

Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 36, Número 67. Enero – Junio de 2026
Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

Artículo

Factores explicativos de la producción de granos en México, 2000-2022

Explanatory factors of grain production in Mexico, 2000-2022

<https://doi.org/10.24836/esv36i67.1689>
e261689

Miguel Ángel Díaz-Carreño*
<https://orcid.org/0000-0002-0239-9014>
madiazc@uaemex.mx

Laura Elena del Moral-Barrera*
<https://orcid.org/0000-0002-2892-0373>
ledelmoralb@uaemex.mx

Fecha de recepción: 30 de julio de 2025.

Fecha de aceptación: 07 de enero de 2026.

*Facultad de Economía.
Universidad Autónoma del Estado de México, México.
Autor para correspondencia: Miguel Ángel Díaz-Carreño.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, Sonora, México.



Resumen

Objetivo: en esta investigación se analizan los principales factores explicativos del crecimiento medio de la producción de granos en México durante el período 2000-2022. **Metodología:** se utilizan modelos de análisis de regresión lineal por cuantiles. **Resultados:** se encontró que las variables explicativas —rendimientos de la producción, así como precios medios rurales— explican de manera positiva el crecimiento de la producción, en tanto que la superficie siniestrada, como proporción de la superficie sembrada, constituye un factor contractivo en términos medios. **Limitaciones:** la disponibilidad de información limita el estudio al periodo de análisis. **Conclusión:** los resultados de este estudio son significativos sólo para niveles elevados de la distribución de la variable dependiente (noveneno decil por ejemplo), no así para niveles de crecimiento relativamente bajos de la producción, como aquellos por debajo del tercer cuartil.

Palabras clave: alimentación contemporánea, producción de granos, México, regresión por cuantiles, precio medio rural, superficie siniestrada.

Abstract

Objective: The aim of this paper is to analyze the main explanatory factors of the average growth in grain production in Mexico during the period 2000-2022. **Methodology:** Regression analysis models by quantile were used. **Results:** it was found that the explicative variables: production yields and rural average prices positively explain the growth in grain production; while the damaged surface as proportion of the planted area represented a contractive factor in average terms. **Limitations:** The availability of information restricts the study to the analysis period carried out. **Conclusions:** The results of this study are significant in the case of high levels of the distribution of the dependent variable (ninth decile for example), but not so for relatively low levels of production growth, such as those below the third quartile.

Key words: contemporary food, grain production, Mexico, quantile regression, rural average price, damaged Surface.

Inroducción

Entre los años de 2002 y 2003 empezaron a observarse incrementos sustanciales en los precios internacionales de los alimentos, luego de prácticamente tres décadas de estabilidad de estos. En 2006 esta tendencia cobró mayor fuerza y, en el primer semestre de 2008, alcanzó su nivel más alto desde la década de 1970. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2008) en la primera mitad de 2008 los precios de los alimentos eran 40 % más elevados respecto de 2007 y 76 % así como a los de 2006. En esta misma línea, se destaca el crecimiento de los precios de los cereales, como el arroz y el trigo, con aumentos del 217 % y del 136 % entre 2006 y 2008. El incremento desmesurado de los precios de los alimentos en un período tan corto provocó una aguda crisis alimentaria, cuyo efecto inmediato más grave fue el aumento del número de personas con hambre. La FAO estima que solo entre 2007 y 2008 115 millones de personas presentaron hambre crónica, sumándose a los más de 850 millones de personas a quienes ya les faltaba el alimento (Acuña y Meza, 2010).

México ha experimentado durante décadas una crisis en el sector agrícola. Se ha establecido que, en la relación entre agricultura e industria, la aplicación de políticas macroeconómicas neoliberales centradas en la industria y los servicios ha ido en detrimento constante del sector agrícola. Dichas políticas de corte neoliberal se han sustentado en un modelo agroexportador excluyente que ha favorecido el aumento de las importaciones de alimentos básicos, la disminución de la superficie sembrada y de los rendimientos y, en general, de la producción agrícola nacional. La consecuencia inmediata de esto se ha traducido en un incremento sustancial de las importaciones de alimentos básicos, una contracción de la superficie sembrada, una reducción de los rendimientos de los cultivos y, en general, en una contracción de la producción del sector primario del país. Esto último ha derivado en una dependencia alimentaria preocupante. De esta manera, la perpetuidad de las

políticas continuará traduciéndose en un sector agrícola decadente, sin la posibilidad de contribuir a la llamada seguridad alimentaria del país (Ortega, León, Ramírez, 2010).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), los granos básicos, tales como el maíz, el frijol, el trigo y el sorgo, se consideran alimentos indispensables para garantizar la seguridad alimentaria en México (SADER, 2022). Por su parte, la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) que publica el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el gasto destinado a la alimentación en México en 2022 (alimentos, bebidas y tabaco) llegó a representar entre el 38.0 % del gasto total promedio de las familias (INEGI, 2022), en particular, se destaca que los sectores de menores ingresos son los que se encuentran con un gasto cercano al 50.0 % en dichos rubros.

De esta manera, dada la base de la dieta mexicana, donde los granos y cereales como el maíz, el frijol, el trigo y el sorgo son alimentos fundamentales, las familias mexicanas, con regularidad, destinan una proporción considerable de sus ingresos a la adquisición de estos productos básicos. Al respecto, en 2022, el consumo de cereales de las familias mexicanas representó, en términos medios, un 17.0 % del total de su gasto en alimentación (INEGI, 2022).

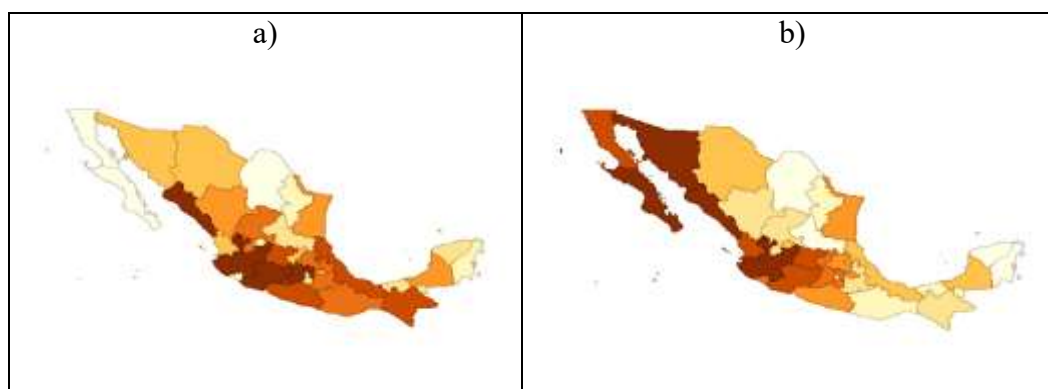
En el caso de México, durante el período de 2018-2022, el promedio de crecimiento anual de los principales granos también ha sido adverso, tal es el caso del maíz blanco que ha retrocedido en 1.2 %, mientras que el frijol y el sorgo lo han hecho en 1.7 y 0.1 % respectivamente. A su vez, el trigo ha presentado una tasa de crecimiento positiva para el mismo periodo, pero esta sólo ha sido de 1.2 % (SIAP-SADER, 2023). Este estudio analiza los principales factores explicativos de la producción media de granos, tales como el maíz, el frijol, el sorgo y el trigo en México durante el periodo 2000-2022. En este sentido, se elabora un modelo de regresión lineal cuantílica donde las variables explicativas incorporadas fueron: i) los precios medios de estos productos, ii) los rendimientos medios de los cultivos, así como iii) factores asociados con el cambio climático.

Principales estados productores de granos en México

Según la FAO (2019a), México produce cerca de 900 cultivos, de los cuales doce son considerados estratégicos y entre estos se encuentran el maíz blanco, el frijol, el trigo y el

sorgo. El cultivo del maíz es el más relevante, mientras su producción se llevó a cabo en unas 7.3 millones de hectáreas (Mdha), en promedio, durante el período 2000-2022, la producción de sorgo y frijol empleó unas 1.8 y 1.7 Mha; en tanto que en lo relativo al trigo se realizó en 0.7 Mdha. En términos de producción promedio, para el mismo período, mientras el cultivo de maíz generó unas 21.2 millones de toneladas (Mt), el sorgo, el frijol y el trigo alcanzaron unas 5.8, 3.4 y 1.2 Mt, respectivamente (SIAP-SADER, 2023).

El maíz es el grano que más se siembra y el de mayor importancia para el consumo de los mexicanos. En promedio, en el país se produjeron 21.0 Mt de maíz blanco al año con un rendimiento promedio de 3.8 toneladas por hectárea (t/ha) durante los años 2000-2022. En este mismo período, Sinaloa se consolidó como el principal estado mexicano productor de maíz blanco y registró una producción media de 6.0 Mt al año, aportando, por otro lado, el 20.7 % de la producción nacional (gráfica 1, panel a). De igual manera, Sinaloa presentó los rendimientos más elevados en la producción de este grano, 9.4 t/ha, seguido de Sonora con 6.8 t/ha y Baja California Sur con 6.3 t/ha (gráfica 1, panel b)) (SIAP-SADER, 2023).



Gráfica 1. Estados de México productores de maíz blanco y sus rendimientos, 2000-2022 (Participación estatal respecto a la producción nacional y rendimientos en toneladas por hectárea, t/ha). Fuente: elaboración propia con información del SIAP-SADER (2023) y el software QGIS (3.16) y Geoda. Nota: los mapas resaltan en color más oscuro los estados mejor posicionados.

Es importante destacar que en el año 2000 la producción de maíz alcanzó 17.5 Mt, con un rendimiento de 2.5 t/ha y una superficie sembrada de 8.4 Mdha. En 2005, la producción aumentó en 10.1 % respecto a 2000, alcanzando 19.3 Mt, a pesar de una reducción en la superficie sembrada, que disminuyó de 8.4 Mdha a 8.0 Mdha. Este incremento en la producción se debió al aumento del rendimiento, que ascendió a 3.0 t/ha.

Murray y Jaramillo (2018), establecieron que el aumento en la producción de maíz en México, a pesar de la reducción en la superficie sembrada, respondió a factores como: el uso de semillas mejoradas, paquetes tecnológicos que incluyeron fertilizantes y mejores técnicas de manejo agrícola; en tanto que Cadet y Guerrero (2018), señalaron la importancia de las políticas agrícolas implementadas por el gobierno, como los subsidios y programas de apoyo a productores que incentivaron el uso de tecnología y mejores prácticas agrícolas que, a su vez, contribuyeron al aumento de la eficiencia productiva en las regiones de riego y temporal donde el maíz es cultivado intensivamente (González y Alferes, 2010). No obstante este tipo de avances importantes en el sector agrícola mexicano, una vez entrado en vigor el TLCAN, a mediados de la década de los noventa del siglo pasado, se ha venido agravando la crisis del sector agrícola, la cual se ha traducido en un aumento de las importaciones de alimentos básicos, disminución de la superficie sembrada, menores rendimientos y, en general, una disminución del producto agrícola nacional (Ortega et al., 2010).

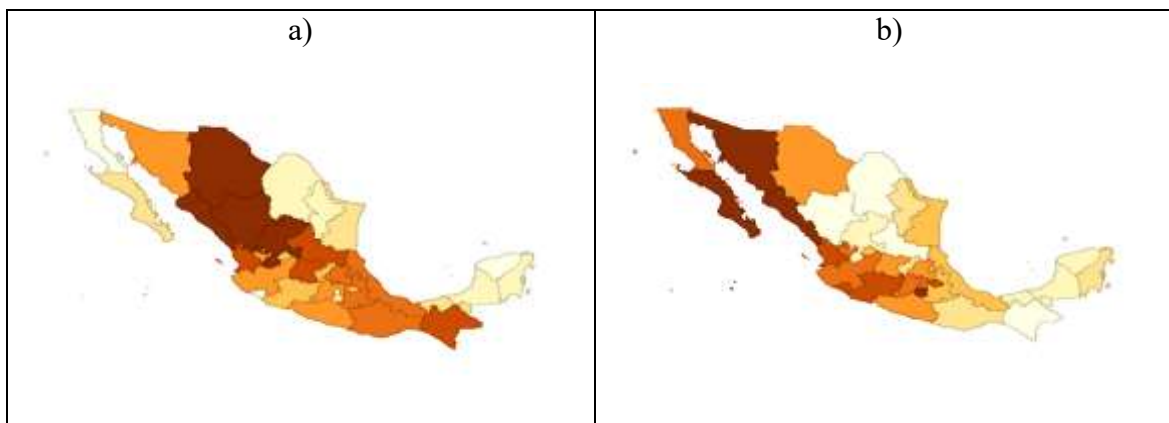
Para 2010, la producción de maíz creció 20.5 % con respecto a 2005, lo que representó unas 23.3 Mt como producción total. En este período hay que destacar una disminución de la superficie sembrada de -1.5 %, en tanto que el rendimiento registró un incremento de 10.2 %. El rendimiento promedio por hectárea aumentó debido principalmente a la implementación de tecnologías agrícolas que incluyeron el uso de semillas mejoradas, fertilización y control de plagas, lo que permitió un incremento en la productividad sin necesidad de aumentar la superficie sembrada (Cadet y Guerrero, 2018; FAO, 2019). En Cadet y Guerrero (2018) se destaca el uso de semillas híbridas y mejoradas como factor crucial para el aumento de los rendimientos. Para los años 2015 y 2022, el rendimiento del maíz por hectárea se situó en 3.2 y 4.0 t/ha respectivamente, lo que se tradujo en un crecimiento de la producción del 24.7 % y del 26.5 %. Sin embargo, la superficie sembrada registró una caída de 3.3 % en 2015 y de 9.1 % en 2022, reduciéndose de 7.6 Mdha a 6.9 Mdha (SIAP-SADER, 2023). Según Aguilar, Arriaga, Cervantes, Arenas, Escalante (2022) la aplicación de fertilizantes químicos y la utilización de *Rhizophagus irregularis*, mejoró la altura, el área foliar y el peso seco de la planta; lo que representó un tratamiento más rentable en la producción del cultivo de maíz.

La disminución de la superficie sembrada de maíz en 2015 y 2022 ha sido resultado de la presión de la urbanización, de los cambios en el uso del suelo agrícola y de la conversión

de la tierra agrícola a usos industriales o comerciales en estados de alta productividad (INEGI, 2022). La producción de maíz en México se concentra principalmente en diez estados que, en conjunto, aportan aproximadamente el 80 % de la producción nacional: Guanajuato, Oaxaca, Puebla, Michoacán, Guerrero, Veracruz, México, Chiapas, Jalisco y Sinaloa. A lo largo de los años, la participación de estos estados ha variado debido a diversos factores, tanto tecnológicos como económicos y ambientales.

Sinaloa ha sido históricamente el principal productor de maíz en el país; en el año 2000 su contribución fue de 13.2 % y se incrementó a 21.7 % en 2005 y alcanzó un máximo de 22.4 % en 2010. Posteriormente, se obtuvo una ligera disminución; se registró 21.8 % en 2015 y 20 % en 2022 (SIAP-SADER,2023). Este comportamiento puede explicarse por el alto grado de tecnificación agrícola en este estado que incorpora el uso intensivo de semillas híbridas y riego, lo que ha permitido mantener altos niveles de producción (Cadet y Guerrero, 2018). Por su parte, Jalisco ocupa el segundo lugar en la producción de maíz; su participación mostró una tendencia ascendente, de 12.3 % en 2000 a 13.5 % en 2005 y a 14.6 % en 2010, aunque en 2015 descendió a 13.5 % y, para 2022, alcanzó su nivel más alto con una participación del 15.0 % (SIAP-SADER,2023). Este crecimiento se relaciona con la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas y con políticas locales que han impulsado la producción (Torres, 1996).

Por otra parte, México también es un importante productor de frijol. El cultivo de este grano es uno de los más relevantes del país, solo después del maíz. La superficie sembrada al respecto es de 1.7 Mdha y su producción oscila alrededor de las 1.1 Mt en promedio durante 2000-2022. Al respecto, destacan los estados de Zacatecas, Sinaloa y Durango, con participaciones de 29.6, 12.7 y 10.3 % respectivamente en relación con el total nacional (gráfica 2, panel a). En tanto que los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur presentaron los mejores rendimientos de este grano de 1.7, 1.6 y 1.3 t/ha (gráfica 2, panel b).



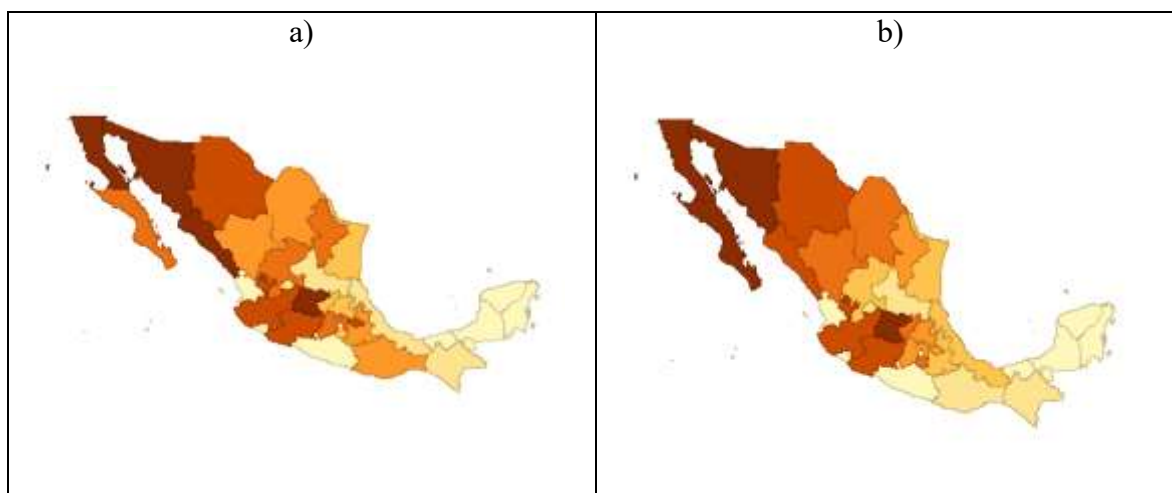
Gráfica 2. Estados de México productores de frijol y sus rendimientos, 2000-2022 (Participación estatal respecto a la producción nacional y rendimientos en toneladas por hectárea, ton/ha). Fuente: elaboración propia con información del SIAP-SADER (2023) y el software QGIS (3.16) y Geoda.

Existen alrededor de 150 especies de frijol en el mundo; en México, entre 50 y 70. Las variedades de grano varían por región y preferencia de consumo; por ejemplo, negro en el sureste de México, pinto en el centro y el noreste, y claro en el occidente y el noroeste (SADER, 2022). La producción de frijol en 2000 alcanzó 0.89 Mt, con un rendimiento de 0.75 t/ha y una superficie sembrada de 2.1 Mdha. En 2005, la producción disminuyó en 6.0 % respecto a 2000, alcanzando 0.83 Mt, con una disminución en la superficie sembrada del -17.7 %, que paso de 2.1 Mdha a 1.7 Mdha, en los mismos años; no obstante, por otra parte, se registró un aumento en el rendimiento de 2.7 por ciento.

Para 2010, la producción de frijol creció en 39.8 % con respecto a 2005, lo que representó 1.1 Mt en ese año, donde se destaca un aumento de la superficie sembrada del 8.1 % y del rendimiento del 5.9 %, lo que explica el fuerte aumento de la producción en ese año. Para 2015 y 2022, el rendimiento del frijol por hectárea se incrementó en 2.4% y 4.1% t/ha, respectivamente, comportamiento contrario al registrado con la producción y la superficie sembrada, en el primer caso pasó de 0.97 Mt a 0.96 Mt y el segundo de 1.7 Mdha a 1.5 Mdha, lo que resultó en una disminución de la producción del -0.4 % y -12.3 % en la superficie sembrada. Según los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2022), para 2020 el frijol mexicano se ubicó como el tercer cultivo de mayor importancia por la superficie sembrada, con 7.9 % del total en el año agrícola, en tanto que ocupó la décima posición por el valor de la producción agrícola nacional, con una participación de 2.4 % en 2020, en tanto que la superficie cosechada de 1.6 Mdha en el año agrícola 2021, 87.2 % de

temporal y 12.8 % de riego, se obtuvieron 1.2 Mt, lo que significó un incremento de 11.3 % con respecto a la producción del año agrícola 2020. De esta manera, el 73.2 % de la producción se obtuvo en el ciclo primavera-verano y 26.8 % en otoño-invierno. Las variedades de frijol negro, pinto y azufrado/peruano son las de mayor participación en la producción nacional. Puesto que el frijol se cultiva mayoritariamente en condiciones de temporal, la disponibilidad de humedad adecuada y suficiente proveniente de las lluvias en las etapas críticas del desarrollo del cultivo es un factor determinante en el comportamiento de los rendimientos por unidad de superficie. Mayor cantidad de precipitación en las principales regiones de temporal favoreció la recuperación de los rendimientos promedio por unidad de superficie, por lo que la producción nacional creció por segundo año consecutivo luego de la fuerte afectación por la sequía registrada en 2019, (FIRA,2022)

La producción de frijol en México se concentra en cinco estados que en conjunto aportan poco más del 50.0 % de la producción nacional: Nayarit, Chiapas, Durango, Sinaloa y Zacatecas. Los estados de Sinaloa y Zacatecas aportan alrededor del 40.0 % de la producción total. En el caso del trigo, se trata de uno de los cereales más cultivados del mundo, solo detrás del maíz y del arroz. En México, el cultivo del trigo abarca las 0.7 Mha., en tanto que su producción media asciende a las 3.4 Mt, esto para los años 2000-2022 (SIAP-SADER, 2023). Para el periodo de estudio, el estado de Sonora fue el principal productor, contribuyendo con el 48.2 % de la producción (gráfica 3, panel a). De la misma manera, el estado de Sonora registró los mayores rendimientos en el periodo referido, 6.2 t/ha (SIAP-SADER, 2023).



Gráfica 3. Estados de México productores de trigo y sus rendimientos, 2000-2022 (Participación estatal respecto a la producción nacional y rendimientos en toneladas por hectárea, t/ha). Fuente: elaboración propia con información del SIAP-SADER (2023) y el software QGIS (3.16) y Geoda.

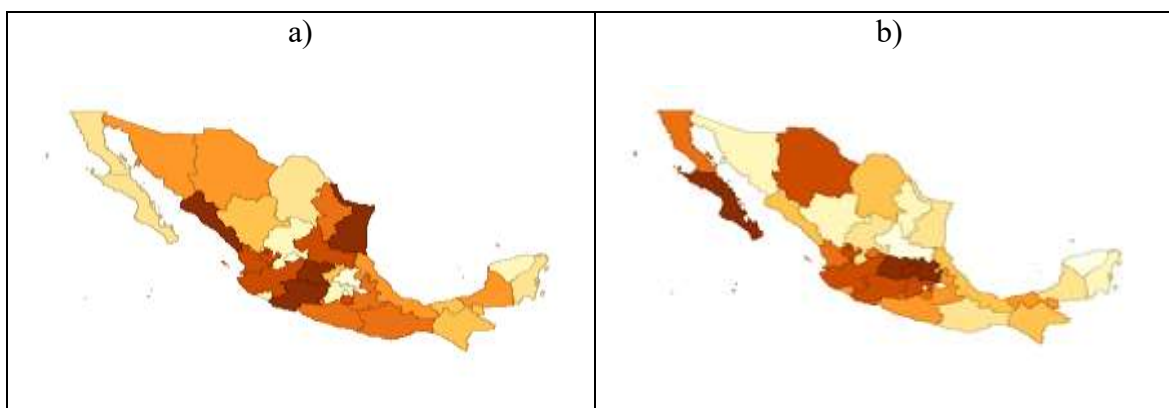
El 70 % de las variedades de trigo a nivel mundial provienen de las investigaciones hechas en México desde el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (SIAP-SADER, 2023). El trigo es el segundo cereal más importante en la alimentación de los mexicanos, consumiendo en promedio 57.4 kg per cápita al año, el trigo constituye el 40 % del total del gasto de los hogares mexicanos en cereales y proporciona el 10 % del total de calorías de la dieta según datos de la cámara nacional de la industria molinera de trigo y actualmente en nuestro país se cosechan, principalmente, dos tipos de trigo grano: cristalino y panificable (Sagarpa, 2017).

Para el año 2000, la producción de trigo fue de 3.5 Mt, con un rendimiento de 3.0 t/ha y una superficie sembrada de 0.7 Mdha. En 2005, la producción disminuyó en -13.7 % respecto a 2000, alcanzando 3.0 Mt, con una disminución de la superficie sembrada de -10.3 %. Para 2010, la producción de trigo creció en 21.9 % con respecto a 2005, lo que representó 3.6 Mt; en donde se destaca un incremento de la superficie sembrada del 6.9 %, en tanto, que el rendimiento registró un incremento del 14.5 % para pasar a 3.3 (t/ha). En 2015 y 2022 el rendimiento del trigo por hectárea se situó en 3.1 y 3.6 t/ha, respectivamente, lo que representó un crecimiento muy discreto de la producción de apenas el 0.9 % en 2015 y una disminución de esta de 2.0 % en 2022. No obstante, la superficie sembrada presentó un

aumento de 20.8 % en 2015 y una caída de 27.3 % en 2022, reduciéndose de 0.8 Mdha a 0.5 millones de hectáreas.

La producción de trigo en México se concentra principalmente en cinco estados que en conjunto aportan poco más del 80.0 % de la producción nacional. Entre ellos se destacan los estados de Baja California y Sonora que, en conjunto, aportan el 50 % de la producción total del país. Estas entidades cuentan con condiciones agroclimáticas favorables, en especial por contar con acceso a infraestructura para el riego (SIAP, 2017). Otros estados productores importantes son: Guanajuato, Chihuahua y Durango, pese a presentar mayor dificultad para acceder al agua. Los principales retos que enfrenta la producción de trigo son: escasez de agua debido a la falta de lluvias, factores climatológicos derivados del cambio climático, los elevados costos de producción debido al alza en el precio de insumos como fertilizantes y semillas, la falta de políticas públicas de apoyo a la producción, baja inversión en tecnología y el acceso a créditos competitivos. En lo relativo al sorgo, este es uno de los principales cultivos en México tanto por volumen de producción (5.8 Mt) como por la superficie sembrada (1.8 Mdha) después del maíz y el frijol, esto en términos promedio para el periodo 2000-2022 (SIAP-SADER, 2023).

El sorgo es un cereal que se utiliza predominantemente para la alimentación de ganado; no obstante, existe una gran variedad de productos para consumo humano elaborados a partir de la harina obtenida de este cereal. En promedio, en México se produjeron 5.8 Mt durante el periodo 2000-2022, con un rendimiento medio de 3.5 t/ha. Tamaulipas fue el principal productor del país en dicho periodo (gráfica 4, panel a), su contribución a la producción nacional de este producto fue del 39.5%, no obstante, los tres estados con mejores niveles de rendimiento fueron Querétaro, Guanajuato y Baja California Sur con 8.0, 5.9 y 5.7 t/ha, respectivamente (gráfica 4, panel b).



Gráfica 4. Estados de México productores de sorgo y sus rendimientos, 2000-2022 (Participación estatal respecto a la producción nacional y rendimientos en toneladas por hectárea, t/ha). Fuente: elaboración propia con información del SIAP-SADER (2023) y el software QGIS (3.16) y Geoda.

El cultivo del sorgo, originario de la India y de la familia de las gramíneas, es relativamente reciente en México; su importancia radica en su uso como materia prima en alimentos balanceados para ganado, ya que constituye uno de los principales ingredientes y, en menor proporción, en la extracción de harinas para consumo humano. En 2011, ocupó el sexto lugar en la superficie mundial cosechada, debido al cambio en las tendencias alimentarias del sector pecuario. La FAOSTAT (2013) señala que para 1961, se cosecharon 116,993 hectáreas y cinco años más tarde la superficie cosechada se incrementó en 169.40 %. A lo largo del tiempo se ha observado un incremento en la superficie sembrada, derivado de las ventajas que ofrece el cultivo para la mecanización total, así como, su gran adaptabilidad a diversos climas y suelos, aunado a una fuerte demanda de empresas de alimentos balanceados. En este sentido el sorgo fue reconocido inicialmente por su resistencia al estrés hídrico (demanda de agua más elevada más alta que la cantidad disponible) y ganó popularidad en la agricultura de riego durante la década de 1960, destacando sus altos rendimientos, menores costos y la creciente demanda de la industria forrajera principalmente vinculada a la cadena de la industria cárnica (Gutiérrez, 2023).

En el año 2000 México alcanzó una producción de sorgo de 5.8 Mt, con un rendimiento promedio de 3.5 t/ha y una superficie sembrada de 2.2 Mdha. Para 2005, la producción disminuyó en un 5.4 % respecto al año 2000, situándose en 5.5 Mt, esta reducción en la producción se atribuye a una disminución del 12.9 % en la superficie sembrada que pasó de 2.2 a 1.9 Mdha, a pesar de un incremento del 8.6 % en el rendimiento (SIAP, 2017).

En 2010, la producción de sorgo experimentó un aumento del 25.6 % en comparación con 2005, alcanzando 6.9 Mt. Este incremento se logró a pesar de una ligera disminución del 0.7 % en la superficie sembrada, resultado de un aumento del 2.6 % en el rendimiento, que se situó en 3.9 t/ha. Para los años 2015 y 2022 el rendimiento del sorgo por hectárea se mantuvo entre 3.7 y 4.0 t/ha, sin embargo, la producción disminuyó en un -25.1 % y -8.3 %, respectivamente. Este comportamiento se relaciona con una reducción en la superficie sembrada de 6.5 % en 2015 y de 22.5 en 2022 pasando de 5.2 a 4.8 Mdha.

La producción de sorgo en México se concentra principalmente en cinco estados que en conjunto aportan más del 80% de la producción nacional: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Tamaulipas; este último destaca como el principal productor, ya que contribuye con alrededor del 40 % de la producción nacional, en tanto que Sinaloa y Jalisco aportan entre el 11.0 y 16.0 % del total en 2020. En 2022, Tamaulipas registró una producción de 2.2 Mt equivalente al 45.6 % de la producción nacional. Por su parte, Guanajuato obtuvo el segundo lugar con 878,655 toneladas (8.4 %), seguido de Michoacán con 345,173 toneladas (7.2 %), en conjunto, estos tres estados aportaron un 71.3 % del sorgo producido en México (SIAP, 2017).

El estado de Tamaulipas mantiene una posición predominante, forma parte en conjunto con Nuevo León y San Luis Potosí de una región estratégica con potencial en la producción de sorgo, en donde se fomenta la fabricación de productos tipo botana a partir de harina de sorgo blanco, promueve la implementación de procesos industriales que permiten la obtención de etanol y otros bioenergéticos a partir del sorgo (SIAP, 2017). Es importante destacar que el cultivo de sorgo enfrenta situaciones adversas como la presencia de malezas invasoras que afectan el rendimiento; condiciones climáticas desfavorables, en especial por el nivel pluvial y la presencia de sequías prolongadas; finalmente, la práctica del monocultivo que puede llevar al desgaste del suelo, ya que este sistema agrícola, tiende a agotar nutrientes específicos disminuyendo la fertilidad del terreno a largo plazo.

Metodología

En este estudio se emplean procedimientos econométricos basados en la regresión lineal cuantílica. En general, un modelo de regresión lineal múltiple consiste en la siguiente estructura. Sea X_1, X_2, \dots, X_{p-1} una colección de variables cuyo valor se cree que tiene influencia sobre el valor que toma otra variable Y . Una vez fijos los valores de X_1, X_2, \dots, X_{p-1} , la relación entre estas variables (explicativas) y la variable “respuesta” Y , se describe de manera aproximada por la expresión (Turrent y Mendoza, 1995).

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + \dots + \beta_p X_{p-1} + U$$

donde, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son los parámetros de regresión desconocidos y U es un error aleatorio con media cero y varianza desconocida. Tradicionalmente se supone que el error se distribuye como una Normal y que los errores para distintas observaciones no están correlacionados lo que, aunado al supuesto de normalidad, implica que los errores son independientes. Si se cuenta con una muestra de tamaño n de las variables $Y, X_1, X_2, \dots, X_{p-1}$, esta muestra puede expresarse como

$$Y = X\beta + U$$

donde, $Y_{n \times 1} = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$ es un vector de observaciones de la variable Y con dimensión $n \times 1$; $X_{n \times p}$ es una matriz de dimensión $n \times p$ y rango completo (p), que incluye una columna de unos cuando está presente un término independiente en el modelo; $\beta_{p \times 1} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)'$ es un vector de parámetros desconocidos de dimensión $p \times 1$ y $U_{n \times 1} = (u_1, u_2, \dots, u_p)'$ es un vector de errores aleatorios con distribución Normal, o bien, $U_i \sim N(0, \tau^{-1})$ independientes.

De los supuestos anteriores se sigue que la distribución de probabilidad o verosimilitud asociada a las observaciones en Y , dados los parámetros β y τ y las observaciones de las variables explicativas contenidas en X , es una Normal n -variada con vector de medias $X\beta$ y matriz de covarianzas $\tau^{-1} I_{n \times n}$. Es decir, el modelo de regresión lineal múltiple se reduce a la expresión siguiente (Turrent y Mendoza, 1995).

$$Y|X, \beta, \tau \sim N_n (X\beta, \tau^{-1} I_{n \times n})$$

Por su parte, los objetivos de la regresión cuantílica son los mismos que en la regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Sin embargo, la primera resulta de gran utilidad cuando hay cambio en la estructura de la muestra y variabilidad en los parámetros (Díaz y Herrera, 2022; Díaz, Mejía, Reyes, Desiderio, 2018 y Vicéns y Sánchez, 2012). Así, la regresión cuantílica ofrece la posibilidad de crear diversas rectas de regresión para distintos cuantiles de la variable endógena a través de un método de estimación que se ve menos afectado por la presencia de estos inconvenientes. La regresión cuantílica puede ser descrita por la siguiente ecuación:

$$Y_i = X_i\beta_\theta + u_{\theta i}$$

donde Y_i es la variable endógena, X_i representa a la matriz de variables exógenas o independientes; β_θ es el parámetro a estimar correspondiente al cuantil θ y $u_{\theta i}$ es la perturbación aleatoria correspondiente. De forma análoga al modelo MCO, en el que $E(Y_i/X_i) = X_i\hat{\beta}_{MCO}$ y, por lo tanto, $E(u_i/X_i) = 0$, ahora $Quant_q(Y_i/X_i) = X_i\beta_\theta$, lo que implica que $Quant_\theta(u_{\theta i}/X_i) = 0$, siendo éste el único supuesto que se hace sobre la perturbación aleatoria.

En la regresión por MCO se minimiza la suma de las desviaciones (errores) al cuadrado y en la regresión cuantílica se minimiza la suma de las desviaciones absolutas ponderadas con pesos asimétricos. Adicionalmente, a diferencia de lo que ocurre en la regresión por MCO, donde se trata con una sola recta de regresión, en la regresión cuantílica se presentan tantas rectas y, así tantos vectores β_q , como cuantiles se esté considerando. De esta manera, el q estimador de la regresión cuantílica $\hat{\beta}_q$ minimiza cada β_q de la función objetivo de la siguiente forma:

$$\min_{\beta_\theta \in \mathbb{R}} \sum_{i: Y_i \geq X_i\beta_\theta} \theta |Y_i - X_i\beta_\theta| + \sum_{i: Y_i < X_i\beta_\theta} (1 - \theta) |Y_i - X_i\beta_\theta| ; 0 < \theta < 1$$

Las ventajas que aporta la regresión cuantílica se pueden sintetizar en su gran flexibilidad para modelar datos con distribuciones condicionales heterogéneas, robustez de los resultados frente a valores atípicos de la variable regresada y eficiencia para un conjunto amplio de distribuciones del error (Vicéns y Sánchez, 2012).

Modelo econométrico

El modelo econométrico elaborado para analizar estadísticamente el comportamiento de la producción media de granos en México se define por:

$$Y = X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + X_3\beta_3 + X_4\beta_4 + \varepsilon$$

Donde Y es la variable dependiente que denota el vector de tasas de crecimiento promedio de la producción anual de granos durante 2000-2022, en tanto que ε indica el término de error aleatorio del modelo econométrico. Por su parte, X_1 indica la variable explicativa de los rendimientos medios, en toneladas por hectárea, para el mismo periodo (Rendi). A su vez, X_2 representa los precios medios rurales, en pesos por tonelada, y es un indicador de los precios medios locales e internacionales (Precio). La teoría económica establece que la variable de precio afecta significativamente la oferta de un producto de forma positiva.

La variable X_3 contiene información relativa a la superficie siniestrada media para el periodo de estudio y por estado como proporción de la superficie cosechada (Siniestro1); en tanto que X_4 considera la superficie siniestrada promedio por estado como proporción de la superficie sembrada para el mismo periodo (Siniestro2). De esta forma, a la variable de clima se le consideraría uno de los principales factores determinantes de la producción agrícola dado el incremento significativo en la concentración de gases de efecto invernadero en las últimas décadas. Así, se espera que la agricultura sea el sector productivo que sufra los mayores efectos económicos ante el cambio climático (López y Hernández, 2016; Adams, 1989; Fischer, Shah, Tubiello, Van Velhuizen, 2005 y Mendelsohn y Schlesinger, 2009).

Vale la pena destacar que la regresión cuantílica puede referirse a un ejercicio de regresión cuartílica, decílica, percentílica, etc., lo cual dependerá del número de fracciones impuestas a la muestra ordenada de la variable dependiente. Tal es el caso donde una mayor

heterogeneidad en la producción de cierto tipo de granos en los estados de México, sugeriría una mayor división de la muestra con la finalidad de destacar esas marcadas diferencias entre los distintos productores de granos. En síntesis, hay que considerar que en la regresión cuantílica se estiman tantas rectas y, así tantos vectores de parámetros β_q , como cuantiles se esté considerando

Resultados y discusión

El cuadro 1 presenta los resultados de las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y de la regresión por cuantiles; Q_1 indica al primer cuartil, Q_2 al segundo, Q_3 el tercer cuartil y D_9 representa el noveno decil. Debido a las mejores propiedades estadísticas de la regresión por cuantiles, como su consistencia y robustez ante alta volatilidad y cambio estructural en la información, el análisis de los resultados econométricos se basa fundamentalmente en las estimaciones del modelo cuantílico (cuadro 1).

Cuadro 1.

Estimación del modelo econométrico de la producción de granos en los estados de México, 2000-2022

Variable	MCO	Q_1	Q_2	Q_3	D_9
Rendi	0.0149	-0.0011	-0.0066	0.0118	0.0458*
Precio	1.0384	0.5322	0.5083	0.7000	1.9971*
Siniestro1	1.9348	1.8180	2.0447	0.7509	3.5983
Siniestro2	-2.7416	-2.5392	-3.1649	-0.7123	-5.2989**
Cons	-0.4685	-0.2368	-0.1486	-0.2866	-0.8004**
R^2	0.3260	0.1682	0.1564	0.2555	0.4268

Notas: *Coeficientes significativos al 0.05 de significancia y **coeficientes significativos al 0.10 de significancia. Fuente: elaboración propia con información de SIAP-SADER (2023).

El cuadro 1 muestra que las estimaciones significativas (al 0.05 y 0.10) corresponden principalmente a la parte más elevada de la distribución de la variable dependiente, la cual corresponde con el noveno decil (D_9) de dicha distribución y lo que sugiere que el modelo

estimado por cuantiles explicaría de mejor manera el comportamiento de la producción media de los granos del maíz, frijol, sorgo y trigo, principalmente en el caso donde los niveles de crecimiento de dicha producción son elevados y no para niveles de crecimiento bajos. Lo anterior se refiere a que, en la regresión cuantitativa, los datos de la variable dependiente se ordenan de menor a mayor. Por lo tanto, en el noveno decil se encuentran las tasas de crecimiento de la producción más elevadas. De esta manera, las variables explicativas incorporadas en el estudio modelan de forma adecuada el comportamiento de la producción de granos principalmente cuando las tasas de crecimiento de dicha producción son elevadas. También es posible argumentar, a partir de los resultados presentados en el cuadro 1, que cuando las tasas de crecimiento promedio de los granos se ubican en los primeros tres cuantiles de la distribución de la variable dependiente, las estimaciones obtenidas no son significativas.¹

Por otra parte, se destaca la relación positiva entre el crecimiento de la producción de granos respecto al rendimiento promedio por hectárea de estos mismos cultivos. Este resultado se esperaba, en el sentido de que mayores rendimientos medios de los cultivos conllevan mayores tasas de crecimiento de la producción. Existen estudios que confirman esta relación positiva, así como el potencial del papel de la productividad creciente en el sector agrícola. La OCDE-FAO (2021) estableció que en la próxima década se espera una mayor proporción de la producción mundial de cereales basada en el crecimiento del rendimiento, ya que se anticipa que la expansión de la superficie se verá más limitada y que las mejoras en el rendimiento provendrán de factores como la mejora y la mayor accesibilidad a las variedades de semillas, incrementos de la eficiencia en el uso de insumos y mejores prácticas agrícolas.

Delgadillo y Leos (2020) utilizando el método de Venezian y Gamble (1969) identificaron una modificación en las estructuras de la producción de maíz, frijol y trigo en

¹ La estimación por cuantiles buscando explicar los principales determinantes de la producción de maíz, frijol, trigo y sorgo, tomando cada cultivo de forma individual, arrojó que, en el caso del maíz es el precio medio en el primer cuartil y el rendimiento en el tercer cuartil; mientras que para el frijol resultó ser el precio medio en el tercer cuartil; para el trigo únicamente los rendimientos en el tercer cuartil; en tanto que para el sorgo la estimación resultó ser no significativa. Es importante destacar que al considerar como variable dependiente directamente la producción de un determinado cultivo, en la regresión por cuantiles queda implícito el ordenamiento de la muestra en grandes productores, medios y pequeños, lo que permite tener en cuenta esta heterogeneidad, así como evitar el problema de heteroscedasticidad en la información.

México, la cual se caracterizó por crecer por la vía intensiva, es decir, las variaciones en la producción se explicaron fundamentalmente por el incremento de los rendimientos. Dicho método cuantifica el porcentaje de los factores explicativos de la producción a través de superficie, rendimiento o una combinación de ambas variables. En este sentido, existen estudios que sostienen que una expansión del sector agrícola, apoyada en aumentos de la productividad, puede actuar como factor propulsor de otros sectores y, a su vez, incrementar tanto la actividad productiva como el empleo. Este último resultado tendría una implicación clara para la política pública: invertir en el sector agrícola podría tener efectos positivos en otros sectores productivos de la economía (Anríquez y Stamoulis, 2007; Timmer, 2002 y Bravo-Ortega y Lederman, 2005).

Otro resultado relevante a partir del análisis econométrico realizado, estima que existe una relación positiva entre el comportamiento de la producción de granos y los precios medios de estos cultivos. La teoría microeconómica asume una relación directa entre la oferta de un bien y su precio, lo que se observa de forma clara en los resultados obtenidos en la estimación econométrica de este trabajo. En relación con las variables explicativas relativas a la superficie siniestrada, Siniestro 1 y Siniestro 2, el coeficiente estimado resultó no significativo en el primer caso, pero sí significativo en el segundo. Estas variables se integraron al modelo como variables *proxy* del *cambio climático*, el cual ha cobrado gran relevancia en las últimas décadas a partir de sus efectos profundamente negativos sobre diversos cultivos agrícolas en prácticamente el mundo entero.

En particular, Siniestro 2 representa la superficie siniestrada como proporción de la superficie sembrada, la cual resultó significativa, ello sugiere que dicha variable constituye un factor explicativo relevante en la producción de granos para México. Se considera que esta variable es una medida aproximada del cambio climático en virtud de que es un indicador relativo al tamaño de la superficie dañada de cultivos orientados a la producción de granos por diversos fenómenos climáticos atípicos. En este sentido, Galindo, Reyes, Alatorre (2015) analizaron los impactos del cambio climático en la agricultura mexicana mediante un modelo ricardiano con datos de panel. El análisis utiliza datos económicos de 2431 municipios del período 2003-2009. El estudio distingue entre explotaciones agrícolas de riego, de temporal y mixtas e incluye eventos climáticos extremos como variable adicional. Los resultados indican que las explotaciones agrícolas de riego son más vulnerables a las variaciones de

temperatura, mientras que las de temporal son más vulnerables a los cambios en las precipitaciones y a los eventos climáticos extremos. Por otra parte, Arce, Monterroso, Gómez, Palacios, Navarro, López y Conde (2020), utilizando modelos de simulación de crecimiento, muestran decrementos en los rendimientos de maíz, frijol, trigo, soya, sorgo, cebada y papa en condiciones actuales y con 28 escenarios de cambio climático. Dicho trabajo considera 22 estudios de caso ubicados en 14 estados de México

López y Hernández (2016) y Tubiello y Rosenzweig (2008) establecieron que, si el calentamiento global continúa más allá de la mitad del siglo XXI, la producción en todas las regiones del planeta se verá afectada negativamente y que la vulnerabilidad de los países dependerá, entre otras cosas, de sus condiciones geográficas y del tipo de cultivos que produzcan o puedan producir. Adicionalmente, Lobell et al. (2008) argumentaron que algunas variedades de maíz, trigo y arroz son las más propensas a los cambios climáticos en las regiones del sur de Asia y de África. En el caso de América Latina, la diversidad en términos agroecológicos y demográficos hace que las expectativas para las distintas regiones sean muy variadas entre sí; se espera que en el sureste de América del Sur la productividad se mantenga o incluso se incremente ligeramente para mediados de siglo, mientras que en Centroamérica la productividad podría reducirse en los próximos años poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones más pobres (López y Hernández, 2016 y Field et al., 2014).

Limitaciones

La disponibilidad de información completa para los requerimientos de este estudio se limitó al período 2000-2022. Tales restricciones tienen un impacto en la consistencia de las estimaciones realizadas en el sentido de que un número considerable de las propiedades deseables de los modelos lineales pasa por la disponibilidad de los datos, esto es que, para tamaño de muestras más grandes los resultados asintóticos de tales modelos son más robustos.

Conclusiones

La producción de granos en México es sumamente importante, debido a que constituye una parte fundamental en la dieta de su población. La disponibilidad suficiente de granos y cereales, como el maíz, el trigo, el frijol y el sorgo, es un tema de seguridad alimentaria para la población mexicana. Con base en los principales resultados del estudio, se destaca una relación directa entre el crecimiento medio de la producción de granos y el rendimiento promedio por hectárea de los cultivos mencionados: sorgo, maíz, frijol y trigo. Dicho resultado es consistente con el planteamiento de que, a mayores rendimientos medios de los cultivos, mayores tasas de crecimiento de la producción.

Otro resultado relevante del estudio es la existencia de una relación positiva entre el comportamiento de la producción de granos y los precios promedio de estos cultivos. Lo que resulta consistente con el planteamiento microeconómico en el sentido de que un precio creciente favorece el aumento de la disponibilidad del bien. Adicionalmente, cuando se empleó la variable *superficie siniestrada como proporción de la superficie sembrada* (Siniestro2) como aproximación de los efectos del cambio climático sobre la producción media de granos, su coeficiente resultó negativo y significativo, lo que evidencia la importancia de esta variable como factor explicativo significativo de la producción de granos para el país mexicano en las últimas dos décadas.

Referencias bibliográficas

- Acuña, R. O. y Meza, M. (2010). Espejos de la crisis económica mundial. La crisis alimentaria y las alternativas de los productores de granos básicos en México. *Argumentos*, 23(63), 189-209. Recuperado de https://scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57952010000200008&script=sci_abstract&tlng=en
- Adams, R. M. (1989). Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, 71(5), 1272-1279
- Aguilar, C., Arriaga, L., Cervantes, Y., Arenas, Y. y Escalante, J. A. (2022). Rentabilidad y producción del maíz VS-535 en respuesta a la fertilización química y biológica. *Acta universitaria*, 32, e3285. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2022.3285>
- Anríquez, G. y Stamoulis, K. (2007). Rural Development and Poverty Reduction: is Agriculture Still the Key. *Electronic Journal of Agricultural and Development Economics*, 4(1), 5-46.
- Arce, A., Monterroso, A. I., Gómez, J. D., Palacios, M. Á., Navarro, E. N., López, J. y Conde, A. C. (2020). Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. *Atmósfera*, 33(3), 215-231. doi: <https://doi.org/10.20937/ATM.52430>
- Bravo-Ortega, C. y Lederman, D. (2005). *Agriculture and National Welfare around the World: Causality and International Heterogeneity since 1960*. documento de trabajo de investigación política del Banco Mundial, núm. 3499, Banco Mundial, Washington D. C.

- Cadet, S. y Guerrero, S. (2018). Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(3), 311-337. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000300311&lng=es&tlng=es
- Delgadillo R., O. y Leos, R. (2020). Evolution and characterization of basic grain Production in Mexico, 1980-2016. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 17(4), 637-650. doi: <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i4.1396>
- Díaz, M. A., Mejía, P., Reyes, M. y Desiderio, A. (2018). Efectos del gasto público en el PIB en los Estado de México 1999-2014. *Investigación Económica*, 77(305), 74-96. doi: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rie/article/view/67484>
- Díaz, M. y Herrera, T. (2022), Pobreza en los estados de México 2008-2020. Un análisis bajo el Enfoque de Capabilidades, *Paradigma Económico*, 14(1). 159-179. doi: <https://doi.org/10.36677/paradigmaeconomico.v14i1>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008). *The State of Food Insecurity in the World 2008, High food prices and food security-threats and opportunities*. Recuperado de [The State of Food Insecurity in the World 2008](#)
- FAO (2019). *Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México, Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México*. Recuperado de [Representación AGRICULTURA Zacatecas | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#).
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT, 2013). *Producción agrícola. División de Estadísticas de la FAO*. Roma, Italia. Recuperado de <http://faostat.fao.org/>.
- Field, C., Barros, V., Dokken, D., Mach, K. Mastrandrea, M., Bilir, T. y White, L. (2014), *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press/Cambridge, Reino Unido/Nueva York.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2022). *Panorama Agroalimentario del Frijol 2022*. Recuperado de <https://sursureste.org.mx/wp-content/uploads/2023/01/Panorama-Agroalimentario-Frijol-2022.pdf>.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. y Van Velhuizen, H. (2005). Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990-2080. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2067-2083. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1744>
- Galindo, L. M., O. Reyes y J. E. Alatorre (2015). *Climate change, irrigation and agricultural activities in Mexico: A Ricardian analysis with panel data*, 7(7), pp. 262-273. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/JDAE>
- González, A. y Alferes, M. (2010). Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 381-396. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000300008&lng=es&tlng=es.
- Gutiérrez, N. (2023). La agricultura del maíz y el sorgo en el Bajío mexicano: revolución verde, sequías y expansión forrajera, 1940-2021. *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, (91), 255-286. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=653>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022). *Ingresos y gastos de los hogares de México en cuanto a su monto, procedencia y distribución, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). 2022*. Recuperado de [Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares \(ENIGH\). 2022 Nueva serie \(inegi.org.mx\)](#).
- Lobell, D. B., Burke, M., Tebaldi, C., Mastrandrea, M., Falcon, W. y Naylor, R. (2008), Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*, 319(5863), 607-610.
- López, A. J. y Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre Económico*, 4(332), 459-496. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- Mendelsohn, R. y Schlesinger, M. (2009). The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19.
- Murray, G. y Jaramillo, V. (2018). El reto del maíz en México frente al cambio climático. *Revista Digital Universitaria (RDU)*. 19(1) pp. 1-9. doi: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n1.a1>.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y Food and Agriculture Organization (OCDE-FAO, 2021). *Perspectivas Agrícolas 2021-2030*. Recuperado de [3. Cereales | OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030 | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#)
- Ortega, A., León A. y Ramírez, B. (2010). Agricultura y crisis en México: treinta años de políticas económicas neoliberales. *Revista Ra Ximhai*, 3(6). 323-337. Recuperado de [AGRICULTURA Y CRISIS EN MÉXICO: TREINTA AÑOS DE POLÍTICAS ECONÓMICAS NEOLIBERALES](#)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Recuperado de [B sico-Trigo Cristalino y Harinero.pdf](#).
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2022). *Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México*. Recuperado de [Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#).
- Servicio de Información Alimentaria y Pesquera y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP-SADER, 2023). *Evolución de la producción agrícola de México 2000-2023*. Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx ([www.gob.mx](#)).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017). *Sorgo Grano Mexicano*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf
- Torres, F. (1996). Antecedentes del debate actual sobre el maíz en México, en F. Torres, E. Moreno, I. Chong, J. Quintanilla (Eds.). *La industria de la masa y la tortilla*. Desarrollo y tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp 19-28. Recuperado de [La industria de la masa y la tortilla: desarrollo y tecnología · Biblioteca Digital Juan Comas](#)
- Timmer, C. P. (2002), Agriculture and Economic Development. cap. 29, en B. L. Gardner y G. C. Rousser (eds.), *Handbook of Agricultural Economics*, vol. 2, North-Holland, Ámsterdam: Elsevier Science Publishers
- Tubiello, F. y Rosenzweig, C. (2008), Developing Climate Change Impact Metrics for Agriculture. *Integrated Assessment*, 8(1), 165-184. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/264602661_Developing_climate_change_impact_metrics_for_Agriculture
- Turrent, A. y Mendoza, M. (1995). *Análisis y diagnóstico bayesiano de regresión*, Memoria del IX Foro Nacional de Estadística. Universidad Autónoma de Coahuila. Recuperado de [Memoria del IX Foro Nacional de Estadística. Universidad Autónoma de ... - Google Libros](#)
- Venezian, L. E. y W. K. Gamble (1969). Factors Influencing Mexican Agricultural Development. en: P. Frederick y A. Praeger (Eds.). *The Agricultural Development of Mexico. Its Structure and Growth Since 1950* (1ra ed.). New York, Washington. London.
- Vicéns, J. y Sánchez, B. (2012). *Regresión cuantílica: estimación y contrastes*. Documento de trabajo no. 21. Recuperado de <https://www.uam.es/uam/media/doc/1606862082401/regresion-cuantilica-estimacion-y-contrastes.pdf>