la práctica de una política determinada. Los resultados indican que si en el año 2000 la distribución espacial e intertemporal de la producción e importaciones de sorgo se hubiera realizado de manera óptima, la sociedad

pudo haber ganado un VSN de 29,642 millones de pesos, cifra que representó 4.8 veces el valor de la producción de sorgo obtenida en ese año; esto es, el valor de la producción del 2000 (6,141 millones de pesos) representó 20.7% del VSN obtenido en el mismo año. El modelo subestimó la producción nacional en -1.57%, equivalente a la diferencia entre el nivel observado (6.2 millones de toneladas) y el nivel dado por el modelo (6.09 millones de toneladas), que fue de 96.9 mil toneladas. En contraste, la solución del modelo calibrado del sorgo grano reportado por Bivings (1997) presentó un error absoluto del porcentaje del medio total de 2.5%. Con relación al consumo, la discrepancia entre lo observado y los valores que arroja el modelo no es significativa, pues la solución que proporciona es muy cerrada a los niveles examinados: la discrepancia fue sólo 8.2 miles de toneladas, equivalentes a una subvaluación de 0.08% en el consumo; es decir, el consumo óptimo arrojado por el modelo fue menor al observado en el porcentaje mencionado. Este resultado contrasta con el obtenido por Bivings, que fue alrededor de -1.6% para las seis regiones incluidas en su análisis. Por su parte, las discrepancias entre las importaciones que se internan en un menor volumen por puertos del golfo y por frontera fueron en -0.1% y 1.6%, respectivamente; esto significa que el modelo subestimó las importaciones por el golfo en el porcentaje indicado; es decir, en un nivel inferior al observado; aunque se supone que el sorgo que entra por frontera no incurre en gastos de internación, pues se mueve por ferrocarril directamente a las zonas consumidoras.

El cuadro 3 presenta la producción regional mensual óptima en el año 2000. Puede apreciarse que en algunas regiones sólo se siembra un ciclo, por ejemplo, en Sonora, Chihuahua, Centro Norte2, etc. En otras regiones la producción mensual es continua porque se cosecha en ambos ciclos, como es

**Cuadro 3. Producción regional mensual de sorgo en México en condiciones óptimas, 1999-2000 (cifras en miles de toneladas).**

| Región   | May.    | Jun.  | Jul.  | Ago. | Sep. | Oct.  | Nov.    | Dic.  | Ene.  | Feb.  | Mar. | Abr.  | Anual   |
|----------|---------|-------|-------|------|------|-------|---------|-------|-------|-------|------|-------|---------|
| PNO      | 0.0     | 0.1   | 0.0   | 1.6  | 10.7 | 1.1   | 5.3     | 14.7  | 3.4   | 0.0   | 0.0  | 1.4   | 38.3    |
| SO       | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 6.8     | 0.0   | 0.0   | 34.9  | 1.0  | 0.0   | 42.9    |
| CH       | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 6.7   | 43.2    | 0.5   | 0.0   | 14.3  | 0.0  | 0.0   | 64.6    |
| NO       | 112.0   | 49.6  | 92.2  | 24.8 | 24.8 | 36.8  | 36.4    | 36.7  | 9.4   | 94.6  | 18.7 | 145.0 | 681.0   |
| LG       | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 2.3   | 7.6     | 14.5  | 0.1   | 6.2   | 0.0  | 0.0   | 30.6    |
| CN1      | 12.9    | 4.2   | 4.1   | 18.8 | 0.2  | 0.3   | 34.7    | 21.4  | 23.9  | 7.5   | 0.0  | 3.3   | 131.3   |
| CN2      | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.1   | 0.4     | 3.4   | 0.5   | 0.1   | 0.1  | 0.1   | 4.6     |
| OC       | 4.3     | 3.2   | 0.3   | 0.1  | 1.3  | 0.0   | 228.2   | 91.3  | 73.1  | 23.0  | 0.0  | 0.3   | 425.1   |
| BA       | 6.4     | 7.2   | 1.7   | 0.0  | 16.3 | 284.6 | 714.4   | 469.2 | 282.6 | 281.2 | 0.0  | 10.2  | 2,073.8 |
| C1       | 0.0     | 0.1   | 0.1   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0     | 96.7  | 1.2   | 9.3   | 0.0  | 0.0   | 107.6   |
| C2       | 0.0     | 0.0   | 0.2   | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.1     | 0.0   | 37.2  | 0.2   | 0.0  | 0.0   | 37.6    |
| SU       | 14.3    | 4.5   | 0.0   | 0.4  | 1.3  | 3.0   | 34.3    | 7.9   | 36.0  | 16.0  | 1.4  | 10.7  | 129.9   |
| GO       | 29.6    | 13.1  | 6.5   | 16.8 | 2.2  | 0.5   | 7.2     | 4.1   | 4.1   | 0.5   | 0.1  | 6.7   | 91.4    |
| PE       | 5.8     | 1.1   | 0.0   | 0.6  | 0.0  | 0.0   | 0.1     | 0.1   | 0.2   | 0.1   | 0.1  | 0.2   | 8.2     |
| TNO      | 313.4   | 32.6  | 10.7  | 2.1  | 0.0  | 2.3   | 93.7    | 45.5  | 28.7  | 4.9   | 2.3  | 7.6   | 543.8   |
| TCN      | 534.2   | 54.7  | 17.9  | 3.6  | 0.0  | 3.9   | 157.2   | 76.5  | 48.2  | 8.2   | 3.8  | 12.8  | 921.0   |
| TC       | 52.1    | 5.3   | 1.7   | 0.4  | 0.0  | 0.4   | 15.3    | 7.4   | 4.6   | 0.8   | 0.4  | 1.2   | 89.6    |
| TCO      | 46.9    | 4.7   | 1.5   | 0.3  | 0.0  | 0.3   | 13.7    | 6.7   | 4.1   | 0.7   | 0.3  | 1.1   | 80.4    |
| TSO      | 18.9    | 2.0   | 0.6   | 0.1  | 0.0  | 0.1   | 5.6     | 2.7   | 1.7   | 0.3   | 0.1  | 0.5   | 32.7    |
| TSE      | 324.6   | 32.6  | 10.6  | 2.2  | 0.0  | 2.3   | 94.3    | 45.9  | 28.1  | 4.9   | 2.3  | 7.7   | 555.5   |
| Nacional | 1,475.4 | 215.0 | 148.2 | 71.7 | 56.9 | 344.9 | 1,498.2 | 945.2 | 587.2 | 507.6 | 30.7 | 208.8 | 6,089.8 |

Fuente: Elaboración propia con datos de producción del modelo base.

el caso del Noroeste, Centro Norte1 y Sur, entre las más importantes. Por su parte, en el Occidente y el Bajío casi todo el volumen de producción que se cosecha se obtiene en el ciclo primavera-verano durante los meses de octubre a febrero. Sin embargo, en las regiones de Tamaulipas, la mayor parte del volumen cosechado se adquiere en el ciclo otoño-invierno; es decir, de abril a julio. La máxima producción se concentra entre mayo y junio.

El cuadro 4 muestra el nivel óptimo de importaciones en tiempo y espacio. Se observa que los mayores volúmenes importados ocurren en los meses de noviembre a abril, lo cual corresponde con las fechas de cosecha en las principales regiones productoras de México. Existen rutas que no se activaron, como Piedras Negras y Tuxpan; las razones fueron los altos costos de transporte y las distancias. De hecho, el puerto de Tuxpan no está conectado a través de ferrocarril, de ahí que el modelo indica que la mayoría de

las importaciones realizadas por el Golfo deberán ingresar por el puerto de Veracruz.

Los puntos de internación con mayor flujo de importaciones son Veracruz, Ciudad Juárez, Matamoros, Mexicali y Progreso. En Veracruz la importación mensual es continua con excepción del mes de junio, y el almacenamiento por importaciones es casi nulo. Esto, de alguna manera, asegura el abasto en las zonas consumidoras de mayor demanda.

Por su parte, el cuadro 5 presenta la demanda óptima por almacenamiento en el año 2000. Se observa una relación estrecha entre lo que se produce y lo que se almacena, esto es, generalmente en los meses de mayor producción es cuando hay más demanda por almacenamiento. Por ejemplo, en la región productora de Occidente, las mayores cosechas se obtienen de noviembre a febrero, y la mayor demanda por almacenamiento es, precisamente, de diciembre a abril, marzo es cuando más se almacena (307 miles de toneladas).

**Cuadro 4. Importaciones mensuales por puerto y frontera, 1999-2000 (cifras en miles de toneladas).**

| Región | Meses |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Total   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
|        | May.  | Jun.  | Jul.  | Ago.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Ene.  | Feb.  | Mar.  | Abr.  |         |
| CJ     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 272.7 | 0.0   | 22.0  | 128.2 | 17.0  | 133.3 | 113.3 | 123.6 | 122.7 | 933.0   |
| GU     | 0.0   | 17.1  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 2.8   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 19.9    |
| ME     | 56.4  | 55.5  | 55.4  | 0.0   | 43.2  | 52.2  | 57.3  | 57.3  | 56.1  | 20.8  | 55.5  | 55.0  | 564.9   |
| NG     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 30.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 30.0    |
| NL     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 46.4  | 46.4    |
| PN     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0     |
| RE     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 123.9 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 25.1  | 0.0   | 100.8 | 20.3  | 270.1   |
| VE     | 152.0 | 7.8   | 287.9 | 144.4 | 211.3 | 120.7 | 146.4 | 156.0 | 120.1 | 184.8 | 120.3 | 0.0   | 1,651.5 |
| PG     | 144.9 | 0.0   | 0.0   | 37.1  | 37.1  | 40.0  | 39.8  | 78.8  | 0.0   | 78.0  | 0.0   | 0.0   | 455.7   |
| MA     | 0.0   | 61.1  | 0.0   | 48.8  | 48.8  | 97.7  | 203.4 | 0.0   | 140.6 | 27.8  | 49.9  | 0.0   | 678.2   |
| TU     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0     |
| Anual  | 353.4 | 141.6 | 343.3 | 503.0 | 464.3 | 332.8 | 577.9 | 339.1 | 475.2 | 424.8 | 450.1 | 244.5 | 4,649.9 |

Fuente: Elaboración propia con información del modelo base.



**Cuadro 5.** Niveles óptimos de almacenamiento regional mensual en México, 1999-2000 (cifras en miles de toneladas).

| Región   | Meses |       |       |       |       |      |      |       |       |       |       |       | Anual  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|          | May.  | Jun.  | Jul.  | Ago.  | Sep.  | Oct. | Nov. | Dic.  | Ene.  | Feb.  | Mar.  | Abr.  |        |
| PNO      | 16    | 16    | 17    | 17    | 0     | 0    | 0    | 5     | 20    | 23    | 15    | 15    | 145    |
| SO       | 16    | 16    | 16    | 16    | 0     | 0    | 0    | 7     | 7     | 7     | 15    | 16    | 118    |
| CH       | 16    | 12    | 7     | 2     | 2     | 0    | 0    | 36    | 22    | 17    | 26    | 21    | 160    |
| NO       | 132   | 199   | 67    | 117   | 105   | 0    | 0    | 0     | 28    | 0     | 51    | 30    | 729    |
| LG       | 16    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 8     | 10    | 10    | 16    | 16    | 77     |
| CN1      | 31    | 16    | 0     | 0     | 19    | 0    | 0    | 0     | 0     | 20    | 28    | 28    | 142    |
| CN2      | 16    | 0     | 12    | 12    | 12    | 12   | 12   | 12    | 16    | 16    | 16    | 16    | 153    |
| OCC      | 21    | 0     | 3     | 0     | 0     | 0    | 0    | 120   | 211   | 284   | 307   | 163   | 1,110  |
| BA       | 23    | 16    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 381   | 430   | 343   | 266   | 171   | 1,630  |
| C1       | 16    | 16    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0     | 97    | 98    | 107   | 56    | 392    |
| C2       | 16    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 37    | 37    | 16    | 108    |
| SUR      | 33    | 0     | 5     | 5     | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 36    | 21    | 22    | 120    |
| GO       | 45    | 0     | 0     | 3     | 20    | 22   | 23   | 30    | 34    | 38    | 39    | 39    | 294    |
| PE       | 23    | 29    | 30    | 22    | 23    | 23   | 23   | 23    | 23    | 23    | 23    | 23    | 288    |
| TNO      | 367   | 584   | 617   | 391   | 196   | 193  | 184  | 278   | 324   | 352   | 357   | 360   | 4,203  |
| TCN      | 606   | 907   | 770   | 625   | 493   | 359  | 299  | 456   | 533   | 581   | 589   | 593   | 6,809  |
| TC       | 73    | 125   | 93    | 54    | 54    | 42   | 43   | 58    | 65    | 70    | 71    | 71    | 820    |
| TCO      | 66    | 70    | 75    | 77    | 70    | 70   | 39   | 53    | 59    | 63    | 64    | 64    | 771    |
| TSO      | 37    | 28    | 29    | 29    | 28    | 27   | 27   | 32    | 35    | 37    | 37    | 37    | 384    |
| TSE      | 353   | 527   | 415   | 300   | 179   | 168  | 170  | 264   | 310   | 338   | 343   | 345   | 3,712  |
| Nacional | 1,924 | 2,563 | 2,156 | 1,670 | 1,201 | 916  | 819  | 1,762 | 2,224 | 2,396 | 2,430 | 2,105 | 22,165 |

Fuente: Elaboración propia con información del modelo base (óptimo).

En la región de Tamaulipas, la mayor demanda por almacenamiento sucede de mayo a septiembre, periodo en el que se obtiene la mayor parte de la producción. Esta región es la que más sorgo almacena; le sigue el Bajío con un acumulado de 1.6 millones de toneladas almacenadas durante el año de análisis.

La Laguna es la región que menor almacenamiento óptimo presenta (77 mil toneladas), es posible que ahí se mani-

fieste una demanda menor para almacenar sorgo, puesto que su producción se consume casi toda en cada periodo.

Finalmente, el cuadro 6 expone la diferencia de la capacidad instalada menos la demanda por almacenamiento que debió haber existido en una situación óptima (excesos de demanda por almacenamiento en las zonas productoras). La capacidad instalada de almacenes que hubo en el 2000 podría considerarse como la oferta de almacenamiento, y

**Cuadro 6.** Capacidad instalada menos demanda por almacenamiento, 1999-2000 (cifras en miles de toneladas).

| Región   | Meses |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Anual  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|          | May.  | Jun.  | Jul.  | Ago.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Ene.  | Feb.  | Mar.  | Abr.  |        |
| PNO      | 465   | 465   | 465   | 465   | 481   | 481   | 481   | 476   | 461   | 458   | 466   | 466   | 5,629  |
| SO       | 472   | 472   | 472   | 472   | 488   | 488   | 488   | 482   | 482   | 482   | 473   | 472   | 5,743  |
| CH       | 683   | 687   | 692   | 697   | 697   | 699   | 699   | 663   | 677   | 682   | 673   | 678   | 8,227  |
| NO       | 1,104 | 1,037 | 1,169 | 1,119 | 1,132 | 1,236 | 1,236 | 1,236 | 1,208 | 1,236 | 1,185 | 1,206 | 14,106 |
| LG       | 220   | 237   | 237   | 237   | 237   | 237   | 237   | 229   | 227   | 227   | 220   | 220   | 2,763  |
| CN1      | 294   | 309   | 326   | 326   | 307   | 326   | 326   | 326   | 326   | 305   | 298   | 298   | 3,765  |
| CN2      | 242   | 259   | 247   | 247   | 247   | 247   | 247   | 246   | 243   | 242   | 242   | 242   | 2,951  |
| OCC      | 964   | 984   | 981   | 984   | 984   | 984   | 984   | 864   | 773   | 700   | 677   | 821   | 10,701 |
| BA       | 1,098 | 1,104 | 1,120 | 1,120 | 1,120 | 1,120 | 1,120 | 740   | 690   | 777   | 854   | 949   | 11,811 |
| C1       | 1,039 | 1,039 | 1,056 | 1,056 | 1,056 | 1,056 | 1,056 | 1,056 | 959   | 958   | 948   | 999   | 12,276 |
| C2       | 584   | 600   | 600   | 600   | 600   | 600   | 600   | 600   | 600   | 563   | 563   | 584   | 7,098  |
| SUR      | 604   | 637   | 633   | 633   | 637   | 637   | 637   | 637   | 637   | 601   | 616   | 615   | 7,525  |
| GO       | 226   | 271   | 271   | 268   | 251   | 249   | 249   | 241   | 237   | 233   | 233   | 233   | 2,962  |
| PE       | 153   | 147   | 146   | 154   | 154   | 154   | 154   | 154   | 154   | 153   | 153   | 153   | 1,827  |
| TNO      | -234  | -451  | -484  | -258  | -63   | -60   | -51   | -145  | -191  | -219  | -224  | -227  | -2,607 |
| TCN      | 124   | -177  | -41   | 105   | 237   | 370   | 430   | 273   | 197   | 148   | 140   | 136   | 1,942  |
| TC       | -33   | -85   | -53   | -14   | -14   | -2    | -3    | -18   | -25   | -30   | -31   | -31   | -340   |
| TCO      | -25   | -29   | -34   | -36   | -29   | -29   | 2     | -12   | -18   | -22   | -23   | -24   | -280   |
| TSO      | -37   | -28   | -29   | -28   | -27   | -27   | -26   | -31   | -34   | -36   | -36   | -36   | -375   |
| TSE      | -290  | -464  | -351  | -237  | -115  | -104  | -107  | -201  | -247  | -275  | -280  | -282  | -2,954 |
| Nacional | 7,654 | 7,015 | 7,422 | 7,908 | 8,377 | 8,662 | 8,759 | 7,816 | 7,354 | 7,182 | 7,148 | 7,473 | 92,771 |

Nota: Los números positivos indican excesos de capacidad instalada y los negativos excesos de demanda de almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del modelo base.

es utilizada para determinar los excesos de demanda en las regiones productoras de sorgo para el año en cuestión.

La capacidad instalada mensual anual en todas las regiones del país, excepto las regiones Noroeste, Centro, Centro-Oeste, Suroeste y Sureste del estado de Tamaulipas, es suficiente para almacenar el 100% del sorgo que un programa de inventarios requiere. La situación es crítica en la mayoría de las regiones del estado, con excepción del Centro-Norte, donde la demanda por almacenamiento óptima supera a la capacidad instalada actual. Es necesario recalcar que en esta región del estado, la demanda por almacenamiento supera la capacidad instalada sólo en los meses de junio y julio, que son los de más alta cosecha del ciclo Otoño-Invierno; en tanto que en la región Centro-Oeste del mismo estado, sólo en el mes de noviembre la capacidad instalada supera a la demanda por almacenamiento.

Las regiones Sureste y Noroeste de Tamaulipas son las que mayor demanda por almacenamiento presentan; es mayor durante junio, julio y agosto con 464, 351 y 237 para la región Sureste y de 451, 484 y 258 mil toneladas, respectivamente, para la región Noroeste. Lo anterior concuerda con el periodo de mayor cosecha en el ciclo Otoño-Invierno. De manera similar acontece en el resto de las regiones en el estado, sólo que en menor magnitud. En general, en condiciones óptimas, Tamaulipas no tiene infraestructura para almacenar 619, 1,234, 992 y 573 miles de toneladas en los meses de mayo, junio, julio y agosto respectivamente.

### Conclusiones

Las regiones Península Norte, Sonora, Chihuahua y Noroeste deben almacenar sorgo durante todo el año, excepto en septiembre, octubre y noviembre; en tanto que la regio-

nes de la Laguna y Centro Norte<sup>1</sup> deben mantener inventarios de sorgo en mayo, y de enero a abril. Por su parte, en una situación óptima, el Bajío debe mantener inventarios de sorgo durante mayo, junio y de diciembre a abril. Asimismo, las regiones del Golfo, Península y Tamaulipas deben almacenar sorgo durante todos los meses del año, principalmente de mayo a agosto y de diciembre a abril, cuando el nivel de inventarios es más continuo con relación al resto de las regiones del país. Esto es notorio en el estado de Tamaulipas, pues dichos inventarios concuerdan con los meses de mayor producción.

El modelo optimiza las importaciones mexicanas de sorgo. En este sentido, los puertos y fronteras con mayor flujo de importaciones son: Progreso, Veracruz, Matamoros, Ciudad Juárez y Mexicali. En su carácter espacial y temporal, el modelo indica que sólo en abril deberá importarse sorgo por Nuevo Laredo, y durante todo el año, excepto en abril, mayo, julio y diciembre, por la frontera de Matamoros. Tal situación está estrechamente vinculada con los meses de mayor producción en esta región.

En condiciones óptimas, prácticamente todo el estado de Tamaulipas presentó excesos de demanda por almacenamiento de sorgo, por tanto, no tiene infraestructura suficiente para almacenar el grano que un programa de inventarios requiere; en contraste, el resto de las regiones del país sí tiene infraestructura suficiente para almacenar todo el sorgo requerido por un programa de inventarios.

Finalmente, los costos de transporte y almacenamiento del grano en México constituyen una fase importante, porque tienen gran influencia sobre los precios y, por tanto, sobre las cantidades producidas, consumidas y comercializadas respectivamente.

CEBS


### Bibliografía

- Aserca (1999 y 2000). *Boletín de precios de indiferencia*. Varios números. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. México, D. F.
- Boyd, R.; K. Doroodian y S. Abdul-Latif (1993). "The Effects of Tariff Removals on the North American Lumber Trade", *Canadian Journal of Agricultural Economics*. 41: 311-28.
- Bivings, E. L. (1997). "The Seasonal and Spatial Dimensions of Sorghum Market Liberalization in Mexico", *American Journal of Agricultural Economics*. 79: 383-393.
- Crammer, G. L.; E. J. Wailes y S. Shui (1993). "Impacts of Liberalization Trade in the World Rice Market", *American Journal of Agricultural Economics*. 75: 219-226.
- Canar (1999). *Referencia de costos mínimos para el autotransporte de carga general*. Cámara Nacional de Autotransporte Carretero. México, D. F.
- DOF (1999). "Decreto por el que se ordena la extinción del organismo público descentralizado denominado Compañía Nacional de Subsistencia Populares", *Diario Oficial de la Federación*. 24 de mayo.

- García, J. A. (1999). *Distribución espacial e intertemporal de la producción de maíz en México*. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Kawaguchi, T.; N. Susuki y H. M. Kaiser (1997). "A Spatial Equilibrium Model for Imperfectly Competitive Milk Markets", *American Journal of Agricultural Economics*. 79: 851-859.
- Labys, W. C.  
 \_\_\_\_\_ y P. K. Pollak (1984). *Commodity Models for Forecasting and Policy Analysis* New York. Nichols Publishing Company.
- \_\_\_\_\_; T. Takayama y N. D. Uri (1989). *Quantitative Methods for Market-Oriented Economic Analysis over Space and Time*. Hants UK. Grower Publishing Company.
- Martínez, V. S. (2002). *Análisis temporal de las importaciones de cebada en México 2000*. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Nicholson, Ch. F. (1996). *Economic Liberalization, Free Trade and Structural Change a Spatial Economic Analysis of Mexico's Dairy Sector*. Tesis doctoral. Cornell University.
- Sagarpa (1999-2000). *Avance de siembras y cosechas* Centro de Estadística Agropecuaria, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F.
- Sullivan, J.; J. Wainio y V. Ronningen (1989). *A Database for Trade Liberalization Studies*. United States Department of Agricultural Economic, Research Service, Agricultural and Trade Analysis Division. Washington, D.C.
- Takayama, T. y G. G. Judge (1971). *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. North-Holland, Publishing Company. Amsterdam, Amsterdam.
- USITC (United States International Trade Commission) (2003). Disponible en <http://dataweb.usitc.gov/scripts/REPORT.asp>.
- Transportación Ferroviaria Mexicana (2001). Comunicación personal con Antonio Amerigo Lavin, noviembre. México, D. F.

# suscripción

# anual



## \$ 150\*

**Información:**  
 Av. Gómez Farías, Ofic. 201-3, Camino Teoloyuca, México, D.F.  
 Tel: 52 (020) 219 76 39 y 219 76 38  
 Correo electrónico: [info\\_journals@uaem.mx](mailto:info_journals@uaem.mx)

**\*Comunidad UAEM: \$100**  
**Incluye gastos de envío**