

**EFEECTO DE UNA POLÍTICA DE IMPORTACIONES SOBRE EL  
MERCADO DEL SORGO (*Sorghum vulgare Pers*) EN MÉXICO**

Samuel Rebollar Rebollar<sup>\*1</sup>, Juvencio Hernández-Martínez<sup>2</sup>, Felipe de Jesús González-Razo<sup>3</sup>,  
Anastacio García-Martínez<sup>4</sup>

**Effect of a policy on imports sorghum (*Sorghum vulgare Pers*) market in Mexico**

**ABSTRACT**

To quantify the effects of a policy of imports on the market of sorghum in Mexico, a model of spatial and intertemporal nonlinear programming was validated in 2013. Under optimization, production, imports and consumption were 6.2, 2.3 and 8.4 million tons the net social value of 52,377.4 million, 2.3 times the level observed in that year. Reduce imports at 1.5 million tons, domestic producers benefit and harm consumers; imports increased at the same volume, it would have benefited consumers and hurt producers. Such results should be considered for an efficient distribution of the grain.

**Keywords:** optimum distribution, imports, nonlinear programming, grain sorghum.

**RESUMEN**

Para cuantificar los efectos de una política de importaciones, sobre el mercado del sorgo en México, se validó un modelo de programación no lineal espacial e intertemporal en 2013. Bajo optimización, la producción, importaciones y consumo fueron 6.2, 2.3 y 8.4 millones de t y el Valor Social Neto de 52,377.4 millones de pesos, 2.3 veces el nivel observado en ese año. Reducir importaciones en 1.5 millones de t, beneficiaría a productores nacionales y perjudicaría a consumidores; incrementar importaciones al mismo volumen, habría beneficiado a consumidores y perjudicado a productores. Tales resultados deberían considerarse para una eficiente distribución del grano.

**Palabras clave:** distribución óptima, importaciones, programación no lineal, sorgo grano.

**INTRODUCCIÓN**

El sorgo grano (*Sorghum vulgare Pers*) es el segundo insumo de importancia pecuaria en México, después del maíz; se cultiva en todo el territorio nacional, excepto en Tlaxcala y Distrito Federal. Por ciclo, predomina el primavera-verano (PV), modalidad temporal, sobre el otoño-invierno (OI). En 2013, la producción interna fue 6.3 millones de toneladas (t), distribuida en Tamaulipas (29.8%), Guanajuato (27%), Sinaloa (10.7%) y Michoacán (9.7%); de ese total 40.2% se obtuvo en OI, modalidad riego, donde Tamaulipas aportó 61% de ese ciclo. El PV contribuyó con 59.8% al total nacional, liderado por Guanajuato (45.2%), con predominancia de la modalidad temporal (52.8%). Por mes, la producción mayor se obtuvo en junio (22% del OI) y noviembre (23% del PV) (SIAP, 2014).

En 2008, el consumo nacional (CNA) aparente fue 8.6 millones de t, 26.6% fueron importaciones y 73.4% producción interna. En importaciones, México ocupó la primera posición mundial (FAO, 2014), al comprar 36.8%, le siguió Japón 24.7% (FAPRI, 2014).

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: srebollarr@uaemex.mx. \* Autor de correspondencia.

<sup>2</sup> Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Texcoco. Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: jhmartinez1412@gmail.com.

<sup>3</sup> Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: fegora24@yahoo.com.mx.

<sup>4</sup> Profesor de Tiempo Completo. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: angama.agm@gmail.com

Desde hace ya varios años, México realiza compras externas de sorgo para satisfacer su demanda interna. Después de 1980, tales compras han sido variables, agudizándose después de la liberación comercial del grano (octubre de 1989). En 1983 el volumen importado de sorgo fue 3.3 millones de t y para 1999 de 0.7 millones, mientras que la producción nacional, para este último año (1999), fue 6.3 millones de t (el mayor volumen producido en toda la década).

Durante los trienios 2006-2008 y 2009-2011, las importaciones de sorgo fueron 2.1 y 2.4 millones de t, 12.5% mayores con relación a 2006-2008 (FAO, 2012). El aumento de las importaciones fue creciente los primeros años en que el grano se liberó. La participación mayor, de este rubro, en el consumo total del grano, fue después de 1989, pues la eliminación del permiso previo de importación y un arancel de cero generó problemas de sobreoferta, por una importación excesiva; tal medida no se percibió por productores de baja productividad en México, quienes no modificaron sus decisiones de siembra y, se generaron dificultades para comercializar la cosecha (ASERCA, 1997).

Así, debido a la dinámica heterogénea de compras externas de sorgo, por parte de México, parece necesario proponer un análisis de política comercial, a través de un mecanismo que permita generar alternativas adicionales eficientes y orientadas a definir efectos sobre el mercado y, de la conveniencia de imponer una cuota al volumen importado o permitir incrementarla, además de cómo realizarlas, tanto espacial como temporalmente, para evitar altos costos de adquisición y comercialización.

En la comercialización del sorgo, se generan algunas ineficiencias (Rebollar *et al.*, 2005), por ejemplo, al importar en meses de precios internacionales altos y hacerlo por puerto o frontera inadecuados, de acuerdo a la ubicación de los centros de consumo en México. Lo anterior, aumenta costos de transporte, por tanto, se eleva el precio del producto final, lo que afecta el ingreso de consumidores del grano. En 2012, 38.9% de las importaciones fueron por Nuevo Laredo, 24.6% por el puerto de Veracruz y 13.8% por Progreso, Yucatán (USITC, 2014; SAT, 2014); puntos de entrada que no son los más cercanos a zonas de consumo.

En consecuencia, importaciones espaciales inadecuadas elevan costos de comercialización, pues un canal más largo aumenta costos de transporte e implica pérdida de ingresos monetarios para el productor nacional.

En la distribución nacional del grano, se utiliza el medio de transporte más caro (García y Santiago, 2004), pues de acuerdo con ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria), el modo de transporte a utilizar depende de la distancia que se vaya a recorrer (Rebollar *et al.*, 2005) así, a distancias menores se prefiere la utilización del camión y, el ferrocarril a distancias mayores. En 2011, el costo de transporte por tonelada de sorgo en camión fue, sensiblemente, mayor al del ferrocarril y, el camión se utilizó más (García y Santiago, 2004; KCSM, 2014); estos autores, han realizado, en particular, investigaciones con modelos de equilibrio espacial para proponer alternativas a problemas económicos, relacionados a la distribución óptima de productos agrícolas.

Por anterior, el objetivo principal de esta investigación, consistió en evaluar el efecto, sobre el mercado (producción, consumo e importaciones) del sorgo grano en México y en el Valor Social Neto, de dos simulaciones, la primera relacionada a una cuota de importación (reducción de importaciones) y, la segunda de un incremento en el volumen importado nacional. La hipótesis principal plantea que incrementar importaciones sobre el volumen observado (esto es, lo que reportó la estadística oficial) en 2012/2013, reduce el Valor Social Neto, tanto en relación a una situación óptima (modelo base) como a la restricción de volúmenes importados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### El modelo

Para evaluar la distribución óptima de la producción, consumo e importaciones del sorgo en México y, el efecto en el mercado de una simulación de política de restricción e incremento en el volumen de

importaciones, se utilizó un modelo de programación no lineal, cuya función objetivo maximiza el Valor Social Neto (VSN). El VSN, es igual al área bajo la curva de demanda menos el área bajo la curva de oferta, menos el valor de importaciones y menos los costos de comercialización (costos de transporte y almacenamiento). Es pertinente aclarar que los resultados sólo son una función de simulaciones hechas por el modelo, sin una base cercana a algún tipo de acuerdo, tratado o política establecida en el TLCAN, o algún tipo de acuerdo comercial comprometido y firmado por México.

Otros elementos que no están en este trabajo pero que afectan el VSN son: costos de industrialización del producto y costos de transacción que podrían descontarse también del área bajo la curva de demanda. Asimismo, desplazadores importantes de la curva de demanda como cambios en el ingreso del consumidor de sorgo, cambios en el precio del maíz amarillo (bien sustituto en el consumo) y cambios en el inventario ganadero. Por el lado de la oferta, cambios en el precio medio rural de maíz (bien competitivo del sorgo en la producción), movimientos en el precio de los insumos (fertilizantes y mano de obra) y cambios en condiciones climáticas (precipitación pluvial y disponibilidad de agua para riego).

Actualmente, el precio del maíz amarillo es, probablemente, uno de los elementos más importantes que afectan el VSN y que no se contempló en el análisis. El aumento de importaciones de maíz amarillo ha ocasionado una disminución en el precio del sorgo grano y un aumento en su consumo, originando un desplazamiento de la función de demanda de sorgo y una sustitución por el maíz en dietas alimenticias que se utilizan en el sector pecuario; al respecto, Rebollar *et al.* (2005), analizaron la forma en que tal sustitución afectó el VSN del mercado del sorgo.

El modelo incorpora características espaciales e intertemporales y, supone que existen  $s$  regiones productoras y  $d$  regiones consumidoras que comercian un bien homogéneo, el sorgo grano. Las regiones se separan pero no se aíslan por costos de transporte por tonelada y, tales costos son independientes del volumen, lo que implica inexistencia de economías de escala. El modelo consideró costos de transporte y almacenamiento y, para cada región, se conocieron funciones de oferta y demanda en cada periodo.

Algunos trabajos empíricos con modelos similares a los de esta investigación, son el de Bivings (1997) sobre el efecto de la liberalización del mercado del sorgo en México. Rebollar *et al.* (2004), analizaron el efecto de políticas comerciales sobre el mercado del sorgo en México. García (1999), utilizó un modelo, con características similares, para determinar la demanda óptima de almacenamiento de maíz en México. Cabe destacar que estos tres autores sí consideraron el almacenamiento.

Kawaguchi *et al.* (1997), analizaron flujos comerciales de leche en Japón con diferentes estructuras de mercado. Crammer *et al.* (1993), estudiaron impactos de la liberación comercial entre Estados Unidos, México y Canadá sobre el mercado internacional del arroz. Wilson y Johnson (1995), analizaron efectos de cambios en políticas del mercado sobre flujos de comercio y precios en el sector norteamericano de cebada maltera. Fuller *et al.* (2000), discutieron efectos que tendría la liberación comercial del arroz entre México y Estados Unidos en el 2003.

Así, con base en Takayama y Judge (1971), Bivings (1997) y, suponiendo  $s(s=1,2...S=20)$  regiones productoras,  $d(d=1,2...D=20)$  regiones consumidoras,  $m(m=1,2...M=11)$  puertos y fronteras de entrada y  $t(t=1,2...T=12)$  periodos, el modelo de programación no lineal, en su representación matemática, se expresó en los siguientes términos:

$$\begin{aligned} \text{MaxVSN} = & \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{d=1}^{20} \left[ \lambda_{dt} y_{dt} + \frac{1}{2} \omega_{dt} y_{dt}^2 \right] \\ & - \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{m=1}^{11} [p_{mt} x_{mt}] - \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \sum_{d=1}^{20} [p_{sdt}^c x_{sdt}^c + p_{sdt}^f x_{sdt}^f] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \sum_{m=1}^{11} \left[ p_{m dt}^c x_{m dt}^c + p_{m dt}^f x_{m dt}^f \right] - \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{s=1}^{20} \left[ p_{st,t+1} x_{st,t+1} \right] \\
 & - \sum_{t=1}^{12} \pi^{t-1} \sum_{m=1}^{11} \left[ p_{mt,t+1} x_{mt,t+1} \right]
 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde:  $\pi^{t-1} = (1/i_t)^{t-1}$  = factor de descuento con  $i_t$  igual a la tasa de inflación en el mes  $t$ ;  $\lambda_{dt}$  = intercepto de la función de demanda en la región  $d$  en el mes  $t$ ;  $y_{dt}$  = cantidad consumida de sorgo en la región  $j$  en el mes  $t$ ;  $\omega_{dt}$  = pendiente de la función de demanda de sorgo en la región  $j$  en el mes  $t$ ;  $v_{st}$  = intercepto de la función de oferta en la región  $s$  en el mes  $t$ ;  $x_{st}$  = cantidad producida de sorgo en la región  $s$  en el mes  $t$ ;  $\eta_{st}$  = pendiente de la función de oferta de sorgo en la región  $s$  en el mes  $t$ ;  $p_{mt}$  = precio internacional del sorgo importado a través del puerto  $m$  en el mes  $t$ ;  $x_{mt}$  = cantidad importada de sorgo por el puerto  $m$  en el mes  $t$ ;  $p_{sdt}^c$  = costo de transporte de sorgo de la región  $s$  a la región  $d$  por camión en el mes  $t$ ;  $x_{sdt}^c$  = cantidad de sorgo enviada de la región  $s$  a la región  $d$  por camión en el mes  $t$ ;  $p_{sdt}^f$  = costo de transporte de sorgo de la región  $s$  a la región  $d$  por ferrocarril en el mes  $t$ ;  $x_{sdt}^f$  = cantidad de sorgo enviada de la región  $s$  a la región  $d$  por ferrocarril en el mes  $t$ ;  $p_{m dt}^c$  = costo de transporte de sorgo del puerto o frontera  $m$  a la región  $d$  por camión en el mes  $t$ ;  $x_{m dt}^c$  = cantidad de sorgo enviada del puerto o frontera  $m$  a la región  $d$  por camión en el mes  $t$ ;  $p_{m dt}^f$  = costo de transporte de sorgo del puerto o frontera  $m$  a la región  $d$  por ferrocarril en el mes  $t$ ;  $x_{m dt}^f$  = cantidad de sorgo enviada del puerto o frontera  $m$  a la región  $d$  por ferrocarril en el mes  $t$ ;  $p_{st,t+1}$  = costo unitario de almacenamiento de sorgo en la región  $s$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $x_{st,t+1}$  = cantidad de sorgo almacenado en la región  $s$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $p_{mt,t+1}$  = costo unitario de almacenamiento en el puerto  $m$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $x_{mt,t+1}$  = cantidad de sorgo almacenada en el puerto  $m$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;

La función objetivo se sujetó a las siguientes restricciones:

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

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

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

$$X_t = \sum_{m=1}^{11} X_{mt} \tag{5}$$

$$X_{s12,13} = X_{s0,1} \tag{6}$$

y

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

La ecuación 2, establece que la producción de sorgo por región  $s$  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  $s$  de  $t$  a  $t+1$ , deberá ser igual o mayor al total de envíos de sorgo por camión y ferrocarril de esta región productora a todas las regiones demandantes o consumidoras  $d$  en  $t$ .

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

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

La ecuación 5, establece que las importaciones totales del periodo  $t$  deberán ser iguales a la sumatoria de importaciones realizadas por diferentes puertos y fronteras  $m$  en  $t$ .

La penúltima restricción (ecuación 6) establece 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 y, la última restricción establece las condiciones de no negatividad del modelo.

Para evaluar la distribución óptima, primero se validó el modelo base de programación con datos observados de mayo de 2012 a abril de 2013 (definido como año 2013) y, se realizó el contraste para determinar la diferencia entre el valor observado en ese año y el bienestar de la sociedad (medido por el VSN) del modelo base, luego con resultados del modelo bajo dos escenarios: restricción de importaciones en 1.5 millones de t, e incremento de 1.5 millones de t sobre la base de importaciones observada en 2013. Dicho contraste, se realizó en producción, consumo e importaciones, así como en la magnitud del VSN.

En lo espacial, el país se dividió en 20 regiones productoras y 20 regiones consumidoras, sin elegir a ninguna, en particular, como centro de producción y de consumo; debido a que en mayor o en menor cantidad, todas consumen el grano: 1) Península Norte (PNO): Baja California y Baja California Sur; 2) Sonora; 3) Chihuahua (CH); 4) Noroeste (NO): Sinaloa y Nayarit; 5) La Laguna (LG): Coahuila y Durango; 6) Centro Norte 1 (CN1): Nuevo León y San Luis Potosí; 7) Centro Norte 2 (CN2): Zacatecas y Aguascalientes; 8) Occidente (OC): Jalisco y Colima; 9) El Bajío (BA): Michoacán, Guanajuato y Querétaro; 10) Centro 1 (C1): Estado de México, Morelos y Distrito Federal; 11) Centro 2 (C2): Puebla, Tlaxcala e Hidalgo; 12) Sur (SU): Guerrero, Oaxaca y Chiapas; 13) Golfo (GO): Veracruz y Tabasco; 14) Península: Campeche, Yucatán y Quintana Roo; 15) Tamaulipas Norte (TNO); 16) Tamaulipas Centro-Norte (TCN); 17) Tamaulipas Centro (TC); 18) Tamaulipas Centro-Oeste (TCO); 19) Tamaulipas Suroeste (TSO); 20) Tamaulipas Sureste (TSE). Se consideraron 11 puertos y fronteras de internación de importaciones de sorgo: Ciudad Juárez (CJ), Guaymas (GU), Mexicali (ME), Nogales (NG), Nuevo Laredo (NL), Piedras Negras (PN), Reynosa (RE), Veracruz (VE), Progreso (PG), Matamoros (MA) y Tuxpan (TU). El análisis temporal se realizó contemplando 12 meses del año en el ciclo de consumo 2013.

Para estos modelos no se especifica una región consumidora de importancia nacional como tal, dado que el grano se consume en mayor o en menor cantidad en todo el país, es por ello, que el modelo no puede restringirse a sólo unas cuantas regiones consumidoras.

La solución al modelo y sus escenarios, se obtuvo con el procedimiento MINOS, escrito en el lenguaje de programación GAMS, versión 24.4.2 para Windows y con base en Rosenthal (2008: 270).

### **Datos**

Con base en Kawaguchi *et al.* (1997), las funciones de oferta y demanda se estimaron al considerar elasticidades precio de cada una de ellas, precios al productor y precios al consumidor, cantidades producidas y demandadas; así como elasticidades precio de la oferta y demanda reportadas por Bivings (1997), Sullivan *et al.* (1989) y por el FAPRI (2014).

La producción de sorgo por región y mes, se obtuvo de avances de siembras y cosechas del SIAP (2014). Como precio al productor, el precio medio rural reportado por el SIAP. El consumo regional mensual, se obtuvo con base en García (1999) e información del SIAP (2012-2013). Para el precio al consumidor, se consideró la información sobre precios de indiferencia reportados por ASERCA (2012 y 2013) por mes.

El precio internacional del sorgo, consideró el Precio FOB (USITC, 2014; FAPRI, 2014; SNIIM, 2014). La tasa de cambio, el seguro y flete marítimo, gastos portuarios o de cruce y costos de almacenamiento, se obtuvieron de ASERCA (2014).

Información sobre costos de transporte por camión y ferrocarril, se generó al multiplicar la tarifa promedio (\$/t/km) por distancia en kilómetros, de regiones productoras y puntos de entrada de importaciones a regiones consumidoras, más 25 % extra por concepto de retorno de la unidad vacía. El

costo de transporte por camión, provino de la Cámara Nacional de Auto transporte de Carga (CANACAR, 2014). El costo de transporte por ferrocarril se obtuvo de Kansas City Southern de México (2014), Ferromex (2014) y Ferrosur (2014).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las condiciones planteadas, el análisis de resultados, es producto de dos escenarios de política comercial sobre el mercado del sorgo grano en México, que podrían considerarse como alternativas de solución para mejorar la distribución de este insumo a nivel nacional, así como los efectos que podría ocasionar al mercado, si el Gobierno decidiese implementarlos.

Así, en un primer análisis, bajo condiciones óptimas, el modelo (Cuadro 1) subestimó a la producción nacional en 4.2%, esto es, la diferencia entre el nivel observado o reportado por la estadística oficial (6.4 millones de t) y el nivel dado por el modelo (6.2 millones de t de sorgo grano) fue 271.9 miles t.

**Cuadro 1 Validación del modelo de sorgo en México, 2013.**

Región	Niveles Observados 2013	Modelo base (Validación)	Cambio* %	Niveles Observados 2013	Modelo base (Validación)	Cambio %
	Producción (t)			Consumo (t)		
PNO	39,434	50,425	27.9	130,040	169,222	30.1
SO	47,797	55,204	15.5	333,081	431,172	29.4
CH	80,145	91,546	14.2	153,300	199,662	30.2
NE	696,731	737,427	5.8	407,002	539,547	32.6
LG	31,823	33,985	6.8	550,882	725,361	31.7
CN1	150,046	144,625	-3.6	311,291	411,208	32.1
CN2	5,081	4,533	-10.8	360,165	473,009	31.3
OC	436,728	430,672	-1.4	1,217,793	1,597,730	31.2
BA	2,224,687	2,100,349	-5.6	626,194	826,883	32.0
C1	129,470	110,028	-15.0	203,187	267,427	31.6
C2	43,615	38,174	-12.5	609,065	799,166	31.2
SU	148,247	123,218	-16.9	451,478	594,794	31.7
GO	85,387	82,548	-3.3	693,251	910,403	31.3
PE	9,169	9,658	5.3	268,249	346,097	29.0
TNO	575,360	523,865	-9.0	28,275	37,479	32.6
TCN	966,605	887,578	-8.2	46,664	61,761	32.4
TC	92,058	87,346	-5.1	5,288	6,997	32.3
TCO	80,550	78,374	-2.7	4,746	6,280	32.3
TSO	34,522	31,544	-8.6	2,620	3,468	32.4
TSE	552,346	536,801	-2.8	27,129	35,937	32.5
Nacional	6,429,800	6,157,900	-4.2	6,429,700	8,443,603	31.3
		Importaciones (t)				
Golfo	1,030,200	1,807,707	75.7			
Frontera	1,236,300	481,693	-61.0			
Pacífico	22,900	0	0.0			

REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS

Nacional	2,289,400	2,289,400	0.0			
----------	-----------	-----------	-----	--	--	--

Fuente: Elaboración propia con información de los resultados del modelo base. \*Se calculó como: ((Modelo base – Niveles observados) / Niveles observados) x 100

Por regiones, el modelo subestimó en más de 10%, la producción de Chihuahua (14.2%), Sonora (15.5%) y PNO (27.9%) y, en menor porcentaje, al NO, LG y PE. Para el resto, hubo sobreestimación y destacó el SU con -16.9%.

En la variable consumo nacional, la validación fue mayor a 10% con relación a lo que observó en 2013. El VSN, dado por el modelo, fue 52,377 millones de pesos, equivalente a 2.3 veces el valor de la producción nacional de sorgo observada en ese año (22,812 millones de pesos); es decir, 43.6% el VSN óptimo del año en estudio.

Referente al abasto y distribución óptima del grano, dado en el modelo, se observa (Cuadro 2) la forma en que cada región consumidora debe abastecer, en su caso, debió abastecer su consumo total, con producción tanto de la misma región como de otras regiones del país e importaciones que se internarían por puerto y/o frontera. Cabe destacar que el Cuadro 3, sólo muestra las rutas que se activaron, tanto en producción como importaciones por puerto y/o frontera.

**Cuadro 2. Matriz de abasto y comercialización del mercado del sorgo en México, 2013**

Región	PNO	SO	CH	NO	LG	CN1	CN2	OC	BA	C1
Producción nacional										
PNO	49,885	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO	0	54,664	0	0	0	0	0	0	0	0
CH	0	0	40,498	0	0	0	0	0	0	0
NO	0	230,685	0	507,043	0	0	0	0	0	0
LG	0	0	0	0	33,446	0	0	0	0	0
CN1	0	0	0	0	0	72,280	26,557	0	0	0
CN2	0	0	0	0	0	0	3,993	0	0	0
OC	0	0	0	0	0	0	0	30,293	0	0
BA	0	0	0	0	232,370	68,388	197,309	0	54,896	0
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47,472
TNO	0	0	16,586	0	140,653	69,495	127,428	0	0	22,155
TCN	0	0	50,801	0	177,998	103,489	0	241,299	0	44,341
TC	0	0	0	0	0	0	57,053	0	0	0
TCO	0	0	0	0	0	0	78,374	0	0	0
TSO	0	0	0	0	26,943	0	0	0	0	0
TSE	0	0	0	0	0	58,271	63,025	0	288,080	44,807
Importaciones										
CJ	0	0	50,719	0	0	0	0	0	0	0
ME	119,337	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NG	0	340,933	0	65,010	0	0	0	0	0	0
NL	0	0	0	126,839	0	131,541	0	0	0	0
VE	0	0	0	0	0	64,462	0	0	0	0
Total	169,222	626,282	158,604	698,892	611,410	567,926	553,739	271,592	342,976	158,775

Continuación... Cuadro 2

Región	C2	SU	GO	PE	TNO	TCN	TC	TCO	TSO	TSE
Prod. nacional										
C1	17,788	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	20,421	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SU	52,317	0	0	14,234	0	0	0	0	0	0
GO	0	0	1,993	62,564	0	0	0	0	0	0
PE	0	0	0	9,658	0	0	0	0	0	0
TNO	111,059	0	0	0	18,960	0	1,692	2,086	0	12,093
TCN	22,581	0	0	0	0	66,908	4,077	1,549	0	0
TSO	12	0	0	0	0	0	588	0	2,317	0
TSE	21,369	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Importaciones										
VE	1,046,536	98,671	1,780,838	394,306	0	0	0	0	0	35,502
PG	0	0	0	86,254	0	0	0	0	0	0
MA	0	0	0	0	9,215	0	0	0	0	0
Total	1,292,083	98,671	1,782,831	567,016	28,175	66,908	6,357	3,635	2,317	47,595

Fuente: Elaboración propia con base en información de flujos comerciales óptimos por camión y ferrocarril, de zonas productoras y puntos de internación a zonas consumidoras, obtenida del modelo base.

Para obtener el VSN, el modelo base indicó que la región PNO, abastece en 29.5% su consumo total con producción local y con importaciones que se internan por Mexicali. La región de SO debió abastecerse en 8.7% de su consumo con producción local, recepciones del NO (36.8%) e importaciones que se internan por Nogales y, debió realizar envíos del grano a SO por 4,000 t. CH consume toda su producción en la misma región y requiere recepciones en 42.5% de tres regiones tamaulipecas e importaciones (40%) por CJ (Ciudad Juárez). El consumo total del BA, se abastece en 16% de su misma producción, 84% con recepciones de TSE y no requiere importaciones. Sin embargo, parte de su producción debe enviarla hacia la LG, CN1 y CN2.

En importaciones, México debe realizar compras externas del grano para abastecer el consumo nacional aparente. Si bien, el modelo permite generar recomendaciones óptimas de política agrícola, sobre la base de datos observados, también permite ver el efecto de algunas simulaciones sobre las principales variables del mercado analizadas en este documento, visto a través del valor social neto (VSN) (Cuadro 3).



**Cuadro 3. Efectos sobre producción, consumo y VSN de una cuota e incremento del volumen de importaciones de sorgo en México, 2013.**

Región	Modelo base		Restricción de 1.5 mill t		Incremento en 1.5 mill t	
	Producción (t)	Consumo (t)	Producción (t)	Consumo (t)	Producción (t)	Consumo (t)
PNO	50,425	169,222	59,838	165,560	40,554	173,393
SO	55,204	431,172	63,098	424,383	40,907	440,651
CH	91,546	199,662	107,770	197,000	64,030	204,381
NO	737,427	539,547	822,893	533,271	646,239	547,444
LG	33,985	725,361	36,952	719,049	26,460	739,889
CN1	144,625	411,208	157,201	407,201	113,725	420,286
CN2	4,533	473,009	4,850	468,755	3,928	482,477
OC	430,672	1,597,730	469,482	1,583,092	333,383	1,629,235
BA	2,100,349	826,883	2,313,094	819,238	1,598,629	843,879
C1	110,028	267,427	120,302	265,019	83,519	272,671
C2	38,174	799,166	43,741	791,936	27,223	818,835
SU	123,218	594,794	150,104	582,126	88,246	609,538
GO	82,548	910,403	98,579	890,459	67,088	933,618
PE	9,658	346,097	11,319	338,655	8,065	354,857
TNO	523,865	37,479	582,140	37,080	412,759	38,360
TCN	887,578	61,761	986,782	61,196	699,103	63,054
TC	87,346	6,997	96,747	6,933	69,444	7,139
TCO	78,374	6,280	86,570	6,223	62,767	6,408
TSO	31,544	3,468	35,043	3,436	24,837	3,538
TSE	536,801	35,937	593,373	35,567	429,825	36,780
Total	6,157,900	8,443,603	6,839,878	8,336,179	4,840,731	8,626,433
MGO	1,807,707		1,382,570		2,825,917	
MFRON	481,693		117,430		906,475	
MT	2,289,400		1,500,000		3,732,392	
VSN (MDP)	52,377.0		53,938.5		48,979.8	

MGO: importaciones por puertos del Golfo. MFRON: importaciones por frontera. MT: importaciones totales. VSN: Valor Social Neto. MDP: millones de pesos.

Fuente: Elaboración propia, con base en la salida del modelo base y resultados de las dos simulaciones.

Si el Gobierno de México, hubiese restringido importaciones con una cuota, equivalente a 1.5 millones de t de sorgo, el VSN habría sido 53,938.5 MDP, superior en 3%, con relación al que se obtuvo en el modelo base (52,377 MDP) y 136.4% superior al observado en 2013 (22,812 MDP). Con esta política, en general e independientemente del tipo de sistema de producción y tipo de productor, los beneficiados habrían sido los productores nacionales del grano, la producción se habría incrementado en 11.1 y 6.4%, con relación al modelo base y a los niveles que se observaron en 2013.

En cambio, si el Gobierno hubiese optado por incrementar importaciones en 1.5 millones de t, sobre el nivel observado en 2013, el VSN habría sido 48,979.8 MDP, inferior en 9.2 y 6.5% con relación a la

cuota y al que se obtuvo con el modelo base. En contraste, incrementar importaciones, habría beneficiado, en general, a consumidores nacionales y perjudicado a productores internos, pues el volumen producido se habría reducido en 24.7 y 21.4% en relación a los niveles observados en 2013 y, en función al modelo base. Por el lado del consumo nacional del grano, el incremento de las importaciones, habría aumentado en 2.2 y 3.5% en relación al modelo base y a la restricción de importaciones.

Estos resultados se consideran factibles, en el sentido de que permiten generar recomendaciones de política agrícola y comercial, hacia los tomadores de decisiones por parte de la Institución Oficial, mismos que podrían considerarse dentro del marco de políticas sectoriales del país.

### CONCLUSIONES

La maximización del VSN en el modelo óptimo, permitió evidenciar la existencia de una redistribución ineficiente, tanto de producción nacional, importaciones y consumo del grano. En consecuencia, se estaría dejando de percibir recursos por no ser la anterior una política eficiente.

Con relación al VSN mayor, por efecto de las dos políticas, de implementarse la cuota de importación, los beneficiados habrían sido los productores nacionales, el VSN habría sido mayor al que se obtuvo en el modelo base y por el incremento en el volumen importado. Al país, no le convendría aprobar incrementos en volumen importado del sorgo, debido a que perjudicaría la producción nacional y obtendría menor beneficio social en términos del VSN. En general, el estudio mostró que el mercado mexicano del sorgo es sensible a las importaciones. La restricción de esta variable habría sido benéfica a la producción nacional, lo contrario, la habría perjudicado.

Agradecimientos: los resultados de este manuscrito, son producto del proyecto de investigación: Modelo de optimización espacial y temporal de la comercialización del sorgo grano (*Sorghum vulgare* Pers.) en México, 2013, clave UAEM: 3702/2014/CID.

### LITERATURA CITADA

ASERCA. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 1997. Sorgo Claridades Agropecuarias, 46: 3-36

ASERCA. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 2014. Boletín de precios de indiferencia. México, D. F.

Bivings, L. E. 1997. The seasonal and spatial dimensions of sorghum market liberalization in Mexico. American Journal of Agricultural Economics, 79:383-393.

CANACAR. Cámara Nacional de Auto transporte de Carga. 2014. "Referencia de costos Mínimos para el auto transporte de carga en general en México. <http://www.transporte.mx/como-calculas-tarifas-de-autotransporte-de-carga/>. 15 de octubre de 2014

Crammer, L. G., Eric, J. Wailes, and Shangnan S, S. 1993. Impacts of liberalization trade in the world rice market, American Journal of Agricultural Economics, 75:219-226.

FAO. Food and Agricultural Organization of United Nations 2012. Base de datos estadísticos de producción y comercio. <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor> 30 de octubre de 2014.

Fuller, Stephen, Luis Fellin, and Vicky Salin. 2000. Effect of liberalized U.S. – Mexico rice trade: a spatial multiproduct equilibrium analysis. Department of Agricultural Economics, Texas A & M University. College Station, Texas, pp. 4-18.

FAPRI. Food and Agricultural Policy Research Institute. 2014. Grains. [www.fapri.iastate.edu/outlook/2014/tables/2-grains.pdf](http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2014/tables/2-grains.pdf). 13 de Agosto de 2014.

FERROMEX. Ferrocarriles Mexicanos. 2014. Tarifa de servicios diversos. Cobros y cuotas vigentes 2014. <http://www.ferromex.com.mx/>. 10 de octubre de 2014.

FERROSUR. Ferrocarril del Sur 2014. Ajustes a tarifas de carga 2014. <http://www.ferrosur.com.mx/gxpsites/hgxpp001.aspx>. 20 de octubre de 2014.

García, Salazar José Alberto y María de Jesús Santiago Cruz. 2004. Importaciones de maíz en México: un análisis espacial y temporal, *Investigación Económica*, 43(250):131-160.

García, Salazar José Alberto. 1999. Distribución espacial e intertemporal de la producción de maíz en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 120 p.

Kawaguchi, Tsunemasa, Nobuhiro Susuki, and Harry M. Kaiser, M. 1997. A Spatial equilibrium model for imperfectly competitive milk markets, *American Journal of Agricultural Economics*, 79:851-859.

Kansas City Southern de México KCSM. 2014. Factores de cobro para el servicio de carga regular. [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTFM/Tarifas\\_Ferrovias/Carga/01\\_KCSM/KCSM1-12-FEB-2014.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGTFM/Tarifas_Ferrovias/Carga/01_KCSM/KCSM1-12-FEB-2014.pdf). 19 de agosto 2014.

Rebollar, Rebollar Samuel, José Alberto García Salazar, Miguel Ángel Martínez Damián, José María Salas González. 2004. Evaluación de la política comercial sobre el mercado del sorgo en México, 2000, *Agrociencia*, 38(2):249-260.

Rebollar, Rebollar Samuel, José Alberto García Salazar, Gabriela Rodríguez Licea. 2005. Efecto de la política cambiaria sobre el mercado del sorgo en México, *Comercio Exterior*, 55(5):394-401.

Rosenthal, E. Richard. 2008. GAMS. A User's Guide. GAMS Development Corporation. Washington, D. C. USA. 281 p.

Takayama, Takashi and George Judge. 1971. Spatial and Temporal Price and Allocation Models, North-Holland, Publishing Company. North-Holland Publishing Company Amsterdam. Amsterdam, Holland, 528 p.

SAT. Sistema de Administración Tributaria. 2014. Datos de comercio exterior de granos. En: [www.sat.gob.mx](http://www.sat.gob.mx). Consulta el 20 de agosto de 2014.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Estacionalidad de la producción. En: <http://www.siap.gob.mx/estacionalidad-de-la-produccion/>. Consulta el 30 de octubre de 2014.

SNIIM. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. 2014. En: <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>. Consulta el 10 de octubre de 2014.

Sullivan, John, John Wainio and V. Roningen. 1989. A Database for Trade Liberalization Studies. Unites States Department of Agriculture. Economic Research Service. Agriculture and Trade Analysis Division. Washington, D.C. 120 p.

USITC. United States International Trade Commission. 2014. Department of Commerce and the International Trade Commission. [usitc.gov/scripts/REPORT.asp](http://www.usitc.gov/scripts/REPORT.asp). 8 de febrero de 2014.

Wilson, William and David Johnson. 1995. North American malting trade: impacts of differences in quality and marketing costs, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 79:335-353.

**\* Artículo recibido el día 06 de abril de 2014 y aceptado para su publicación el día 20 de octubre de 2015**