
IDENTIFICACIÓN DE LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MAÍZ MÁS COMPETITIVAS EN MÉXICO EN BASE A LA LOGÍSTICA Y AL CONSUMO

JOSÉ ALBERTO GARCÍA-SALAZAR,
RHONDA K. SKAGGS y MERCEDES BORJA-BRAVO

RESUMEN

Para determinar las zonas productoras más competitivas de maíz en México se obtuvo la solución de un modelo de equilibrio espacial e inter-temporal que considera el complejo proceso de logística de abasto del consumo y distribución de la producción. El modelo usó información sobre producción y consumo a nivel de entidad federativa y se analizaron cuatro escenarios que corresponden al año base, y a incrementos en la producción de maíz hasta su nivel potencial. Los resultados indican que ante un consumo constante y una contracción en las importaciones de maíz en 25%, la producción de temporal de Jalisco aumentaría en 928×10^3 t, definiendo a esta entidad como la más competi-

va, además la producción de riego en Guanajuato y Michoacán aumentaría en 215 y 184×10^3 t. En un segundo nivel de escasez las entidades más competitivas serían las zonas productoras de maíz de temporal de Michoacán, Estado de México y Veracruz, en donde la producción de temporal aumentaría en 633, 556 y 406×10^3 t cuando las importaciones de maíz se contraen en 50%. Los estados menos competitivos son aquellos con los menores rendimientos alejados de los centros de consumo como Chiapas y Oaxaca. Para evitar el riesgo de aumentos en el precio internacional, se recomienda que el Gobierno apoye la producción de maíz en las entidades más competitivas.



Actualmente México presenta el problema de falta de competitividad y dependencia alimentaria en maíz. En el periodo 1993-1995 la producción nacional abasteció 91,2% del consumo y en 2008-2010 está disminuyó a 72,3% (SIAP, 2011a). La pérdida de competitividad ocasionó que las importaciones aumentaran en el consumo ubicándose en 27,7%. En 2008-2010 las importaciones promedio de maíz fueron de $8,7 \times 10^6$ t, y se espera que en 2020 se ubiquen en $14,3 \times 10^6$ t (SIAP, 2011a; USDA, 2011).

La pérdida de autosuficiencia alimentaria de maíz en México ocasiona dependencia y vulnerabilidad a las fluctuaciones en los precios mundiales (González-Rojas *et al.*, 2011). Ante el riesgo de aumentos en el precio internacional de maíz, México debe aumentar su producción. Para enfrentar los riesgos de aumentos en el precio internacional de maíz el Gobierno de México anunció la implementación del Programa de Modernización Sustentable de Agricultura Tradicional (MasAgro). El Programa es dirigido por el Centro Internacional de Mejoramiento de

Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Un objetivo de MasAgro es aumentar la producción de maíz en áreas de temporal a través de la adopción, por los agricultores tradicionales, de paquetes tecnológicos que usen semilla mejorada.

El objetivo de MasAgro es un desafío y plantea dos interrogantes: ¿qué regiones presentan el mayor potencial de crecimiento en la producción? y ¿cuáles son las regiones más competitivas de maíz en México? En relación a la

PALABRAS CLAVE / Competitividad / Equilibrio Espacial / Equilibrio Inter-Temporal / Maíz / México / Producción de Maíz / Zea mays /

Recibido: 24/02/2015. Modificado: 12/04/2016. Aceptado: 26/04/2016.

José Alberto García-Salazar. Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, México. Maestro y Doctor en Ciencias en Economía, Colegio de Posgraduados (COLPOS), México. Profesor-Investigador, COLPOS, México. e-mail: jsalazar@colpos.mx

Rhonda K. Skaggs. B.S. y M.S. en Economía Agrícola y de Recursos Naturales, Colorado State University, EEUU. Ph.D. en Economía, Utah State University, EEUU. Profesora, New Mexico State University, EEUU. e-mail: rskaggs@nmsu.edu

Mercedes Borja Bravo. Licenciada en Economía, Universidad Autónoma del Estado de México, México. Maestra y Doctora en Ciencias en Economía, COLPOS, México. Investigadora, Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. Dirección: INIFAP. Km. 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga. C.P. 20671. Aguascalientes, México. e-mail: borja.mercedes@inifap.gob.mx

primera interrogante Turrent (2009) sostiene que el potencial productivo de maíz para los próximos 10-15 años es de 53×10^6 t anuales, de las cuales 29×10^6 t podrían obtenerse sin aumentar la superficie.

En relación a la segunda interrogante, Salcedo *et al.* (1993) y Matus y Puente (1992) realizaron estudios de competitividad en maíz y otros cultivos antes de iniciar el Tratado de Libre Comercio América del Norte (TLCAN). Dichos estudios utilizaron la Matriz de Análisis de Política (MAP) como herramienta metodológica (Monke y Pearson, 1989) y sentaron las bases para la reconversión de la agricultura. Los resultados indican que la competitividad difiere en cada sistema de producción de maíz, y que los efectos del TLCAN serían distintos para cada sistema. Los estudios que utilizan la MAP cuentan con una impecable lógica y desagregan la estructura de costos; sin embargo, no consideran el consumo y la logística del producto.

La existencia de Mas-Agro y el déficit de maíz indican que el gobierno debe focalizar recursos que permitan incrementar la producción, y éstos deben dirigirse a las regiones más competitivas. Las políticas deben apoyar regiones con potencial para aumentar el rendimiento en un menor tiempo. La heterogeneidad que caracteriza a los sistemas de producción de maíz en México determina que el rendimiento y los costos de producción sean diferentes en cada región (Salcedo *et al.*, 1993; Matus y Puente, 1992). Además, espacialmente la producción no es uniforme, algunas regiones concentran más oferta y tienen más excedentes (SIAP, 2011c). En el tiempo la oferta se concentra en la época de cosecha, requiriendo almacenamiento.

La determinación de la competitividad considerando el proceso de logística es importante porque permite focalizar recursos para alcanzar la producción potencial; además, permite conocer cómo se abastece el consumo de cada mercado, y cómo se distribuye la producción de las zonas productoras. Considerando la importancia del maíz, esta investigación tuvo por objetivo determinar las áreas de producción más competitivas con el mayor potencial de crecimiento desde el punto de vista logístico. Se espera que las zonas productoras con mayor rendimiento cercanas a las zonas de consumo sean las más competitivas.

Materiales y Métodos

Se usó un modelo de equilibrio espacial e inter-temporal que consideró las entidades productoras y consumidoras de maíz en México, y pun-

tos de internación de importaciones. La formulación del modelo se basó en Takayama and Judge (1971), García-Salazar y Williams (2004) y Borja-Bravo *et al.* (2013). Suponiendo $h(h=1,2,\dots,H=31)$ regiones productoras de maíz blanco en riego, $i(i=1,2,\dots,I=31)$ regiones productoras de maíz blanco en temporal, $r(r=1,2,\dots,R=12)$ regiones productoras de maíz amarillo en riego, $s(s=1,2,\dots,S=12)$ regiones productoras de maíz amarillo en temporal, $j(j=1,2,\dots,J=32)$ regiones de consumo de maíz blanco por el sector pecuario, $d(d=1,2,\dots,D=32)$ regiones de consumo de maíz blanco por la industria de la tortilla y molienda de nixtamal, $f(f=1,2,3,\dots,F=19)$ regiones de consumo de maíz blanco por la industria de la

harina, $g(g=1,2,\dots,G=32)$ regiones de consumo de maíz blanco por el sector rural, $k(k=1,2,\dots,K=5)$ regiones de consumo de maíz amarillo por la industria de almidones y féculas, $l(l=1,2,\dots,L=13)$ regiones de consumo de maíz amarillo por la industria de los cereales, $b(b=1,2,\dots,B=30)$ regiones de consumo de maíz amarillo por la industria de alimentos balanceados, $n(n=1,2,\dots,N=9)$, puertos y fronteras de entrada de importaciones de maíz blanco, $m(m=1,2,\dots,M=9)$ puertos y fronteras de importaciones de maíz amarillo, $e(e=1,2,\dots,E=10)$ puertos de salida de exportaciones de maíz blanco, $q(q=1,\dots,Q=2)$ formas de transporte, y $t(t=1,\dots,T=2)$ ciclos de producción, el modelo estará dado por la Ec. 1 (en el recuadro):

$$\begin{aligned}
 \text{MaxVSN} = & \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{j=1}^J [\lambda_{jt} y_{jt} + \frac{1}{2} \omega_{jt} y_{jt}^2] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{d=1}^D [\lambda_{dt} y_{dt} + \frac{1}{2} \omega_{dt} y_{dt}^2] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{f=1}^F [\lambda_{ft} y_{ft} + \frac{1}{2} \omega_{ft} y_{ft}^2] \\
 & + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{g=1}^G [\lambda_{gt} y_{gt} + \frac{1}{2} \omega_{gt} y_{gt}^2] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{k=1}^K [\lambda_{kt} y_{kt} + \frac{1}{2} \omega_{kt} y_{kt}^2] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{l=1}^L [\lambda_{lt} y_{lt} + \frac{1}{2} \omega_{lt} y_{lt}^2] \\
 & + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{b=1}^B [\lambda_{bt} y_{bt} + \frac{1}{2} \omega_{bt} y_{bt}^2] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{c=1}^C [p_{ct} x_{ct}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H [cp_{ht} x_{ht}] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I [cp_{it} x_{it}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{r=1}^R [cp_{rt} x_{rt}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S [cp_{st} x_{st}] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{n=1}^N p_{nt} x_{nt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M p_{mt} x_{mt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H p_{ht} x_{ht} \delta - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I p_{it} x_{it} \delta \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{r=1}^R p_{rt} x_{rt} \delta - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S p_{st} x_{st} \delta - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^J \sum_{q=1}^Q p_{hjqt} x_{hjqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H \sum_{d=1}^D \sum_{q=1}^Q p_{hdqt} x_{hdqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H \sum_{f=1}^F \sum_{q=1}^Q p_{hfqt} x_{hfqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H \sum_{g=1}^G \sum_{q=1}^Q p_{hgqt} x_{hgqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{q=1}^Q p_{ijqt} x_{ijqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D \sum_{q=1}^Q p_{idqt} x_{idqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{f=1}^F \sum_{q=1}^Q p_{ifqt} x_{ifqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{g=1}^G \sum_{q=1}^Q p_{igqt} x_{igqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q p_{ikqt} x_{ikqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^Q p_{ilqt} x_{ilqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{b=1}^B \sum_{q=1}^Q p_{ibqt} x_{ibqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{c=1}^C \sum_{q=1}^Q p_{icqt} x_{icqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R \sum_{q=1}^Q p_{irqt} x_{irqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^Q p_{isqt} x_{isqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q p_{inqt} x_{inqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q p_{imkqt} x_{imkqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^Q p_{mlqt} x_{mlqt} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M \sum_{b=1}^B \sum_{q=1}^Q p_{mbqt} x_{mbqt} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H \sum_{e=1}^E p_{het} x_{het} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{e=1}^E p_{iet} x_{iet} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{h=1}^H p_{ht,t+1} x_{ht,t+1} \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I p_{it,t+1} x_{it,t+1} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{r=1}^R p_{rt,t+1} x_{rt,t+1} - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S p_{st,t+1} x_{st,t+1} \tag{1}
 \end{aligned}$$

la cual está sujeta a las restricciones indicadas por las Ecs. 2 a 21:

$$\sum_{h=1}^H \sum_{q=1}^Q x_{hjqt} + \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q x_{ijqt} + \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q x_{njqt} \geq y_{jt} \quad (2)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{q=1}^Q x_{hdqt} + \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q x_{idqt} + \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q x_{ndqt} \geq y_{dt} \quad (3)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{q=1}^Q x_{hfqt} + \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q x_{ifqt} + \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q x_{nfqt} \geq y_{ft} \quad (4)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{q=1}^Q x_{hgqt} + \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q x_{igqt} + \sum_{n=1}^N \sum_{q=1}^Q x_{ngqt} \geq y_{gt} \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{q=1}^Q x_{rkqt} + \sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^Q x_{skqt} + \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q x_{mkqt} \geq y_{kt} \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{q=1}^Q x_{rlqt} + \sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^Q x_{slqt} + \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q x_{mlqt} \geq y_{lt} \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{q=1}^Q x_{rbqt} + \sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^Q x_{sbqt} + \sum_{m=1}^M \sum_{q=1}^Q x_{mbqt} \geq y_{bt} \quad (8)$$

$$\sum_{h=1}^H x_{het} + \sum_{i=1}^I x_{iet} \geq y_{et} \quad (9)$$

$$x_{ht} + x_{ht-1,t} - x_{ht,t+1} - x_{ht} \delta - ss_{ht} \theta_h \geq \sum_{j=1}^J \sum_{q=1}^Q x_{hjqt} + \sum_{d=1}^D \sum_{q=1}^Q x_{hdqt} + \sum_{f=1}^F \sum_{q=1}^Q x_{hfqt} + \sum_{g=1}^G \sum_{q=1}^Q x_{hgqt} + \sum_{e=1}^E x_{het} \quad (10)$$

$$x_{it} + x_{it-1,t} - x_{it,t+1} - x_{it} \delta - ss_{it} \theta_i \geq \sum_{j=1}^J \sum_{q=1}^Q x_{ijqt} + \sum_{d=1}^D \sum_{q=1}^Q x_{idqt} + \sum_{f=1}^F \sum_{q=1}^Q x_{ifqt} + \sum_{g=1}^G \sum_{q=1}^Q x_{igqt} + \sum_{e=1}^E x_{iet} \quad (11)$$

$$x_{rt} + x_{rt-1,t} - x_{rt,t+1} - x_{rt} \delta - ss_{rt} \theta_r \geq \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q x_{rkqt} + \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^Q x_{rlqt} + \sum_{b=1}^B \sum_{q=1}^Q x_{rbqt} \quad (12)$$

$$x_{st} + x_{st-1,t} - x_{st,t+1} - x_{st} \delta - ss_{st} \theta_s \geq \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q x_{skqt} + \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^Q x_{slqt} + \sum_{b=1}^B \sum_{q=1}^Q x_{sbqt} \quad (13)$$

$$x_{nt} \geq \sum_{j=1}^J \sum_{q=1}^Q x_{njqt} + \sum_{d=1}^D \sum_{q=1}^Q x_{ndqt} + \sum_{f=1}^F \sum_{q=1}^Q x_{nfqt} + \sum_{g=1}^G \sum_{q=1}^Q x_{ngqt} \quad (14)$$

$$x_{mt} \geq \sum_{k=1}^K \sum_{q=1}^Q x_{mkqt} + \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^Q x_{mlqt} + \sum_{b=1}^B \sum_{q=1}^Q x_{mbqt} \quad (15)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{e=1}^E x_{et} = w \quad (16)$$

$$xu_t \geq \sum_{n=1}^N x_{nt} \quad (17)$$

$$xz_t \geq \sum_{m=1}^M x_{mt} \quad (18)$$

$$x_{h2,3} = 0 \quad (19)$$

$$x_{i2,3} = 0 \quad (20)$$

$$y_{jt}, y_{dt}, y_{ft}, \dots, x_{ht,t+1}, x_{it,t+1}, x_{rt,t+1}, x_{st,t+1} \geq 0 \quad (21)$$

donde para el ciclo t , $\pi^{t-1} = (1/i_t)^{t-1}$: factor de descuento con i_t igual a la tasa de inflación; λ_{jt} , λ_{dt} , λ_{ft} , λ_{gt} , λ_{kt} , λ_{lt} y λ_{bt} : ordenadas al origen de las funciones de demanda de maíz en j , d , f , g , k , l y b ; y_{jt} , y_{dt} , y_{ft} , y_{gt} , y_{kt} , y_{lt} y y_{bt} : consumo en j , d , f , g , k , l y b ; ω_{jt} , ω_{dt} , ω_{ft} , ω_{gt} , ω_{kt} , ω_{lt} y ω_{bt} : pendientes de las funciones de demanda en j , d , f , g , k , l y b ; cp_{ht} , cp_{it} , cp_{rt} y cp_{st} : costos de producción en h , i , r y s ; x_{ht} , x_{it} , x_{rt} y x_{st} : producción en h , i , r y s ; η_{ht} , η_{it} , η_{rt} y η_{st} : pendientes de las funciones de oferta en h , i , r y s ; p_{et} : precio de exportación de maíz blanco a través de e ; x_{et} : cantidad exportada por e ; p_{nt} y p_{mt} : precios internacionales en n y m ; x_{mt} y x_{nt} : cantidades importadas a través de m y n ; δ : porcentaje de mermas; ss_{ht} , ss_{it} , ss_{rt} y ss_{st} : superficie sembrada en h , i , r y s ; θ_h , θ_i , θ_r y θ_s : densidad de siembra en h , i , r y s ; P_{hjqt} , P_{hdqt} , P_{hfqt} y P_{hgqt} : costos de transporte de h a j , d , f y g ; x_{hjqt} , x_{hdqt} , x_{hfqt} , x_{hgqt} : cantidades enviadas de h a j , d , f y g ; P_{ijqt} , P_{idqt} , P_{ifqt} , P_{igqt} : costos de transporte de i a j , d , f y g ; x_{ijqt} , x_{idqt} , x_{ifqt} y x_{igqt} : cantidades enviadas de i a j , d , f y g ; P_{rkqt} , P_{rlqt} y P_{rbqt} : costos de transporte de r a k , l y b ; x_{rkqt} , x_{rlqt} y x_{rbqt} : cantidades enviadas de r a k , l y b ; p_{skqt} , p_{slqt} y p_{sbqt} : costos de transporte de s a k , l y b ; x_{skqt} , x_{slqt} y x_{sbqt} : cantidades enviadas de s a k , l y b ; P_{njqt} , P_{ndqt} , P_{nfqt} , P_{ngqt} : costos de transporte de n a j , d , f y g ; x_{njqt} , x_{ndqt} , x_{nfqt} , x_{ngqt} : cantidades enviadas de n a j , d , f y g ; P_{mkqt} , P_{mlqt} y P_{mbqt} : costos de transporte de m a k , l y b ; x_{mkqt} , x_{mlqt} y x_{mbqt} : cantidades enviadas de m a k , l y b ; $p_{ht,t+1}$, $p_{it,t+1}$, $p_{rt,t+1}$ y $p_{st,t+1}$: costos de almacenamiento de t a $t+1$ en h , i , r y s ; $x_{ht,t+1}$, $x_{it,t+1}$, $x_{rt,t+1}$ y $x_{st,t+1}$: cantidades almacenadas de t a $t+1$ en h , i , r y s ; xu y xz : cantidades importadas de maíz blanco y amarillo.

La función objetivo maximiza el Valor Social Neto, y es igual a la suma del área bajo las curvas de demanda, más el valor de exportaciones, menos los costos de producción, transporte y almacenamiento. Las restricciones 2, 3, 4 y 5 indican cómo se abastece el consumo de maíz blanco en los sectores pecuario, rural y en las industrias de tortilla y harina; las restricciones 6, 7 y 8 indican cómo se abastece el consumo de maíz amarillo en las industrias de almidones, cereales y alimentos balanceados; la

9 indica que las exportaciones de maíz blanco por 'e' deben ser menores o iguales a los envíos de las zonas productoras a los puntos de salida; las numeradas 10, 11, 12 y 13 indican cómo se distribuye la producción de maíz blanco y amarillo en riego y temporal, sin considerar mermas y semilla; las 14 y 15 indican cómo se distribuyen las importaciones de maíz blanco y amarillo; la 16 establece un límite a las exportaciones de maíz blanco (w); las 17 y 18 establecen un límite a las importaciones que se internan por n y m ; las 19 y 20 establecen que no se puede almacenar maíz del periodo 2 al 3; finalmente, la 21 establece las condiciones de no negatividad.

La producción potencial de maíz se obtuvo multiplicando la superficie cosechada por el rendimiento potencial. Para obtener el rendimiento potencial por estado se usó el rendimiento por municipio y distrito. Se supuso que el rendimiento potencial en un distrito es igual al rendimiento más alto en el municipio líder, aquél que registra el rendimiento más alto (García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2013).

Se obtuvieron cuatro soluciones del modelo, una para el año base (situación observada) y tres escenarios. El escenario 1 consideró una reducción de 25% en las importaciones nacionales, y los escenarios 2 y 3 una reducción de 50 y 75%, respectivamente. Los tres escenarios tomaron en cuenta la producción potencial como límite máximo. Las regiones más competitivas serán aquellas donde aumenta la producción cuando las importaciones se reducen en un menor porcentaje. Los estados del país son las regiones productoras y consumidoras, y los puntos de internación son Veracruz, Tuxpan, Coahuila, Coahuila, Progreso, Mexicali, Nogales, Cd. Juárez, Nuevo Laredo y Piedras Negras. Se usó el promedio de tres ciclos de producción y todos los valores son datos promedio de los años oferta 2008, 2009 y 2010. El periodo de octubre de un año a septiembre del siguiente se define como 'año promedio 2008/2010'.

Las funciones de demanda fueron calculadas usando cantidades consumidas de maíz, precios al consumidor y la elasticidad precio de la demanda. Las elasticidades se tomaron del FAPRI (2011). La producción de maíz por estado y ciclo se obtuvo del SIAP (2011c). Para estimar el consumo por estado primero se calculó el consumo nacional aparente de maíz blanco y amarillo, y luego fue desagregado en animal, humano, industria, semilla y mermas. El consumo para semilla se obtuvo multiplicando la superficie por la densidad de siembra y se asumió que 4,14% de la producción son mermas

(SIAP, 2011b). Para obtener el consumo a nivel de estado se usaron ponderadores como la participación de cada estado en el consumo nacional de granos, en la población rural nacional y en el valor de la producción nacional de las industrias consideradas. Se asumió que todos los tipos de consumo se distribuyen igual en cada ciclo. Los datos provinieron del SIAP (2011a, 2011b, 2011c y 2011d), del USITC (2011), de SAGARPA (2007), de FIRA (2008) y del INEGI (2005, 2008-2011, 2009, 2010).

Los precios internacionales de maíz en fronteras y puertos del Golfo se calcularon usando el precio unitario del maíz en puntos de internación; para puertos del Pacífico se usaron los precios en New Orleans más el seguro y flete marítimo de este puerto a puntos de internación mexicanos. Se consideró la tasa de cambio, el seguro y flete marítimo, el costo financiero internacional y los gastos portuarios-cruce. La información se obtuvo de SIAP (2011d), de AMS (2011a; 2011b), del INEGI (2011a; 2011b; 2011c), de la SAGARPA y de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA).

Los costos de transporte por ferrocarril se estimaron usando una matriz de distancias y la tarifa reportada por SCT (2011). Los costos de transporte por camión se calcularon usando una matriz de distancia y una tarifa estimada con una función de costos donde la variable independiente es la distancia. El modelo se ajustó con un R^2 de 0,85 con razones de t de 6,84 y 13,40 y arrojó intercepto y coeficiente de 438,1 y 0,8365. La información se obtuvo de empresas que transportan maíz. La información usada para calcular el rendimiento y la producción potencial provino del SIAP (2011a).

Resultados y Discusión

En el año 2008/2010 la producción de maíz en México fue de $22,62 \times 10^6$ t. Los estados líderes en la producción de maíz fueron Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas y Michoacán, dichas entidades generaron 23,5; 13,3; 7,5; 6,4 y 6,3% de la producción total. Otras entidades importantes fueron Guerrero, Guanajuato y Veracruz, las que generaron el 5,6; 5,5 y 5,1% de la oferta nacional. De la producción total $20,95 \times 10^6$ t correspondieron a maíz blanco, y el restante a maíz amarillo. Los estados líderes en la producción de maíz blanco fueron Sinaloa, Jalisco, México y Michoacán, que generaron 24,9; 13,0; 8,1 y 6,8% de la producción total. Otras entidades importantes fueron Guerrero, Guanajuato, Chiapas y Veracruz, que generaron el 6,0; 5,9; 5,8 y 5,4% de la oferta nacional.

Aunque muy por debajo de la producción nacional de maíz blanco, la oferta de maíz amarillo es importante en algunas regiones. Los estados líderes fueron Chihuahua, Tamaulipas, Jalisco y Chiapas; dichas entidades generaron el 39,5; 18,0; 16,5 y 14,5% de la producción nacional de maíz amarillo (Tabla I).

En 2008/2010, el consumo nacional aparente de maíz fue de $30,81 \times 10^6$ t. Con un consumo de $21,03 \times 10^6$ t, el mercado de maíz blanco es el más importante en México. El país es casi autosuficiente, pues más de 99% de la demanda se abastece con producción doméstica, y sólo 0,4% se abastece con importaciones (74×10^3 t).

Con un consumo nacional aparente de $9,79 \times 10^6$ t la magnitud del mercado de maíz amarillo es menor, y presenta una dependencia de las importaciones provenientes de los EEUU. En 2008/2010, sólo el 17,0% del consumo de maíz amarillo fue abastecido con producción nacional, y 83,0% fue abastecido con importaciones ($8,12 \times 10^6$ t).

A nivel nacional, el mercado de maíz blanco es casi autosuficiente, presentando el déficit arriba señalado por 74×10^3 t; sin embargo, a nivel estatal

se presentan excesos y déficits. En maíz amarillo la situación es diferente y la mayoría de los estados, excepto Chiapas, Chihuahua y Tamaulipas presentan excesos de demanda. Las importaciones de maíz provenientes de los EEUU abastecen el déficit en la mayoría de los estados consumidores. Considerando la suma de maíz blanco y amarillo, se observa que el mayor déficit de maíz se localiza en entidades como Querétaro, Chiapas, Nuevo León y Sonora.

Los resultados sobre competitividad de maíz blanco se presentan en la Tabla II. Las áreas más competitivas son aquellas que aumentan su producción cuando disminuyen las importaciones en 25%. Las entidades que no son competitivas son aquellas que aumentan su producción cuando las importaciones disminuyen en 75%. Los resultados que se observan son: a) Las zonas más competitivas se localizan en zonas de riego y zonas de temporal que registran productividades altas y cercanas a los centros de consumo; b) En un segundo nivel de competitividad se ubican las zonas de temporal con rendimientos medios y cercanas a los centros de consumo; y c) Las zonas menos com-

TABLA I
PRODUCCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL, CONSUMO
Y SALDO DE MAÍZ, 2008-2010 ($\times 10^3$ t)

Estado	Maíz blanco			Maíz amarillo			Producción potencial	Saldo potencial
	Producción	Consumo	Saldo	Producción	Consumo	Saldo		
Aguascalientes	59	205	-146	0	205	-205	77	-333
Baja California	0	395	-395	0	73	-73	0	-468
B.C. Sur	24	83	-59	0	9	-9	25	-67
Campeche	218	118	100	0	0	0	264	146
Coahuila	21	712	-691	1	134	-134	2072	1226
Colima	38	90	-52	0	12	-12	968	866
Chiapas	1210	1104	106	241	150	91	31	-1223
Chihuahua	226	497	-271	658	205	453	45	-657
D. F.	9	573	-564	0	213	-213	11	-775
Durango	312	605	-293	0	682	-682	423	-864
Guanajuato	1231	1157	74	6	416	-410	1717	144
Guerrero	1262	561	701	1	22	-20	1810	1227
Hidalgo	575	578	-3	2	87	-85	713	48
Jalisco	2724	2626	98	275	1715	-1439	4104	-237
México	1690	1834	-144	13	1088	-1074	2342	-580
Michoacán	1430	741	689	2	54	-52	2255	1460
Morelos	77	258	-181	2	35	-33	119	-174
Nayarit	198	255	-57	12	31	-20	220	-66
Nuevo León	41	639	-598	0	350	-350	68	-921
Oaxaca	710	592	118	0	0	0	1209	617
Puebla	847	1242	-395	4	497	-492	1245	-494
Querétaro	301	446	-145	0	1924	-1924	370	-2000
Quintana Roo	17	98	-81	1	0	1	18	-80
S. Luis Potosí	169	371	-202	0	309	-309	204	-476
Sinaloa	5227	851	4376	77	166	-89	5419	4402
Sonora	168	705	-537	0	406	-406	199	-912
Tabasco	110	309	-199	0	10	-10	167	-152
Tamaulipas	219	432	-213	300	14	286	542	96
Tlaxcala	274	169	105	11	62	-51	320	89
Veracruz	1136	1788	-652	14	532	-518	1709	-611
Yucatán	63	601	-538	7	380	-373	139	-842
Zacatecas	368	247	121	36	2	34	528	279
Total	20954	21028	-74	1663	9783	-8120	29333	-1478

TABLA II
DETERMINACIÓN DE LAS REGIONES PRODUCTORAS
DE MAÍZ MÁS COMPETITIVAS ($\times 10^3$ T)

Estado	Producción en riego 2008/2010	Aumento en la producción cuando las importaciones disminuyen en			Producción en temporal 2008/2010	Aumento en la producción cuando las importaciones disminuyen en		
		25%	50%	75%		25%	50%	75%
Aguascalientes	43	10	0	0	16	0	0	0
Baja California	0	0	0	0	0	0	0	0
B. C. Sur	24	0	1	0	0	0	0	0
Campeche	4	0	0	0	214	0	0	46
Chiapas	30	0	0	2	1180	0	0	575
Chihuahua	127	51	0	0	99	0	0	0
Coahuila	11	0	8	0	9	0	0	0
Colima	10	0	0	2	28	0	0	6
Distrito Federal	0	0	0	0	9	0	0	2
Durango	196	34	0	0	116	0	0	0
Guanajuato	888	215	0	0	343	0	0	262
Guerrero	132	0	0	14	1130	0	343	191
Hidalgo	373	61	0	0	202	0	0	28
Jalisco	220	7	12	0	2504	928	1	0
México	391	0	76	0	1300	0	556	0
Michoacán	521	184	0	4	910	0	633	0
Morelos	9	0	1	1	68	38	0	0
Nayarit	29	1	2	0	170	0	6	0
Nuevo León	19	0	7	0	22	0	0	19
Oaxaca	89	0	0	20	621	115	16	348
Puebla	183	106	0	2	665	0	0	275
Querétaro	171	61	0	1	131	0	0	8
Quintana Roo	1	0	0	0	16	0	0	0
San Luis Potosí	64	0	0	5	105	0	0	0
Sinaloa	5160	105	0	0	67	0	0	0
Sonora	167	30	0	0	2	0	0	0
Tabasco	0	0	0	0	110	0	0	57
Tamaulipas	139	0	4	2	80	0	0	17
Tlaxcala	58	0	0	2	216	0	0	33
Veracruz	23	1	2	0	1113	0	406	133
Yucatán	7	0	2	0	56	1	0	0
Zacatecas	160	0	27	0	208	0	0	0
Total	9249	866	142	55	11710	1082	1961	2000

petitivas son aquellas con bajos rendimientos y lejanas a los centros de consumo.

Una disminución en las importaciones en 25% tendría un aumento en la producción de maíz blanco en $1,95 \times 10^6$ t. El 55,6% del incremento se daría en temporal y el restante 44,4% en riego. En las áreas de riego el mayor incremento en la producción se daría en Guanajuato y Michoacán con 215 y 184×10^3 t, en tanto que en temporal Jalisco aumentaría su producción en 928×10^3 t. Oaxaca sería la tercera región más competitiva, con un aumento en la producción de 115×10^3 t (Tabla II).

Una disminución de las importaciones en 50% aumentaría la producción en las zonas de temporal en $1,96 \times 10^6$ t y la de riego en 144×10^3 t. La región con la mayor producción en temporal sería Michoacán con 633×10^3 t, seguido del Estado de México, Veracruz y Guerrero con 556, 406 y 343×10^3 t, respectivamente. En las zonas de riego el Estado de México sería la entidad más competitiva con un aumento en la producción por 76×10^3 t (Tabla III).

El escenario 2 permite observar las regiones menos competitivas. Cuando las importaciones disminuyen en 75% la producción de maíz blanco aumentaría en $2,05 \times 10^6$ t y más de 90% de dicho aumento se registraría en las zonas de temporal. En este caso, el mayor aumento de la producción se registraría en Chiapas y Oaxaca por 575 y 348×10^3 t (Tabla II).

Conclusiones

La solución de un modelo de equilibrio espacial e inter-temporal que analiza la distribución de la producción y el abasto del consumo de maíz en México permiten concluir que ante una situación de escasez de maíz, originado por una reducción en las importaciones, las zonas productoras de maíz más competitivas serían aquellas con mayor rendimiento y las más cercanas a los centros de consumo. En un primer nivel de escasez del producto, la región más competitiva sería la zona productora de maíz bajo temporal de Jalisco y las regiones

productoras de maíz bajo riego de Guanajuato y Michoacán. En un segundo nivel de escasez las entidades más competitivas serían las zonas productoras de maíz de temporal de Michoacán, Estado de México y Veracruz. Las regiones menos competitivas son aquellas con menores rendimientos alejados de los principales centros de consumo, como Chiapas y Oaxaca.

REFERENCIAS

- AMS (2011a) *Grain Transportation Report*. Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture. www.ams.usda.gov
- AMS (2011b) *Mexico Transport Cost Indicator Reports*. Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture. www.ams.usda.gov
- Borja-Bravo M, García-Salazar JA, Skaggs RK (2013) Mexican fresh tomato exports in the North American market: A case study of the effects of productivity on competitiveness. *Can. J. Plant Sci.* 93: 839-850.
- FAPRI (2011) Elasticidades database. Food and Agricultural Policy Research Institute. <http://www.fapri.iastate.edu/tools/elasticity.aspx>.
- FIRA (2008) *Situación Actual y perspectivas de los Granos en México*. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, Boletín Informativo, Núm. 223, Vol. XXXVII. Morelia, Mich. 89 pp.
- García-Salazar JA, Williams GW (2004) Evaluación de la política comercial de México respecto al mercado de maíz. *El Trimestre Económico*. Vol. LXXI(1), 281: 169-213.
- García-Salazar JA, Ramírez-Jaspeado R (2013) El tamaño de las unidades de producción de maíz (*zea mays* L.): un desafío para elevar la tasa de utilización de semilla mejorada. *Agrociencia* 47: 837-849.
- González-Rojas K, García-Salazar JA, Matus-Gardea JA, Martínez-Saldaña T (2011) Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz ante cambios exógenos internacionales. *Agrociencia* 45: 733-744.
- INEGI (2005) *II Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.censo2010.org.mx/www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2005/Default.aspx.
- INEGI (2008-2011). *Encuesta Industrial Mensual*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. Varias páginas.
- INEGI (2009) *Censos Económicos 2009*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220.
- INEGI (2010) *Censo de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.censo2010.org.mx/
- INEGI (2011a) *Finanzas Públicas e Indicadores Monetarios Bursátiles*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-in/bdieinti.exe/NIVR70#ARBOL>
- INEGI (2011b) *Precios e Inflación*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieinti.exe/NIVR60#ARBOL>
- INEGI (2011c) *Indicadores Internacionales*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieinti.exe/NIVR80#ARBOL>

- Matus Gardea JA, Puente González A (1992) *Análisis Estatal de los Efectos de la Política Económica y Bases de la Estrategia para la Conversión de la Agricultura*. Colegio de Postgraduados/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Montecillo, México.
- Monke EA, Pearson SR (1989) *The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development*. Cornell University Press. Ithaca, New York.
- SAGARPA (2007) *Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Salcedo Baca S, García-Salazar JA, Sagarnaga Villegas M (1993) Política agrícola y maíz en México: hacia el libre comercio norteamericano. *Comercio Ext.* 43: 302-310.
- SCT (2011) *Tarifa de transporte ferroviario*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/transporte-ferroviario-y-multimodal/
- SIAP (2011a) *Información Básica, Agricultura, Producción Anual*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15.
- SIAP (2011b) *Información Básica, Agricultura, Balanza Nacional Disponibilidad -Consumo*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA. www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=17.
- SIAP (2011c) *Información Básica, Ganadería, Producción Anual*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=29.
- SIAP (2011d) *Información Básica, Economía y Mercados, Seguimiento Oportuno del Comercio Exterior*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=380
- Takayama T, Judge GG (1971) *Spatial and Temporal Price and Allocation Models*. North Holland. Amsterdam, Holanda. 528 pp.
- Turrent Fernández A (2009) Potencial productivo de maíz en México. *La Jornada del Campo* N° 16. 13/03/2009. www.jornada.unam.mx/2009/01/13/iluminaciones.html
- USDA (2011) *Agricultural Projections to 2020*. United States Department of Agriculture. www.usda.gov/oce/commodity/archive_projections/USDAAGgriculturalProjections2020
- USITC (2011) *Interactive tariff and trade DataWeb. corn: FAS general customs value/general/first unit of quantity by HTS number for Mexico*. Unites States International Trade Commission. <http://dataweb.usitc.gov>

IDENTIFICATION OF THE MOST COMPETITIVE CORN PRODUCING REGIONS IN MEXICO BASED IN THE LOGISTICS AND THE CONSUMPTION

José Alberto García-Salazar, Rhonda K. Skaggs and Mercedes Borja-Bravo

SUMMARY

A spatial and inter-temporal equilibrium model taking into account the complex process of the logistics, the supply of consumption and distribution of the production was solved in order to determine the most competitive corn producing zones in México. The model used information about production and consumption at the state level and four scenarios that corresponding to the initial year, as well as increases in corn production up to its potential level, were analyzed. The results indicate that face with constant consumption and a 25% decrease in corn imports, rain-fed production in Jalisco level increase by 928×10^3 t, making this the most competitive state in México. Irrig-

ated production in Guanajuato and Michoacán would increase by 215 and 184×10^3 t, respectively. At a second level of scarcity, the most competitive states would be the rain-fed maize producing areas in Michoacán, State of México and Veracruz, where rain-fed maize production would increase by 633, 556 and 406×10^3 t when maize imports decreased by 50%. The least competitive states are those with the lowest yield and located far from consumption centers as Chiapas and Oaxaca. To avoid the risk of increases in the international price it is recommendable that the Government support maize production in the most competitive states.

IDENTIFICAÇÃO DAS REGIÕES PRODUTORAS DE MILHO MAIS COMPETITIVAS NO MÉXICO BASEADA NA LOGÍSTICA E NO CONSUMO

José Alberto García-Salazar, Rhonda K. Skaggs e Mercedes Borja-Bravo

RESUMO

Para determinar as zonas produtoras de milho mais competitivas no México se obteve a solução de um modelo de equilíbrio espacial e inter-temporal que considera o complexo processo de logística de abastecimento do consumo e distribuição da produção. O modelo utilizou informação sobre produção e consumo em nível de entidade federativa e foram analisados quatro cenários que correspondem ao ano base, e a incrementos na produção de milho em seu nível potencial. Os resultados indicam que diante de um consumo constante e uma contração de 25% nas importações de milho, a produção de temporal de Jalisco aumentaria em 928×10^3 t, definindo a esta entidade como a mais

competitiva, Além disso a produção de irrigação em Guanajuato e Michoacán aumentaria em 215 e 184×10^3 t. Diante um segundo nível de escassez as entidades mais competitivas seriam as zonas produtoras de milho de temporal de Michoacán, Estado de México e Veracruz, onde a produção de temporal aumentaria em 633, 556 e 406×10^3 t quando as importações de milho se contraem em 50%. Os estados menos competitivos são aqueles com os menores rendimentos, longe dos centros de consumo como Chiapas e Oaxaca. Para evitar o risco de aumentos no preço internacional, se recomenda que o Governo apoie a produção de milho nas entidades mais competitivas.