

## Disponibilidad de almacenes agrícolas como una estrategia de estabilidad de precios del maíz en Guerrero

Availability of agricultural warehouses as a strategy for corn price stability in Guerrero

José Alberto García-Salazar<sup>1\*</sup> y Fidel Bautista-Mayorga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Economía. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.  
jsalazar@colpos.mx; bautista.fidel@colpos.mx.

\*Autor de correspondencia

### Resumen

La disminución de los precios que reciben los productores de maíz en Guerrero en los meses de máxima oferta, derivado de la estacionalidad que caracteriza a la producción del grano, se podrían evitar con el almacenamiento. Para determinar si la capacidad de almacenes que existe en Guerrero permite satisfacer la demanda de almacenamiento del grano, se obtuvo la solución de un modelo de programación cuadrática del mercado de maíz en 2018. Los resultados indican que en las seis regiones del estado la capacidad de almacenes es menor a la demanda de almacenamiento. Atoyac y Chilpancingo presentan excesos de demanda de almacenamiento máximos en marzo y abril, e Iguala, Las Vigas y Tlapa presentan excesos de demanda en más de ocho meses. El almacenamiento del grano es importante para la comercialización eficientemente económica del producto en tiempo y espacio; por lo tanto, se recomienda la inversión en almacenes en todas las regiones del estado.

**Palabras clave:** Estacionalidad; infraestructura de almacenes; demanda de almacenes; modelo de programación.

### Abstract

The decrease in prices received by corn producers in Guerrero in the months of maximum supply, derived from the seasonality that characterizes grain production, could be avoided with storage. To determine whether the capacity of warehouses in Guerrero allows to satisfy the storage demand, it was obtained the solution of a model of quadratic programming of the maize market in 2018. Results indicate that, in the six regions of Guerrero, warehouse capacity is less than the storage demand in the greater part of the year. Atoyac and Chilpancingo have excesses of maximum storage demand in March and April; and Iguala, Las Vigas, and Tlapa presented excesses of demand in more than eight months. Grain storage is important for the efficient economic marketing of the product in time and space; therefore, it is recommended to invest in warehouses in all regions.

**Keywords:** Seasonality; infrastructure of warehouses; storage demand; programming model.

Recibido: 30 de julio de 2019

Aceptado: 29 de agosto de 2022

Publicado: 27 de septiembre de 2022

**Cómo citar:** García-Salazar, J. A., & Bautista-Mayorga, F. (2022). Disponibilidad de almacenes agrícolas como una estrategia de estabilidad de precios del maíz en Guerrero. *Acta Universitaria* 32, e2630. doi: <http://doi.org/10.15174.2022.2630>

## Introducción

El almacenamiento es una de las etapas de la comercialización que permite enfrentar la estacionalidad de la producción y los excesos de oferta temporales que suelen presentarse en los meses de máxima cosecha (Villanueva *et al.*, 2017). El almacenamiento de granos básicos, entre ellos el maíz, permite dosificar el flujo del producto al mercado con la finalidad de estabilizar la fuerte variación de los precios derivada de la estacionalidad de la producción y de la demanda que suelen presentarse a lo largo del año.

El almacenamiento como medida para evitar la caída estacional de los precios solo puede implementarse en la práctica en caso de que la capacidad de almacenes sea suficiente para almacenar la cantidad de granos que un programa de inventario óptimo requiere (Martínez-Jiménez *et al.*, 2015). Si la capacidad no es suficiente, el productor de granos tendrá que realizar la venta de su producto en el momento de la cosecha, que es precisamente el momento en que se presenta el exceso de oferta y, en consecuencia, un precio bajo (García-Salazar & Santiago-Cruz, 2004).

Aspectos relacionados con el abasto del consumo y la distribución espacial y temporal de la producción condicionan varios factores que determinan la necesidad del almacenamiento. La magnitud de la producción obtenida en cada mes es un primer factor: si la producción se concentra en un mes, la demanda de almacenamiento es mayor, y viceversa; cuando la producción se distribuye de manera más uniforme en el tiempo, esta es consumida y no hay necesidad de almacenar. Los medios de transporte de las zonas productoras a los mercados es un segundo factor; la existencia de transporte hace posible la movilización rápida del producto y disminuye la necesidad de almacenamiento. La magnitud de la demanda es un tercer factor, ya que un consumo alto demandará más producción, disminuyendo el exceso de oferta temporal y, por lo tanto, del servicio de almacenamiento (Rebollar *et al.*, 2016).

Una de las características de los productos agrícolas es el gran volumen que ocupan, en comparación con los productos industriales; por lo tanto, la agricultura es probablemente el sector de la economía que más almacenes demanda (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios [Aserca], 2019). A nivel nacional, la capacidad de almacenes agrícolas ha presentado un crecimiento impresionante desde la implementación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Mientras que en 1996 la capacidad de almacenes fue de 9.66 millones de toneladas (Aserca, 2019), para 2019 esta se ubicó en 39.56 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural [Sagar], 1996), esto representa cinco veces más que la observada en el año inicial, así como un crecimiento medio anual de 6.3% en la capacidad instalada de almacenes. Dicho crecimiento se ha dado principalmente en las regiones del norte y occidente del país.

La capacidad de almacenes agrícolas también ha mostrado un crecimiento en el estado de Guerrero. Mientras que en 1996 fue de 104 mil toneladas, para 2019 esta ascendió a 186 mil toneladas, lo que representó un crecimiento medio anual de 2.6%, muy por debajo de la media nacional. La capacidad bajo techo pasó de 84 a 139 mil toneladas, y la capacidad a la intemperie pasó de 20 a 47 mil toneladas; los datos anteriores evidencian un crecimiento en el periodo 1996-2016 de 65.5% y 135.0%, respectivamente (Aserca, 2019; Sagar, 1996).

A pesar de que la capacidad de almacenes agrícolas ubicados en Guerrero ha presentado un incremento en el periodo 1996-2019, surge la interrogante de si esta es suficiente para almacenar la producción de maíz que se genera en la entidad. La respuesta hace necesario analizar algunos aspectos de la producción agrícola en el estado y de la logística de abasto y distribución.

En 2017, la superficie cosechada de productos agrícolas en el estado de Guerrero fue de 872 mil hectáreas. De ese total, 502 mil fueron sembradas con granos básicos y 471 mil correspondieron al maíz. Esto significa que el 57.5% de la superficie cosechada de la entidad se destinó a cultivar granos básicos y, dentro de estos, el maíz ocupó el 54.0%. En ese mismo año, la producción fue de 1.36 millones de toneladas, generando un valor de 5329 millones de pesos ( Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2019a).

Con base en lo anterior, se puede decir que el maíz es el cultivo más importante en el sector agrícola de Guerrero, por el lado de la oferta. Por el lado de la demanda, el maíz es el ingrediente principal en la dieta de la población humana en Guerrero, inclusive en México, y es usado como alimento en varias especies ganaderas producidas en la entidad (Aserca, 2018).

La producción de maíz que se genera en la entidad se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad. El 84.3% de la producción anual del estado (SIAP, 2019a) se presenta en los meses de diciembre, enero y febrero, y en estos la necesidad por almacenamiento es mayor que en los meses donde la producción es menor. Se reporta la existencia de 217 mil unidades de producción que se dedican a cultivar maíz en el estado de Guerrero (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2007) y, por lo tanto, la actividad maicera es una fuente importante de ingresos para estas unidades.

Es una realidad que el precio del maíz presenta una fuerte volatilidad en las principales centrales de abasto del país, como consecuencia de la estacionalidad que caracteriza a la producción de este cultivo (García-Salazar *et al.*, 2012). Por ejemplo, en el periodo 2016-2018, el precio al mayoreo en la central de abastos de la Ciudad de México, principal mercado de los excedentes comerciables que se generan en el estado de Guerrero, presentó un precio mínimo de 5.20 pesos por kilogramo en el mes de enero de 2016 y un precio máximo de 6.32 pesos por kilogramo en el mes de septiembre de 2018 (Sistema Nacional de Información Integral de Mercados [SNIIM], 2019).

Con una política de almacenamiento se podría enfrentar la estacionalidad de la producción, porque esta permitiría un flujo de maíz constante al mercado; esto reduciría la volatilidad del precio y aumentaría el ingreso del productor. El acopio para su posterior movilización en grandes volúmenes (que reduciría el costo de transporte), el control y manejo de inventarios y la eliminación de los intermediarios serían algunos de los objetivos de la concentración de maíz en almacenes. Una red de infraestructura de almacenamiento y una red de vías de comunicación para el acceso a todas las zonas productoras y consumidoras agrícolas podrían asegurar el abasto oportuno de granos agrícolas; además, la existencia de infraestructura de almacenamiento suficiente es indispensable. Los almacenes deben permitir la disponibilidad, el acceso, la sanidad y la inocuidad en forma estable y sostenible, de ahí que tengan que ser suficientes, amplios y adecuados (Martínez-Jiménez *et al.*, 2015). Es importante mencionar que solo se están considerando los beneficios derivados del almacenamiento, ya que habría que considerar los recursos que se tendrían que invertir para financiar la instalación de nuevos almacenes agrícolas.

Respecto al tema del presente trabajo, García-Salazar *et al.* (2020) analizaron la demanda de almacenamiento a nivel de entidad federativa, destacando que en los estados del sur no existe suficiente capacidad para almacenar el maíz que un programa óptimo de inventarios requiere. Ortiz *et al.* (2015) indicaron que Guerrero es uno de los estados con menor infraestructura en almacenamiento, pues opera en bodegas pequeñas y con niveles bajos de capacidad instalada, concluyen diciendo que el gobierno mexicano debería impulsar programas enfocados al mejoramiento de almacenamiento de granos. Ziegler *et al.* (2021) afirmaron que el almacenamiento de granos es un cuello de botella importante, ya que influye en la posibilidad de negociar mejores precios en el mercado. Finalmente, Martínez-Jiménez *et al.* (2015) señalaron que una política de almacenamiento podría evitar el problema de excesos de oferta, pero su implementación no es posible si la capacidad instalada de almacenes es insuficiente.

Analizar si la capacidad instalada de almacenes en las distintas regiones productoras de maíz en el estado de Guerrero es suficiente para cubrir la demanda de almacenamiento que un programa de inventarios óptimo requiere es el principal objetivo de la presente investigación. La suposición de que la capacidad instalada de almacenes en algunas regiones de la entidad no es suficiente para satisfacer la demanda de almacenamiento de maíz es la principal hipótesis que se plantea alcanzar en el presente trabajo.

## Materiales y métodos

Para alcanzar el objetivo de la investigación, se usó un modelo de programación matemática del mercado de maíz para el estado de Guerrero. La función objetivo del modelo (valor social neto [VSN]) tiene términos cuadráticos y las restricciones son lineales, entonces, el modelo usado es de programación cuadrática. Debido a que la determinación de la demanda de almacenamiento requiere de la desagregación de la producción, el consumo y las exportaciones en espacio y tiempo, se escogió un modelo que considera las dimensiones espaciales y temporales. La cobertura espacial del modelo considera a Guerrero, donde existen seis regiones (distritos de desarrollo rural) que producen, consumen y comercializan maíz. Las regiones productoras y consumidoras, dentro y fuera del estado, están conectadas a través del transporte a otras regiones productoras y consumidoras; y la oferta sobrante, que es temporal, puede ser almacenada en las zonas productoras.

El modelo se desarrolló de enero a julio de 2019 en el Programa de Economía del Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática del Colegio de Postgraduados y fue parte del proyecto que lleva por título *Ordenamiento de mercados agrícolas: una propuesta metodológica para analizar políticas de control de la oferta en caña de azúcar, naranja y maíz*, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Las fuentes de dónde provino la información utilizada en el modelo se mencionan al final de esta sección.

La función objetivo del modelo maximiza el VSN, y la formulación del modelo se basó en García & Williams (2004) y Takayama & Judge (1971). El VSN es igual al área bajo la curva de demanda, menos el área bajo la curva de oferta, más el valor de las exportaciones, menos el valor de las importaciones, menos los costos de transporte y menos los costos de almacenamiento. Considerando que  $i(i=1,2,3,...31)$  es igual a regiones productoras de maíz en México,  $s(s=1,2,3,...6)$  regiones productoras de maíz en Guerrero,  $j(j=1,2,3,...31)$  regiones consumidoras de maíz en México,  $d(d=1,2,3,...6)$  regiones consumidoras de maíz en el estado de Guerrero,  $m(m=1,2,3,...9)$  puertos y fronteras de internación de las importaciones de maíz en México,  $e(e=1,2,...4)$  destinos de las exportaciones mexicanas y  $t(t=1,2,3,...12)$  periodos, el modelo matemático es:

$$\begin{aligned}
 MaxVSN = & \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{j=1}^J \left[ \lambda_{jt} y_{jt} + \frac{1}{2} \omega_{jt} y_{jt}^2 \right] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{d=1}^D \left[ \lambda_{dt} y_{dt} + \frac{1}{2} \omega_{dt} y_{dt}^2 \right] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \left[ v_{it} x_{it} + \frac{1}{2} \eta_{it} x_{it}^2 \right] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S \left[ v_{st} x_{st} + \frac{1}{2} \eta_{st} x_{st}^2 \right] + \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{e=1}^E [p_{et} x_{et}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M [p_{mt} x_{mt}] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [p_{ijt}^c x_{ijt}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D [p_{ijt}^f x_{ijt}^f] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J [p_{mjt}^c x_{mjt}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J [p_{mjt}^f x_{mjt}^f] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{e=1}^E [p_{iet}^c x_{iet}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J [p_{sjt}^c x_{sjt}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S \sum_{d=1}^D [p_{sdt}^c x_{sdt}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I \sum_{d=1}^D [p_{sdt}^c x_{sdt}^c] \\
 & - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M \sum_{d=1}^D [p_{mdt}^c x_{mdt}^c] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{i=1}^I [p_{st,t+1} x_{st,t+1}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{m=1}^M [p_{mt,t+1} x_{mt,t+1}] - \sum_{t=1}^T \pi^{t-1} \sum_{s=1}^S [p_{st,t+1} x_{st,t+1}] \quad (1)
 \end{aligned}$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^I [x_{ijt}^c] + \sum_{i=1}^I [x_{ijt}^f] + \sum_{m=1}^M [x_{mjt}^c] + \sum_{m=1}^M [x_{mjt}^f] + \sum_{s=1}^S [x_{st}^c] \geq y_{jt} \quad (2)$$

$$x_{it} + x_{it-1,t} - x_{it,t+1} \geq \sum_{j=1}^J [x_{ijt}^c] + \sum_{j=1}^J [x_{ijt}^f] + \sum_{d=1}^D [x_{idt}^c] + \sum_{e=1}^E [x_{iet}^c] \quad (3)$$

$$x_{mit} + x_{mt-1,t} - x_{mt,t+1} \geq \sum_{j=1}^J [x_{mjt}^c] + \sum_{j=1}^J [x_{mjt}^f] + \sum_{d=1}^D [x_{mdt}^c] \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^S [x_{sdt}^c] + \sum_{i=1}^I [x_{idt}^c] + \sum_{m=1}^M [x_{mdt}^c] \geq y_{dt} \quad (5)$$

$$x_{st} + x_{st-1,t} - x_{st,t+1} \geq \sum_{d=1}^D [x_{sdt}^c] + \sum_{j=1}^J [x_{sdt}^c] \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I [x_{ijt}^c] \geq y_{et} \quad (7)$$

$$x_t = \sum_{m=1}^M x_{mt} \quad (8)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{m=6}^M [x_{mt}] = \delta \left[ \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M [x_{mt}] \right] \quad (9)$$

$$x_{i12,13} = x_{i0,1} \quad (10)$$

$$x_{s12,13} = x_{s0,1} \quad (11)$$

$$y_{jt}, y_{jt}, x_{it}, x_{it}, x_{mt}, x_{et}, \dots, x_{it,t+1}, x_{mt,t+1}, x_{st,t+1} \geq 0 \quad (12)$$

donde para el mes  $t$ ,  $\lambda_{jt}$  y  $\lambda_{dt}$  es el intercepto de la función de demanda de maíz en las regiones  $j$  y  $d$ ;  $y_{jt}$  y  $y_{dt}$  es la cantidad consumida de maíz en las regiones  $j$  y  $d$ ;  $\omega_j$  y  $\omega_d$  es la pendiente de la función de demanda en las regiones  $j$  y  $d$ ;  $v_{it}$  y  $v_{st}$  es la ordenada de la función de oferta en las regiones  $i$  y  $s$ ;  $x_i$  y  $x_s$  es la cantidad ofertada de maíz en las regiones  $i$  y  $s$ ;  $\eta_i$  y  $\eta_s$  es la pendiente de la función de oferta en las regiones  $i$  y  $s$ ;  $p_{et}$  es el precio del maíz enviado al destino  $e$ ;  $x_{et}$  es la cantidad de maíz exportada al destino  $e$ ;  $p_{mt}$  es el precio del maíz importado por el puerto  $m$ ;  $x_{mt}$  es la cantidad de maíz importada por el destino  $m$ ;  $p^{c_{ijt}}$  y  $x^{c_{ijt}}$  son los costos de transporte y cantidad enviada de maíz por camión de  $i$  a  $j$ ;  $p^{f_{ijt}}$  y  $x^{f_{ijt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por ferrocarril de  $i$  a  $j$ ;  $p^{c_{mjt}}$  y  $x^{c_{mjt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $m$  a  $j$ ;  $p^{f_{mjt}}$  y  $x^{f_{mjt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por ferrocarril de  $m$  a  $j$ ;  $p^{c_{iet}}$  y  $x^{c_{iet}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $i$  a  $e$ ;  $p^{c_{idt}}$  y  $x^{c_{idt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $i$  a  $d$ ;  $p^{c_{sdt}}$  y  $x^{c_{sdt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $s$  a  $d$ ;  $p^{c_{sjt}}$  y  $x^{c_{sjt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $s$  a  $j$ ;  $p^{c_{mdt}}$  y  $x^{c_{mdt}}$  son los costos de transporte y cantidad de maíz enviada por camión de  $m$  a  $d$ ;  $p_{it,t+1}$  es el costo de almacenamiento por unidad de maíz en la región  $i$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $x_{it,t+1}$  es la cantidad de maíz almacenada en la región  $i$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $p_{mt,t+1}$  es el costo de almacenamiento por unidad de maíz en el puerto  $m$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $x_{mt,t+1}$  es la cantidad de maíz almacenada en el puerto  $m$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $p_{st,t+1}$  es el costo de almacenamiento por unidad de maíz en la región  $s$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $x_{st,t+1}$  es la cantidad de maíz almacenada en la región  $s$  del mes  $t$  al mes  $t+1$ ;  $\delta$  es el porcentaje de importaciones anuales de maíz internadas a través de Ciudad Juárez, Piedras Negras y Nuevo Laredo.

La función objetivo (ecuación 1) maximiza el VSN, que es igual a la suma de las áreas bajo las curvas de demanda del maíz, menos el área bajo las curvas de oferta, más el valor de las exportaciones, menos el valor de las importaciones, y menos los costos de transporte y almacenamiento. La restricción 2 describe cómo se abastece el consumo de maíz en los diferentes estados de México; la restricción 3 indica cómo se distribuye la producción de maíz (considerando los inventarios iniciales menos los inventarios finales) de las regiones productoras de México; la restricción 4 establece cómo se distribuyen las importaciones de maíz (considerando los inventarios iniciales menos los inventarios finales). La restricción 5 indica cómo se abastece el consumo de las diferentes regiones consumidoras de maíz en el estado de Guerrero; la restricción 6 indica cómo se distribuye la producción de maíz de las regiones de Guerrero; la restricción 7 indica cómo se abastecen las exportaciones de maíz; la restricción 8 establece un límite a las importaciones mensuales de maíz; la restricción 9 establece que un porcentaje ( $\delta$ ) de las importaciones anuales de maíz deben ser internadas a través de las aduanas de Ciudad Juárez, Piedras Negras y Nuevo Laredo; las restricciones 10 y 11 indican que los inventarios iniciales (del mes 0 al mes 1) deben ser iguales a los inventarios finales (del mes 12 al mes 13), tanto en los estados del país como en las regiones de Guerrero; la restricción 12 establece las condiciones de no negatividad del modelo. Para determinar la demanda de almacenamiento de maíz, se obtuvo una solución del modelo con datos de octubre de 2017 a septiembre de 2018 (que se define año 2017/2018).

A través de la solución del modelo se determinó la demanda de almacenamiento. Los flujos comerciales de las regiones productoras a las zonas consumidoras y destinos de exportación y las cantidades almacenadas en las zonas productoras son considerados como variables endógenas en el modelo, en tanto que la producción, el consumo y las cantidades totales exportadas de maíz se introducen al modelo de forma exógena.

Para incorporar la dimensión espacial del modelo, Guerrero fue dividido en seis regiones productoras y consumidoras de maíz: Altamirano (integrada por nueve municipios), Atoyac (ocho municipios), Chilpancingo (12 municipios), Iguala (16 municipios), Las Vigas (17 municipios) y Tlapa (19 municipios). Se integraron regiones con municipios que tienen elementos naturales, físicos y vías de comunicación similares. Se consideró que cualquier región del estado de Guerrero puede enviar o recibir maíz a los restantes 31 estados de la república mexicana. Adicionalmente, las regiones de la entidad pueden recibir maíz importado que puede ser internado al país por los siguientes puntos de internación (Veracruz, Tuxpan, Coahuila, Coahuila de Zaragoza, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán, Zacatecas, Nuevo Laredo, Piedras Negras y Puerto Vallarta). Se consideró un periodo de 12 meses, que va de octubre de 2017 a septiembre del siguiente año.

La suma de la producción del mes de octubre (la cual es muy baja), más los inventarios iniciales (almacenados a finales de septiembre y disponibles para su consumo en octubre), determinan la disponibilidad de maíz en el primer mes (octubre). Los inventarios iniciales corresponden a un mes de consumo. Se supuso que el inventario final (del mes 12 al mes 13) en las zonas productoras es igual al inventario inicial (del mes 0 al mes 1).

Utilizando las elasticidades precio de la oferta y demanda, los precios al productor y consumidor y las cantidades producidas y demandadas (Alston & Pardey, 1995), se determinaron las pendientes y ordenadas al origen de las funciones de oferta y demanda. Es importante mencionar que el modelo no estima las funciones de oferta y demanda, sino que utiliza las ordenadas y pendientes de dichas funciones para calcular el VSN.

Las elasticidades precio de la oferta y de la demanda del maíz para México provinieron del Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI, 2018), y fueron utilizados en el modelo para todas las regiones y periodos. Los datos de producción de maíz se obtuvieron del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019a) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).

El consumo de maíz en México por región y mes se calculó de la siguiente manera. Primero se calculó el consumo nacional aparente (CNA) anual, el cual es igual a la producción, más las importaciones, menos las exportaciones nacionales anuales. Después, el CNA se desagregó en los siguientes tipos de consumo: consumo humano, consumo animal, industria de la harina, industria de los cereales, industria del almidón, industria de los alimentos balanceados, mermas y semilla. El consumo nacional anual de maíz del sector pecuario se ponderó por la participación de cada estado en el consumo nacional de granos para obtener el consumo estatal anual de maíz por el sector pecuario. Para obtener el consumo humano por estado, el consumo humano nacional anual de maíz se ponderó por la participación de cada estado en la población rural del país. Del mismo modo, el consumo nacional anual de maíz de las industrias de harina, almidón, cereales y fabricación de alimentos balanceados se ponderó proporcionalmente por la participación que cada uno de los estados tiene en el valor de la producción nacional para cada industria. Se supuso que el consumo fue igual en los 12 meses del año. Los datos e información utilizados para calcular el consumo total de maíz se obtuvieron de las siguientes fuentes: Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal, A. C. (Conafab, 2018), Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2008), INEGI (2010, 2014, 2018a, 2018b,) y SIAP (2019a, 2019b, 2019c).

Sumando el precio al productor más los costos de transporte de llevar maíz de la zona productora a la zona consumidora, se realizó una estimación del precio al consumidor; de manera similar, sumando el precio al productor más el costo de transporte de llevar maíz de la zona productora al punto de consumo, se realizó una estimación del precio al consumidor de maíz con destino a un mercado fuera de alguna de las regiones del estado de Guerrero.

Sumando un factor fijo ( $\$ t^{-1}$ ) más el producto de un factor variable ( $\$ t \cdot km^{-1}$ ) por la distancia (km) de la zona productora a la zona consumidora y destino de exportación, se obtuvo una estimación del costo de transporte unitario de las zonas productoras a las zonas consumidoras y destinos de exportación. Los siguientes poblados fueron considerados como referencia para obtener la matriz de distancia de orígenes a destinos al interior de Guerrero: Ajuchitlán del Progreso y Coyuca de Catalán (para la región de Altamirano), Coyuca de Benítez y Zihuatanejo de Azueta (Atoyac), Chilpancingo de los Bravo (Chilpancingo), Apaxtla de Castrejón e Iguala de la Independencia (Iguala), San Luis Acatlán y Acapulco de Juárez (Las Vigas) y Huamuxtitlán y Tlapa de Comonfort (Tlapa). La información sobre distancias de orígenes a destinos se obtuvo de García-Salazar & Ramírez-Jaspeado (2012) y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2018, 2019).

La capacidad instalada de almacenamiento de granos en cada región productora se obtuvo de Aserca (2019), los costos de almacenamiento se obtuvieron de empresas que se dedican al servicio de almacenamiento. Usando el procedimiento MINOS escrito en el lenguaje de programación GAMS (Rosenthal, 2014) se obtuvo la solución del modelo.

## Resultados y discusión

### Capacidad de almacenes

En la Tabla 1 se presenta la distribución espacial de la capacidad instalada de almacenes agrícolas en las distintas regiones del estado de Guerrero. En el año 2019, la capacidad de almacenes agrícola fue de 186.1 mil toneladas; el 74.7% correspondió a bodegas techadas y el restante 25.3% a patios a la intemperie.

Se observa una fuerte concentración espacial de la capacidad instalada de almacenes agrícolas. Iguala concentra el 50.9% de los almacenes agrícolas, seguida de Altamirano con el 36.0%, Chilpancingo con el 6.5% y Las Vigas con el 6.5%. La capacidad instalada en Atoyac es muy baja y en Tlapa no se reporta la existencia de bodegas rurales. En la mayoría de las regiones predominan las bodegas bajo techo respecto a los patios a la intemperie (Tabla 1). La fuerte concentración espacial de la capacidad instalada de almacenes agrícolas también es confirmada por Guerin *et al.* (2021), quienes indican que dicha concentración espacial obedece a la cantidad de población en un lugar. Es por eso que las ciudades con mayor población tienen más almacenes.



Tabla 1. Capacidad instalada de almacenes agrícolas en Guerrero, 2019. Miles de toneladas.

| Tipo   | Altamirano | Atoyac | Chilpan-<br>cingo | Iguala | Las Vigas | Tlapa | Guerrero |
|--|------------|--------|-------------------|--------|-----------|-------|----------|
| <b>Capacidad instalada de almacenes agrícolas en toneladas</b> |            |        |                   |        |           |       |          |
| Techado  | 56.7       | 0.2    | 8.1               | 61.9   | 12.2      | 0.0   | 139.0    |
| Intemperie   | 10.3       | 0.0    | 4.1               | 32.8   | 0.0       | 0.0   | 47.1     |
| Total  | 67.0       | 0.2    | 12.2              | 94.6   | 12.2      | 0.0   | 186.1    |
| <i>Distribución por región en %</i>                            |            |        |                   |        |           |       |          |
| Techado  | 40.8       | 0.1    | 5.8               | 44.5   | 8.7       | 0.0   | 100.0    |
| Intemperie   | 21.8       | 0.0    | 8.7               | 69.5   | 0.0       | 0.0   | 100.0    |
| Total  | 36.0       | 0.1    | 6.5               | 50.9   | 6.5       | 0.0   | 100.0    |
| <i>Distribución por tipo de almacenamiento en %</i>            |            |        |                   |        |           |       |          |
| Techado  | 84.7       | 100.0  | 66.3              | 65.4   | 100.0     | -     | 74.7     |
| Intemperie   | 15.3       | 0.0    | 33.7              | 34.6   | 0.0       | -     | 25.3     |
| Total  | 100.0      | 100.0  | 100.0             | 100.0  | 100.0     | -     | 100.0    |

Fuente: Elaboración propia con datos de Aserca (2019).

## Demanda de almacenamiento

La producción, el consumo y la demanda por almacenamiento de maíz en cada región de Guerrero se presentan en la Tabla 2. La producción (más los inventarios iniciales considerados en el modelo) y el consumo estatal fueron de 1 millón 552 mil toneladas y 678 mil toneladas, respectivamente, en el año 2017. La producción del estado se caracteriza por su concentración espacial, ya que la región de las Vigas participa con el 28.1% del total estatal (435 mil toneladas); le siguen las regiones de Altamirano e Iguala con 21.2% y 15.7%, respectivamente. Atoyac y Chilpancingo generan el 14.6% y 14.8% de la producción estatal de maíz, en tanto que Tlapa solo genera el 5.7%. Al igual que la producción, el consumo se caracteriza por una distribución espacial desigual; en la Tabla 2 se reporta que la región de las Vigas concentra el 32.0% de la demanda total, Iguala el 20.0%, Chilpancingo el 16.2%, Atoyac el 12.0%, Altamirano el 11.0% y Tlapa el 8.8%. Conviene mencionar que la demanda de almacenamiento que se presenta en la Tabla 2 corresponde a una situación en la que los movimientos comerciales de maíz de las zonas productoras a las zonas consumidoras se realizan de manera óptima, considerando la logística de distribución de la producción y abasto del consumo.

Tabla 2. Producción, consumo y demanda de almacenamiento por región en Guerrero (miles de toneladas).

| Mes     | Altamirano        |         |                    | Atoyac            |           |                    | Chilpancingo      |         |                    |  |
|---------|-------------------|---------|--------------------|-------------------|-----------|--------------------|-------------------|---------|--------------------|--|
|         | † Pro-<br>ducción | Consumo | Demanda<br>almacén | † Pro-<br>ducción | Consumo   | Demanda<br>almacén | † Pro-<br>ducción | Consumo | Demanda<br>almacén |  |
| Oct.    | 39.6              | 6.2     | 26.6               | 26.0              | 6.8       | 0.0                | 26.3              | 9.2     | 26.3               |  |
| Nov.    | 192.1             | 6.2     | 165.6              | 30.6              | 6.8       | 30.6               | 20.4              | 9.2     | 46.7               |  |
| Dic.    | 29.2              | 6.2     | 180.2              | 23.5              | 6.8       | 54.1               | 51.5              | 9.2     | 15.1               |  |
| Enero   | 0.4               | 6.2     | 167.6              | 102.0             | 6.8       | 0.0                | 106.5             | 9.2     | 121.6              |  |
| Febrero | 6.9               | 6.2     | 130.5              | 21.4              | 6.8       | 21.4               | 12.2              | 9.2     | 133.8              |  |
| Marzo   | 0.0               | 6.2     | 86.5               | 6.2               | 6.8       | 27.6               | 7.9               | 9.2     | 141.7              |  |
| Abril   | 32.7              | 6.2     | 106.2              | 1.5               | 6.8       | 29.1               | 1.7               | 9.2     | 103.3              |  |
| Mayo    | 18.8              | 6.2     | 112.0              | 2.4               | 6.8       | 31.5               | 2.9               | 9.2     | 66.0               |  |
| Junio   | 0.0               | 6.2     | 99.0               | 2.9               | 6.8       | 34.4               | 0.4               | 9.2     | 35.4               |  |
| Julio   | 0.0               | 6.2     | 55.0               | 5.7               | 6.8       | 40.1               | 0.0               | 9.2     | 26.3               |  |
| Agosto  | 0.0               | 6.2     | 42.0               | 4.3               | 6.8       | 44.4               | 0.0               | 9.2     | 26.3               |  |
| Sept.   | 8.6               | 6.2     | 37.6               | 0.7               | 6.8       | 26.0               | 0.0               | 9.2     | 26.3               |  |
| Anual   | 328.4             | 74.7    | 1208.8             | 227.2             | 81.5      | 339.2              | 229.7             | 109.8   | 768.8              |  |
| Prom.   | 29.1              | 6.2     | 100.7              | 20.6              | 6.8       | 28.3               | 20.9              | 9.2     | 64.1               |  |
|         |                   | Iguala  |                    |                   | Las Vigas |                    |                   | Tlapa   |                    |  |
| Oct.    | 47.6              | 11.3    | 36.3               | 49.8              | 18.1      | 31.7               | 10.1              | 5.0     | 0.1                |  |
| Nov.    | 108.4             | 11.3    | 133.4              | 129.6             | 18.1      | 143.3              | 10.5              | 5.0     | 5.6                |  |
| Dic.    | 63.9              | 11.3    | 156.6              | 168.7             | 18.1      | 293.9              | 26.4              | 5.0     | 27.0               |  |
| Enero   | 17.1              | 11.3    | 142.8              | 53.0              | 18.1      | 328.8              | 16.6              | 5.0     | 27.3               |  |
| Febrero | 0.3               | 11.3    | 131.8              | 0.0               | 18.1      | 301.5              | 13.5              | 5.0     | 35.8               |  |
| Marzo   | 0.3               | 11.3    | 120.8              | 3.1               | 18.1      | 277.4              | 4.3               | 5.0     | 35.1               |  |
| Abril   | 1.2               | 11.3    | 110.7              | 9.4               | 18.1      | 268.7              | 2.8               | 5.0     | 33.0               |  |
| Mayo    | 3.4               | 11.3    | 102.9              | 20.3              | 18.1      | 270.9              | 1.7               | 5.0     | 29.7               |  |
| Junio   | 0.8               | 11.3    | 92.4               | 1.5               | 18.1      | 254.3              | 2.2               | 5.0     | 26.9               |  |
| Julio   | 0.0               | 11.3    | 81.1               | 0.0               | 18.1      | 236.2              | 0.0               | 5.0     | 21.9               |  |
| Agosto  | 0.2               | 11.3    | 39.1               | 0.0               | 18.1      | 216.4              | 0.0               | 5.0     | 15.1               |  |
| Sept.   | 0.0               | 11.3    | 27.8               | 0.0               | 18.1      | 49.8               | 0.0               | 5.0     | 10.1               |  |
| Anual   | 243.2             | 135.3   | 1175.8             | 435.4             | 217.0     | 2673.0             | 88.1              | 59.8    | 267.4              |  |
| Prom.   | 20.3              | 11.3    | 98.0               | 39.6              | 18.1      | 222.7              | 7.3               | 5.0     | 22.3               |  |

† Incluye los inventarios iniciales.

Fuente: Elaboración propia con datos de la solución del modelo y del SIAP (2019b).

Los requerimientos de almacenamiento de maíz, en caso de que la distribución de la producción y el abasto del consumo se realizaran de manera óptima, así como la capacidad instalada actual bajo techo disponible en las regiones productoras de Guerrero se presentan en la Tabla 2. A nivel del estado de Guerrero, la demanda óptima de almacenamiento de maíz se concentra de enero a mayo, y en algunos meses llega a superar las 750 mil toneladas mensuales. Por la disminución de la producción, después de mayo disminuye la demanda de almacenamiento, algo similar ocurre con la demanda de almacenamiento de sorgo en Tamaulipas; por ejemplo, en los meses de cosecha (enero-abril), la demanda de almacenamiento óptima es superada por la excesiva producción (Rebollar et al., 2016).

La demanda por almacenes agrícolas es diferente en cada una de las seis regiones del estado, y es mayor en las regiones de Las Vigas, Altamirano e Iguala, con un volumen promedio mensual de 223 mil toneladas, 101 mil toneladas y 98 mil toneladas, respectivamente (Tabla 2).

La capacidad instalada de almacenes bajo techo en Guerrero apenas supera las 130 mil toneladas y se observa que está concentrada en las regiones de Altamirano e Iguala, regiones que tienen una capacidad instalada de almacenes agrícolas de 58 y 62 mil toneladas, respectivamente; ambas concentran el 87.5% de la capacidad instalada total de almacenes agrícolas en la entidad. Por el contrario, en las regiones de Chilpancingo y Atoyac, la capacidad apenas es el 0.1% y 5.8% de la capacidad estatal total, en la región de Tlapa no se reporta la existencia de almacenes agrícolas. La escasa capacidad de Chilpancingo y Atoyac probablemente se deba a la ausencia de industrias en estas regiones, como sucede con algunos municipios de Sao Paulo, Brasil (Guerin et al., 2021).

La demanda de almacenamiento no es uniforme en espacio y tiempo. La mayor demanda por almacenamiento se presenta en la región de Las Vigas con 329, 302, 277 y 269 mil toneladas en los meses de enero, febrero, marzo y abril. Le sigue Altamirano, donde la mayor demanda se presenta en noviembre, diciembre y enero con 166, 180 y 168 mil toneladas, respectivamente. En octubre la demanda de almacenamiento mensual es baja, alcanzando un volumen de 27 mil toneladas, y en el mes de septiembre es de 38 mil toneladas (Tabla 2).

### Excesos de demanda de almacenamiento

A través de la diferencia de la capacidad instalada de almacenes bajo techo menos la demanda de almacenamiento, que se obtuvo con la solución del modelo, se pueden observar en el Tabla 3 excesos de demanda de almacenamiento de maíz por región y mes. Un signo negativo indica excesos de demanda de almacenamiento, los valores positivos indican que la capacidad instalada excede los requerimientos de almacenamiento. Por la baja capacidad de almacenes agrícolas presente en el estado de Guerrero, se observa que los signos negativos son los más frecuentes a nivel regional y mensual. Estos resultados coinciden con lo que encontró Martínez-Jiménez *et al.* (2015), pues indican que en la mayoría de las regiones de Chiapas hay excesos de demanda de almacenamiento de maíz. Con base a lo anterior, y en sintonía con el autor mencionado, se hace necesario llevar a cabo un estudio de factibilidad financiera sobre inversión en almacenes, especialmente en aquellas regiones donde existe sobre oferta que provoca la caída en los precios del maíz.

A nivel del estado, en la mayoría de los meses del año la capacidad instalada de almacenes es insuficiente para cubrir la demanda de almacenamiento que un programa de inventarios óptimo requiere. En el periodo que va de noviembre a septiembre del siguiente año, los almacenes no son suficientes para almacenar los excesos de producción que se obtienen en los meses de máxima cosecha. Los excesos de demanda inician en el mes de noviembre con 386 mil toneladas, en enero alcanzan su máximo con 649 mil toneladas, y en septiembre presentan su nivel mínimo con 39 mil toneladas (Tabla 3).

A nivel regional, la situación es casi la misma que se observa en el estado. La mayoría de las regiones presenta excesos de demanda de almacenamiento en la mayor parte de los meses del año, lo cual indica que la capacidad de almacenes es insuficiente para cubrir la demanda por almacenamiento. Incluso Iguala, que tiene la mayor capacidad almacenada, no cuenta con la infraestructura suficiente para almacenar el maíz que un programa óptimo de inventarios requiere. En Iguala solo en tres meses la capacidad de almacenes es mayor a la demanda de almacenamiento, y en los restantes nueve meses se presentan saldos negativos, lo que indica la existencia de infraestructura insuficiente.

Todas las regiones presentan excesos de demanda de almacenamiento en la mayor parte del año. Atoyac presenta excesos de demanda de noviembre a septiembre, con máximos en julio y agosto por 40 y 44 mil toneladas, respectivamente. Chilpancingo presenta excesos de demanda todo el año, con máximos en marzo por 134 mil toneladas. En las regiones de Altamirano, Las Vigas y Tlapa se han registrado hasta más de ocho meses de excesos de demanda, con máximos en enero y febrero.

De acuerdo con los resultados de la investigación, las seis regiones del estado de Guerrero requieren la creación de nuevos espacios para almacenar maíz, con una capacidad igual al exceso de demanda máxima mensual. Sería recomendable la creación de infraestructura de almacenamiento, y esta debería dirigirse a las regiones con los mayores excesos de demanda de almacenamiento. Es importante mencionar que previamente se deben realizar estudios de inversión que analicen la viabilidad y factibilidad económica de la construcción de nuevos almacenes agrícolas en las regiones productoras de maíz en Guerrero.

En los almacenes agrícolas que existen actualmente en Guerrero no solo se almacena maíz, estos espacios también son utilizados para almacenar otros granos y cultivos industriales; por lo tanto, los excesos de demanda de almacenamiento son todavía mayores. Aunado a lo anterior, un aumento en la producción de maíz logrado por un incremento en el nivel de rendimiento aumentaría aún más la demanda por almacenamiento.

Tabla 3. Excesos de demanda de almacenamiento de maíz por región en el estado de Guerrero (miles de toneladas).

| Mes        | Altamirano | Atoyac | Chilpancingo | Iguala | Las Vigas | Tlapa | Estatal |
|------------|------------|--------|--------------|--------|-----------|-------|---------|
| Octubre    | 30         | 0      | -18          | 26     | -20       | 0     | 18      |
| Noviembre  | -109       | -30    | -39          | -72    | -131      | -6    | -386    |
| Diciembre  | -123       | -54    | -7           | -95    | -282      | -27   | -588    |
| Enero      | -111       | 0      | -114         | -81    | -317      | -27   | -649    |
| Febrero    | -74        | -21    | -126         | -70    | -289      | -36   | -616    |
| Marzo      | -30        | -27    | -134         | -59    | -265      | -35   | -550    |
| Abril      | -50        | -29    | -95          | -49    | -257      | -33   | -512    |
| Mayo       | -55        | -31    | -58          | -41    | -259      | -30   | -474    |
| Junio      | -42        | -34    | -27          | -30    | -242      | -27   | -403    |
| Julio      | 2          | -40    | -18          | -19    | -224      | -22   | -322    |
| Agosto     | 15         | -44    | -18          | 23     | -204      | -15   | -244    |
| Septiembre | 19         | -26    | -18          | 34     | -38       | -10   | -39     |
| Anual      | -44        | -28    | -56          | -36    | -211      | -22   | -397    |

Fuente: Elaboración propia con datos de la solución del modelo y Aserca (2019).

## Conclusiones

De acuerdo con información reportada por Aserca, así como con los resultados de esta investigación, actualmente la demanda de almacenamiento en las regiones de Guerrero productoras de maíz es superior a la infraestructura de almacenes que se necesita para realizar una planeación en espacio y tiempo de los excesos de producción obtenidos en los meses de máxima cosecha.

En las regiones de Las Vigas, Altamirano y Chilpancingo, y en menor medida en Atoyac, Iguala y Tlapa, se presentan excesos de demanda de almacenamiento, lo cual indica que la capacidad instalada de almacenes es insuficiente para cubrir la demanda. En estas regiones, los productores no tienen la posibilidad de planear la distribución de su maíz en el tiempo, teniendo que vender su producto a bajos precios en relación al costo de producción. Una situación de precios bajos es negativa para la ganancia que obtienen los productores; por tanto, es recomendable la implementación de programas de fomento a la inversión, orientados hacia la construcción de almacenes agrícolas con las características adecuadas para el almacén y manejo del grano. Se requiere que la capacidad de almacenes se incremente de manera sustancial para que los productores de Guerrero puedan manejar de forma adecuada

## Referencias

- Alston, J. M., Norton G. W., & Pardey P. G. (1995). *Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Cornell University Press.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (Aserca). (2019). *Proceso para el registro, actualización, supervisión y seguimiento de centros de acopio*. <https://www.gob.mx/aserca/documentos/mecanica-de-registro-actualizacion-supervision-y-seguimiento-de-centros-de-acopio>
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (Aserca). (2018). *Maíz grano cultivo representativo de México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal, A. C. (Conafab). (2018). *La industria alimentaria animal en México 2018*. Conafab. <https://www.conafab.org/informativos/anuario-estadistico>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2008). *Situación actual y perspectivas de los granos en México (Número 223)*. FIRA.
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI). (2018). *Elasticities database*. <http://www.fapri.missouri.edu/>
- García-Salazar, J. A., & Williams, G. W. (2004). Evaluación de la política comercial de México respecto al mercado de maíz. *El Trimestre Económico*, 71(281), 169-213. <https://www.jstor.org/stable/20856811>
- García-Salazar, J. A., & Santiago-Cruz, M. J. (2004). Importaciones de maíz en México: un análisis espacial y temporal. *Investigación Económica*, 63(250), 131-160. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v63n250/0185-1667-ineco-63-250-131.pdf>
- García-Salazar, J. A., & Ramírez-Jaspeado, R. (2012). *Demanda de semilla mejorada de maíz en México: identificación de usos y zonas de producción con mayor potencial de crecimiento*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- García-Salazar, J. A., Skaggs, R. K., & Crawford, T. L. (2012). World price, exchange rate and inventory impacts on the Mexican corn sector: a case study of the market volatility and vulnerability. *Interciencia*, 37(7), 498-505. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925376003.pdf>
- García-Salazar, J. A., Álvarez-González, X., & Mora-Flores, J. S. (2020). Crecimiento de la capacidad de almacenes agrícolas en México, 1996-2019. *Región y Sociedad*, 32, e1258. doi: <https://doi.org/10.22198/rys2020/32/1258>
- Guerin, L., Vidal, J. G., de Oliveira, R. L., de Oliveira, L. K., de Miranda, H. E., & Dablanc, L. (2021). The geography of warehouses in the São Paulo Metropolitan Region and contributing factors to this spatial distribution. *Journal of Transport Geography*, 91, 1-15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102976>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Población total por entidad federativa y grupo quinquenal de edad según sexo*. <http://www.censo2010.org.mx/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *Censos Económicos 2014*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2014/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018a). *Financiero y Bursátil*. <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018b). *[Precios, Índice Nacional de Precios al Consumidor]*. <https://www.inegi.org.mx/temas/inpc/>
- Martínez-Jiménez, A., García-Salazar, J. A., & Mora-Flores, J. S. (2015). Capacidad de almacenes y demanda de almacenamiento de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Chiapas, México. *Agrociencia*, 49(6), 669-702. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952015000600008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000600008)

- Ortiz, M. Á., Ramírez, O., González, J. M., & Velázquez, A. (2015). Almacenes de maíz en México: tipología y caracterización. *Estudios Sociales*, 23(45), 163-184.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572015000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100007)
- Rebollar, S., Hernández, J., & Guzmán, E. (2016). Optimización espacial y temporal de la producción y comercialización del sorgo grano en México. *Revista Raites*, 2(4), 39-59.  
<http://www.itc.mx/ojs/index.php/raites/article/view/518>
- Rosenthal, R. E. (2014). *GAMS: a user's guide*. GAMS Development Corporation.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (1996). *Anuario estadístico de producción y comercialización de maíz de 1996*.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2018). Tarifa máxima de flete de los factores de cobro para el servicio de carga regular.  
<https://www.kcsouthern.com/pdf/rules-publications-pricing/expired-tariffs/catalogo-de-flete-kcsm-2018.pdf>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2019). [Traza tu ruta].  
[http://aplicaciones4.sct.gob.mx/sibuac\\_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta](http://aplicaciones4.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019a). Avances de siembras y cosecha por estado.  
[https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019b). Indicadores económicos, comercio exterior, consulta por fracción arancelaria simple. [http://w6.siap.gob.mx/comercio/con\\_fracciona.php](http://w6.siap.gob.mx/comercio/con_fracciona.php)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019c). Balanza, disponibilidad-consumo de maíz amarillo y maíz blanco.  
<http://www.numerosdelcampo.agricultura.gob.mx/publicnew/productosAgricultolas>
- Sistema Nacional de Información Integral de Mercados (SNIIM). (2019). Anuarios estadísticos de mercados nacionales, granos y semillas.  
[http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-AN/estadisticas/e\\_anuariosgran.asp?](http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-AN/estadisticas/e_anuariosgran.asp?)
- Takayama, T., & Judge, G. G. (1971). *Spatial and temporal price and allocation models*. North-Holland Publishing Company.
- Villanueva, J. K., Salazar, V. B., & Hidalgo, C. M. (2017). Producción y almacenamiento público de arroz y maíz en ecuador entre los años 2012 y 2014: beneficios y retos. *Tlateomani*, 25, 1-16.  
<https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/25/index.htm>
- Ziegler, V., Paraginski, R. T., & Ferreira, C. D. (2021). Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review. *Journal of Stored Products Research*, 91, 1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101770>