



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MERCADO DE MAÍZ AMARILLO EN MÉXICO, 2000-2018

ESTER REYES SANTIAGO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada: **ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MERCADO DE MAÍZ AMARILLO EN MÉXICO, 2000-2018**, realizada por la alumna: Ester Reyes Santiago, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

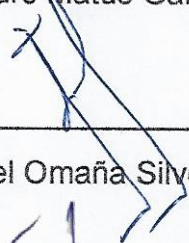
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Jaime Arturo Matus Gardea

ASESOR



Dr. José Miguel Omaña Silvestre

ASESOR



Dr. Juan Hernández Ortiz

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2020

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MERCADO DE MAÍZ AMARILLO EN MÉXICO, 2000-2018

Ester Reyes Santiago, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

El maíz es el cultivo más importante de México, durante el año agrícola 2018 participo con 35.1% de la superficie cosechada y con 16.3% del valor de la producción agrícola del país. La producción de este grano se divide en blanco este se utiliza para el consumo humano y amarillo se destina principalmente a la industria o fabricación de alimentos para la producción pecuaria. La producción de maíz amarillo es deficitaria se depende de las importaciones provenientes principalmente de Estados Unidos. Con el objetivo de identificar las principales variables económicas que determinan la oferta y demanda de maíz amarillo, se formuló un modelo de ecuaciones simultáneas conformado por una ecuación de oferta, una de demanda, dos de transmisión de precios y una identidad de saldo, para el periodo 2000-2018. Los resultados indican que la oferta reacciona inelásticamente al precio medio rural de maíz con un año de rezago, al precio medio rural del sorgo con un año de rezago y al precio de la urea, al presentar elasticidades de 0.30, -0.27 y -0.02 respectivamente. Así mismo la demanda respondió de manera inelástica al precio al mayoreo con una elasticidad de -0.23 y el ingreso per cápita 0.20, un bien normal. Finalmente, el precio de importación afecto directa e inelásticamente en 0.75 al precio al mayoreo y esta a su vez modificó en el mismo sentido al precio medio rural en 0.74.

Palabras clave: maíz amarillo, oferta, demanda, ecuaciones simultáneas, elasticidades.

ECONOMIC ANALYSIS OF THE YELLOW CORN MARKET IN MEXICO, 2000-2018

Ester Reyes Santiago, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

Corn is the most important crop in Mexico, during the 2018 agricultural year it participated with 35.1% of the harvested area and with 16.3% of the value of the country's agricultural production. The production of this grain is divided into white, this is used for human consumption and yellow is mainly intended for the industry or manufacture of food for livestock production. The production of yellow corn is in deficit depending on imports mainly from the United States. In order to identify the main economic variables that determine the supply and demand of yellow corn, a model of simultaneous equations was formulated, consisting of a supply equation, a demand equation, two price transmission and a balance identity, for the 2000-2018 period. The results indicate that supply reacts inelastically to the rural average price of corn with one year of lag, to the rural average price of sorghum with one year of lag and to the price of urea, when presenting elasticities of 0.30, -0.27 and -0.02 respectively. Likewise, demand was inelastic in response to the wholesale price with an elasticity of -0.23 and per capita income 0.20, a normal good. Finally, the import price directly and inelastically affected the wholesale price by 0.75 and this in turn modified the average rural price in the same direction by 0.74.

Key words: Yellow corn, supply, demand, simultaneous equations, elasticities.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría, en especial al Posgrado de Economía por mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca sin el cual sería imposible estudiar un posgrado.

Al Dr. Jaime Arturo Matus Gardea, por la paciencia, las asesorías y el apoyo recibido en todo momento.

Al Dr. José Miguel Omaña Silvestre, por su valiosa participación y apoyo para terminar la presente investigación.

Al Dr. Juan Hernández Ortiz, por las observaciones de mejora y disposición atenta.

Al Dr. Miguel Ángel Martínez Damián, por apoyarme en el manejo del paquete estadístico SAS.

Al M. C. Fidel Bautista Mayorga, por su constante apoyo para la realización de este documento.

A Guadalupe Bata Huerta, por su apoyo durante mi estancia en el COLPOS.

DEDICATORIAS

A mis padres, por darme la vida, su apoyo incondicional, la confianza y el aliento a seguir adelante. Gracias por todo.

A Fidel, por el apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermana, por su cariño y apoyo.

A mi sobrino, que me llena de alegría todos los días.

A mis amigas: Ariadna, Clara, Ingrid, Fabiola y Estefanía.

A todas las personas que conocí en esta etapa, gracias por su amistad y motivación.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Hipótesis	3
1.4. Metodología	3
1.4.1. Formulación del modelo empírico del mercado de maíz amarillo	4
1.4.1.1. Relación funcional de la cantidad producida de maíz amarillo	4
1.4.1.2. Relación funcional de la cantidad demandada de maíz amarillo	6
1.4.1.3. Relación funcional del precio medio rural de maíz	7
1.4.1.4. Relación funcional del precio al mayoreo de maíz	7
1.4.1.5. Identidad del saldo de comercio exterior	8
1.4.2. El modelo econométrico	8
1.4.2.1. Identificación del modelo econométrico.....	11
1.4.2.2. Prueba de raíz unitaria a las variables del modelo econométrico	12
1.4.2.3. El método de estimación del modelo.....	13
1.4.2.4. Cálculo de elasticidad	14
1.5. Revisión de literatura.....	14
CAPITULO II. SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO DE MAÍZ AMARILLO	19
2.1. Panorama internacional	19
2.1.1. Producción mundial del maíz amarillo	19

2.1.2.	Consumo	20
2.1.3.	Exportaciones	22
2.1.4.	Importaciones	23
2.1.5.	Precios.....	24
2.2.	Panorama nacional	25
2.2.1.	Producción.....	25
2.2.2.	Consumo	26
2.2.3.	Precios.....	28
2.2.4.	Importaciones	29
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO		31
3.1.	La teoría de la demanda	31
3.1.1.	Elasticidades de la demanda.....	33
3.2.	La teoría de la oferta	35
3.2.1.	Elasticidades de la oferta.....	37
3.3.	Equilibrio del mercado.....	38
3.4.	Estructura del mercado	39
CAPITULO IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONÓMICO DE LOS RESULTADOS		40
4.1.	Análisis estadístico de los resultados.....	40
4.2.	Relación funcional del modelo econométrico del maíz amarillo en México....	42
4.3.	Análisis económico de los resultados	43
4.3.1.	Análisis de las elasticidades obtenidas en la forma estructural	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		46
CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA.....		47
ANEXOS		51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Identificación del sistema de ecuaciones.....	12
Cuadro 2. Prueba de raíz unitaria a las variables del modelo de maíz amarillo	13
Cuadro 3. Principales países productores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018.....	20
Cuadro 4. Principales países consumidores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018.....	21
Cuadro 5. Principales países exportadores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018.....	23
Cuadro 6. Principales países importadores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018.....	24
Cuadro 7. Contexto nacional de maíz amarillo	25
Cuadro 8. Determinantes y desplazamientos de la demanda	33
Cuadro 9. Elasticidades de la demanda.....	34
Cuadro 10. Determinantes y desplazamientos de la oferta	36
Cuadro 11. Elasticidades de la oferta.....	38
Cuadro 12. Estructura de mercado	39
Cuadro 13. Resultados estadísticos y coeficientes estimados en la forma estructural	41
Cuadro 14. Elasticidades de la forma estructural	43

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Importaciones y producción de maíz amarillo en México. 2000-2018.....	2
Gráfica 2. Producción mundial de maíz, 2000-2018.....	19
Gráfica 3. Consumo mundial de maíz, 2000-2018	21
Gráfica 4. Exportaciones mundiales de maíz, 2000-2018	22
Gráfica 5. Importaciones mundiales de maíz, 2000-2018	23
Gráfica 6. Principales estados productores de maíz amarillo en 2018.....	26
Gráfica 7. Consumo aparente de maíz amarillo en México, 2000-2018.....	27
Gráfica 8. Demanda de maíz amarillo, 2014-2018	27
Gráfica 9. Precios reales del maíz amarillo, 2000-2018	28
Gráfica 10. Precio medio rural del maíz amarillo vs maíz blanco	29
Gráfica 11. Comercio exterior de maíz amarillo, 2000-2018	30
Gráfica 12. Un cambio en la cantidad demandada vs un cambio en la demanda	32
Gráfica 13. Un cambio en la cantidad ofrecida vs un cambio en la oferta	36
Gráfica 14. Equilibrio de mercado	39

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

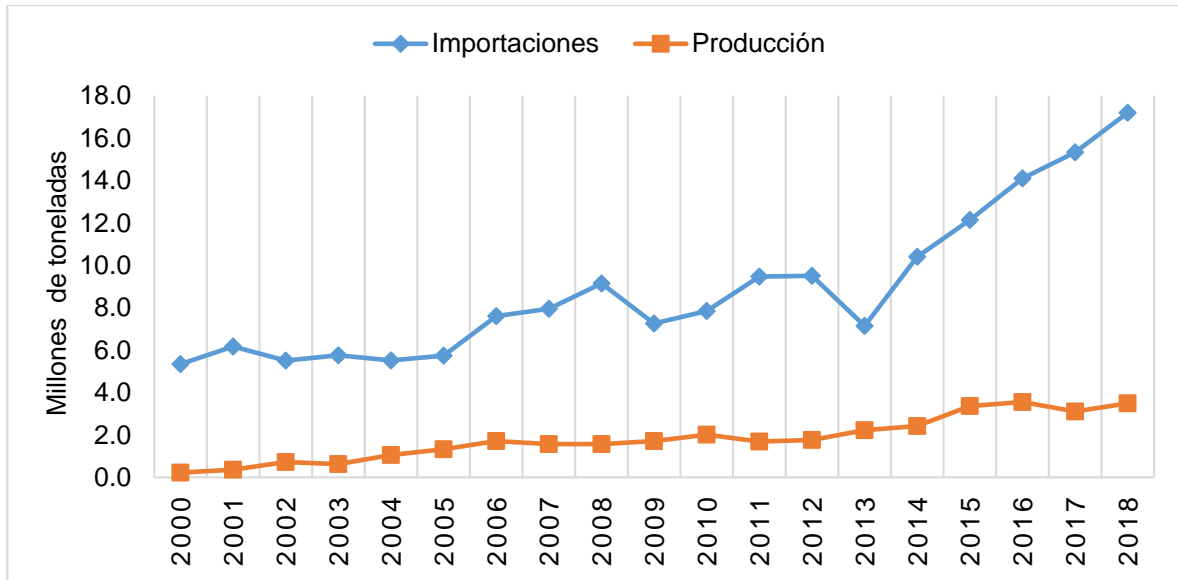
1.1. Planteamiento del problema

El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. La producción se divide en blanco que se destina al consumo humano y amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (SAGARPA, 2017).

En 2018, el maíz ocupó 7.1 millones de hectáreas de la superficie cosechada de cultivos cíclicos y perenes (35.1%) y con un valor de la producción de 105 millones de pesos que representa el 16.3%. La producción de maíz grano fue de 27.17 millones de toneladas, el 87.7% corresponde a maíz blanco, 12.9% a maíz amarillo y 0.4% a otros tipos de maíz (azul, pozolero y de color) (FIRA, 2019).

En el periodo 2009-2018, la producción de maíz blanco presentó una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 2.8%, mientras que el maíz amarillo 8.3%. Aunque cuando la producción ha aumentado, las importaciones de maíz han incrementado significativamente del 2009 a 2018, obtuvo una TCPA de 10% al pasar de 7.3 a 17.1 millones de toneladas, por lo que se ubicó en un nivel máximo histórico. El principal proveedor de maíz grano es Estados Unidos.

A partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se ha desencadenado un incremento en las importaciones de maíz, esto derivado de la desgravación gradual de las barreras arancelarias impuestas a la agricultura por parte del gobierno mexicano. Esto ha provocado que los productores de maíz en México abandonen sus tierras, lo que implica un aumento en el desempleo y una reducción en la producción de este grano. Se ha buscado solución hasta tal punto que se pretende la producción de maíz transgénico, lo cual no se ha concretado debido al desconocimiento de los efectos adversos que pueda generar al ambiente y a la salud (Cruz, Sánchez, Quintero y Sales, 2015).



Gráfica 1. Importaciones y producción de maíz amarillo en México. 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON y FAOSTAT, 2020.

Dada la importancia que tiene este grano en México tanto económico, social y cultural, resulta importante conocer los factores económicos que determinan el comportamiento de la oferta y demanda del maíz amarillo durante el periodo 2000-2018, así como ver el efecto del precio de importación sobre los precios internos al productor y al mayoreo.

1.2. Objetivos

Objetivo general

Analizar las principales variables económicas que determinan la oferta y demanda de maíz amarillo en México.

Objetivo específico

- Estimar y analizar los coeficientes de elasticidad precio y cruzada con la finalidad de cuantificar los efectos de cada variable que se relaciona con la oferta y la demanda de maíz amarillo.

1.3. Hipótesis

- Los factores que determinan a la oferta de maíz amarillo son el precio medio rural de maíz, sorgo y el precio promedio del fertilizante.
- Los factores que determinan la demanda son el precio al mayoreo de maíz y el ingreso real per cápita.
- La oferta y demanda de maíz se comporta como un bien inelástico en relación a su precio.
- El precio de importación influye de manera directa en los precios internos (al productor y mayoreo).

1.4. Metodología

Se propone un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas para el mercado de maíz amarillo en México, usando datos anuales del 2000 al 2018. La estimación será a través de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas (MC2E), mediante el procedimiento SYSLIN del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

La variabilidad estadística del modelo fue determinada mediante el coeficiente de determinación (R^2), la significancia global de los coeficientes de cada ecuación se obtiene con la prueba de F, la significancia individual de cada coeficiente (razón de t) y la prueba de raíz unitaria de cada una de las variables.

En lo que respecta a lo económico, los resultados se analizaron de acuerdo a la teoría económica, así como la magnitud de los coeficientes de elasticidad obtenidos de la forma estructural y los valores promedio de cada una de las variables de 2000 a 2018.

Los datos para la construcción del modelo se obtuvieron de fuentes oficiales, los que corresponden a precios o variables monetarias se deflactaron con el índice nacional de precios al productor y al consumidor para expresarlos en términos reales, con año base 2018, estos datos se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Las variables de producción de maíz amarillo, el precio medio rural para maíz y sorgo, se obtuvo del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Los datos que corresponden al precio de la urea se obtuvieron del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

La cantidad demandada de maíz amarillo se obtuvo de la siguiente manera: a la producción nacional se sumaron las importaciones menos las exportaciones. El valor de las importaciones y exportaciones se obtuvo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT). El precio al mayoreo de maíz se obtuvo del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

El ingreso per cápita se obtuvo dividiendo el Producto Interno Bruto (PIB) entre la población de México. El PIB para toda la serie se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la población de México del consejo nacional de población (CONAPO).

Para calcular el margen de comercialización, se realizó mediante el siguiente procedimiento: al precio al mayoreo se le restó el precio medio rural.

El precio de importación de maíz amarillo en dólares por tonelada, se transformó en pesos al multiplicarse por el tipo de cambio. La serie de precios se obtuvo de la FAOSTAT y el tipo de cambio del banco de México (BANXICO).

1.4.1. Formulación del modelo empírico del mercado de maíz amarillo

Se presenta las ecuaciones que integran el modelo propuesto, los signos esperados y las variables utilizadas, se conforma por una ecuación de oferta, una de demanda, dos de transmisión de precios y una identidad.

1.4.1.1. Relación funcional de la cantidad producida de maíz amarillo

La oferta de muchos productos agrícolas refleja el llamado fenómeno de la telaraña, en donde la oferta reacciona al precio con un periodo de rezago debido a que la instrumentación de las decisiones de oferta tarda algún tiempo (periodo de gestación). Por tanto, en la siembra de cultivos al principio de año, los agricultores reciben influencia del precio prevaleciente el año anterior (Gujarati y Porter, 2010).

La relación funcional de la cantidad producida de maíz amarillo (QPMA), se define en forma directa por el precio medio rural de maíz blanco real ($PMRMBR_{t-1}$) con un año de rezago, utilizando esta variable como proxy del precio medio rural de maíz amarillo con un año de rezago debido a que tiene un comportamiento similar, como se puede observar en el apartado de precios.

Otro factor que afecta la producción es el precio de los bienes competitivos como el sorgo ya que compite con el maíz por los recursos productivos, (García-Salazar, 2001). Por lo tanto, se consideró el precio medio rural de sorgo ($PMRSR_{t-1}$) como un bien competitivo del maíz, se espera una relación inversa entre estos cultivos.

El precio del fertilizante se considera como un insumo de la producción, en el cual el desembolso del productor resulta mayor con 71%, ello sugiere que un agricultor nacional, sin un subsidio de fertilizantes limite drásticamente su visión empresarial en este cultivo tan importante para el país, (Guzmán et al., 2014). Por su parte Bautista et al. (2019) reportan una relación inversa entre el fertilizante y la producción de maíz.

Finalmente, el productor de maíz conoce el comportamiento de la cantidad producida de maíz con un año de rezago ($QPMA_{t-1}$) y elabora expectativas de la producción esperada, con relación directa.

La relación funcional de la cantidad producida de maíz amarillo queda especificada de la siguiente manera:

$$QPMA_t = f_1 (PMRMBR_{t-1}, PMRSR_{t-1}, PUREAR_t, QPMA_{t-1})$$

Donde:

$QPMA_t$ es la cantidad producida de maíz amarillo, en toneladas.

$PMRMBR_{t-1}$: es el precio medio rural del maíz blanco real, en \$ por toneladas, utilizándolo como proxy del precio medio rural de maíz amarillo con un año de rezago.

$PMRSR_{t-1}$ es el precio medio rural del sorgo real, con un año de rezago, en \$ por toneladas.

$PUREAR_t$ es el precio de la urea real, en \$ por toneladas.

$QPMA_{t-1}$ es la cantidad producida de maíz amarillo, con un año de rezago, en toneladas.

1.4.1.2. Relación funcional de la cantidad demandada de maíz amarillo

El uso del maíz como insumo en la alimentación pecuaria incide en el modelo, dado que el consumidor (productor de ganado) tiene como objetivo maximizar su ganancia y considera el precio de los insumos como criterio para decidir cuales usa en mayores proporciones, (García-Salazar, 2001).

La cantidad demandada de maíz amarillo está en función del precio al mayoreo de maíz blanco real ($PMMBR_t$), utilizándolo como proxy del precio al mayoreo de maíz amarillo, ya que se comporta casi igual en el tiempo y se espera una relación inversa.

El maíz amarillo es utilizado principalmente para el consumo pecuario, un aumento en el ingreso de los consumidores provocara mayor demanda de productos de origen pecuario, por lo tanto, se esperaría que la demanda de maíz amarillo aumente, (Ibíd., 2001).

La cantidad demandada de maíz amarillo está relacionada directamente con el ingreso per cápita y con la cantidad demandada de maíz con un año de rezago.

La relación funcional es la siguiente:

$$QDMA_t = f_2 (PMMBR_t, INGR_t, QDMAR_{t-1})$$

Donde:

$QDMA_t$: es la cantidad demandada de maíz amarillo, en toneladas.

$PMMBR_t$: es el precio al mayoreo de maíz blanco real, en \$ por tonelada, utilizándolo como proxy del precio al mayoreo de maíz amarillo.

$INGPR_t$: es el ingreso real per cápita, en pesos.

$QDMA_{t-1}$: es la cantidad demandada de maíz amarillo, con un año de rezago, en toneladas.

1.4.1.3. Relación funcional del precio medio rural de maíz

El precio medio rural de maíz blanco ($PMRMBR_t$) está en función del precio al mayoreo de maíz ($PMMBR_t$) y del margen de comercialización este se estimó mediante la diferencia entre el precio al mayoreo y el precio medio rural, se espera una relación directa, por lo tanto se establece la siguiente relación funcional:

$$PMRMBR_t = f_3 (PMMBR_t, MC_t)$$

Donde:

$PMRMBR_t$: es el precio medio rural del maíz blanco real, en \$ por toneladas, utilizándolo como proxy del precio medio rural de maíz amarillo.

$PMMBR_t$: es el precio al mayoreo de maíz blanco real, en \$ por tonelada, utilizándolo como proxy del precio al mayoreo de maíz amarillo.

MC_t : es el margen de comercialización, en \$ por toneladas.

1.4.1.4. Relación funcional del precio al mayoreo de maíz

Los mayoristas conocen el comportamiento del precio en el mercado para los períodos pasados y elaboran expectativas del precio esperado, definido como el precio corriente del período anterior; esto se conoce como expectativa ingenua (Caldentey y Gómez, 1993; citado en Castro Samano et al. 2019), expresado por el precio al mayoreo con un período de rezago $PMMR_{t-1}$.

El precio al mayoreo de maíz blanco ($PMMBR_t$) se define como una función del precio de importación de maíz amarillo ($PIMAR_t$) y el precio al mayoreo de maíz con un año de rezago ($PMMBR_{t-1}$), se espera una relación directa entre el precio al mayoreo en el año actual, con un año de rezago y el precio de importación. Por lo cual, se establece la relación funcional:

$$PMMBR_t = f_4 (PIMAR_t, PMMBR_{t-1})$$

Donde:

$PIMAR_t$: es el precio de importación de maíz amarillo real, en \$ por tonelada.

$PMMBR_{t-1}$: es el precio al mayoreo de maíz blanco real, con un año de rezago, en \$ por tonelada, utilizándolo como proxy del precio al mayoreo de maíz amarillo con un año de rezago.

1.4.1.5. Identidad del saldo de comercio exterior

La identidad del saldo de comercio exterior está compuesta por la cantidad demandada de maíz amarillo, menos la cantidad producida de maíz amarillo. La identidad representa la ecuación de cierre del modelo.

Si el saldo es positivo, indica que la demanda de maíz fue mayor que la cantidad producida de maíz, por lo tanto, se tiene que recurrir a las importaciones para cubrir la diferencia. Si el saldo es negativo, indica que la cantidad producida de maíz tuvo la capacidad de cubrir la demanda de maíz.

La identidad de cierre del modelo queda expresada de la siguiente manera:

$$SCEMA_t = QDMA_t - QPMA_t$$

Donde:

$SCEMA_t$: es el saldo de comercio exterior, en toneladas.

$QDMA_t$: es la cantidad demandada de maíz amarillo, en toneladas.

$QPMA_t$: es la cantidad producida de maíz amarillo, en toneladas.

1.4.2. El modelo econométrico

El modelo econométrico de acuerdo con Kmenta, 1977 consta de un conjunto de variables cuyos valores deben ser explicados (endógenas) por el modelo y otras variables que contribuyen a explicarlas (exógenas).

Una característica de los modelos de ecuaciones simultáneas es que la variable endógena en una ecuación puede aparecer como variable explicativa en otra ecuación del sistema. Como consecuencia, tal variable explicativa endógena se convierte en estocástica y suele estar correlacionada con el término de perturbación de la ecuación en la cual aparece como variable explicativa, (Gujarati y Porter, 2010).

Las variables endógenas cuyos valores se determinan dentro del modelo, es la que aparece del lado izquierdo del signo de la igualdad, también definida como: dependiente, explicada y regresada.

Las variables predeterminadas son las que se determinan fuera del modelo, aparecen del lado derecho, también definida como: exógenas, independiente, explicativa y regresora. Se clasifican en exógenas y endógenas rezagadas.

El modelo econométrico que se formula en el presente trabajo considera los siguientes supuestos.

1. La relación funcional entre las variables endógenas y exógenas es de tipo lineal.
2. Las variables endógenas son estocásticas, es decir aleatorias.
3. Las variables exógenas están determinadas fuera del modelo y tienen valores fijos.
4. La relación de saldo de comercio exterior del maíz es una identidad, lo que significa que no contiene perturbaciones estocásticas.
5. Los errores aleatorios son de tipo aditivo, se distribuye normalmente, con media cero, varianza finita y no están correlacionadas temporalmente.

Se formula el modelo econométrico en su forma estructural al agregar a las relaciones funcionales del modelo, los coeficientes estructurales (α) y los términos de error aleatorio (ϵ) de la siguiente forma:

$$QPMA_t = \alpha_{10} + \alpha_{11}PMRMBR_{t-1} + \alpha_{12}PMRSR_{t-1} + \alpha_{13}PUREAR_t + \alpha_{14}QPMA_{t-1} + \epsilon_{1t}$$

$$QDMA_t = \alpha_{20} + \alpha_{21}PMMBR_t + \alpha_{22}INGPR_t + \alpha_{23}QDMA_{t-1} + \epsilon_{2t}$$

$$PMRMBR_t = \alpha_{30} + \alpha_{31}PMMBR_t + \alpha_{32}MC_t + \epsilon_{3t}$$

$$PMMBR_t = \alpha_{40} + \alpha_{41}PIMAR_t + \alpha_{42}PMMBR_{t-1} + \epsilon_{4t}$$

$$SCEMA_t = QDMA_t - QPMA_t$$

El modelo queda de la siguiente manera despejando el error aleatorio:

$$QPMA_t - \alpha_{10} - \alpha_{11}PMRMBR_{t-1} - \alpha_{12}PMRSR_{t-1} - \alpha_{13}PUREAR_t - \alpha_{14}QPMA_{t-1} = \epsilon_{1t}$$

$$QDMA_t - \alpha_{20} - \alpha_{21}PMMBR_t - \alpha_{22}INGPR_t - \alpha_{23}QDMA_{t-1} = \epsilon_{2t}$$

$$PMRMBR_t - \alpha_{30} - \alpha_{31}PMMBR_t - \alpha_{32}MC_t = \varepsilon_{3t}$$

$$PMMBR_t - \alpha_{40} - \alpha_{41}PIMAR_t - \alpha_{42}PMMBR_{t-1} = \varepsilon_{4t}$$

$$SCEMA_t - QDMA_t + QPMA_t = 0$$

El modelo se puede expresar de forma matricial de la siguiente manera:

$$\Gamma Y_t + \beta X_t = E_t$$

Donde:

Y_t : es el vector de variables endógenas o dependientes del modelo.

X_t : es el vector de variables exógenas del modelo, más la ordenada al origen.

Γ : es la matriz de parámetros estructurales asociados a las variables endógenas.

β : es la matriz de parámetros estructurales asociados a las variables exógenas.

E_t : son los términos de errores aleatorios.

Los vectores Y_t y E_t son de orden $m \times 1$, donde m es el número de variables endógenas del modelo, Γ es una matriz cuadrada de $m \times m$, a su vez, β es una matriz de $k+1 \times m$, donde k es el número de variables exógenas y endógenas rezagadas del modelo más la ordenada al origen; en general, k puede o no ser igual a m . Para que el sistema esté completo, debe existir la inversa de Γ , es decir, Γ debe ser una matriz no singular de orden m , para derivar el modelo reducido del sistema de la siguiente manera:

$$Y_t = \Pi X_t + V_t$$

Donde:

Π es igual a $-\Gamma^{-1}\beta$ y es la matriz de parámetros de la forma reducida.

V_t es igual a $\Gamma^{-1}E_t$ es la matriz de los términos de error en la forma reducida.

1.4.2.1. Identificación del modelo econométrico

En principio es posible recurrir a las ecuaciones en forma reducida para determinar la identificación de una ecuación en un sistema de ecuaciones simultáneas. Por fortuna, se puede utilizar las llamadas condiciones de orden y de rango para la identificación, (Gujarati y Porter, 2010: 699).

Para entender estas condiciones, se introduce la siguiente notación:

M : número de variables endógenas en el modelo.

m : número de variables endógenas en una ecuación.

K : número de variables predeterminadas en el modelo, incluyendo el intercepto.

k : número de variables predeterminadas en una ecuación dada.

Condición de orden para la identificación

Para que una ecuación esté identificada debe excluir al menos $M-1$ variables (endógenas y predeterminadas) que aparecen en el modelo. Si excluye exactamente $M-1$ variables, la ecuación está exactamente identificada. Si excluye más de $M-1$ variables, estará sobreidentificada.

Condición de rango para la identificación

En un modelo que contiene M ecuaciones en M variables endógenas, una ecuación está identificada si y solo si puede construirse por lo menos un determinante diferente de cero de orden $(M-1)$ a partir de los coeficientes de las variables (endógenas y predeterminadas) excluidas de esa ecuación en particular, pero incluidas en otras ecuaciones del modelo

Las condiciones de orden y de rango, tienen los siguientes principios generales de identificación de una ecuación estructural en un sistema de M ecuaciones simultáneas:

1. Si $K-k > m-1$ y el rango de la matriz A es $M-1$, la ecuación está sobreidentificada.
2. Si $K-k = m-1$ y el rango de la matriz A es $M-1$, la ecuación está exactamente identificada.

3. Si $K-k \geq m-1$ y el rango de la matriz A es menor que $M-1$, la ecuación está subidentificada.
4. Si $K-k < m-1$, la ecuación estructural no está identificada, el rango de la matriz A debe ser menor que $M-1$.

De acuerdo a lo anterior se especifica la identificación del modelo como se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Identificación del sistema de ecuaciones

Ecuación	(K-k)	(m-1)	Resultado	Identificación
Ecuación QPMA	10-4=6	1-1=0	6>0	Sobreidentificada
Ecuación QDMA	10-2=8	2-1=1	8>1	Sobreidentificada
Ecuación PMRMBR	10-1=9	2-1=1	9>1	Sobreidentificada
Ecuación PMMBR	10-2=8	1-1=0	8>0	Sobreidentificada
Identidad SCEMA	10-0=10	3-1=2	10>2	Sobreidentificada

Fuente: Elaboración propia.

1.4.2.2. Prueba de raíz unitaria a las variables del modelo econométrico

La prueba de estacionariedad o no estacionariedad se conoce como prueba de raíz unitaria. Si las variables no son estacionarias, se aplican primeras diferencias y segundas diferencias, ya que se busca estacionalidad en las variables. Ya que si se trabaja con variables no estacionarias es posible que exista una regresión espuria, (Gujarati y Porter, 2010; Montero, 2013).

Se realizó la prueba de raíz unitaria a cada una de las variables que se utilizó en el modelo, las pruebas indican que dichas variables son integradas de orden uno y se denota como $I(1)$, es decir, es no estacionaria, entonces se tiene que aplicar las diferencias para que sean estacionarias y se denota como $I(0)$. En el cuadro 2 se presentan los resultados de la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (DFA).

Cuadro 2. Prueba de raíz unitaria a las variables del modelo de maíz amarillo

Variable	Especificación de la ecuación de prueba	Pr > F DFA (H0: tiene raíz unitaria)	Orden de integración
d_QPMA	tendencia	0.0106	I(0)
d_PMRMBRL	tendencia	0.0452	I(0)
d_PMRSL	tendencia	0.037	I(0)
d_PUREAR	tendencia	0.001	I(0)
d_d_QPMAL	tendencia	0.001	I(0)
d_QDMA	tendencia	0.0097	I(0)
d_PMMBR	tendencia	0.001	I(0)
d_INGR	tendencia	0.0429	I(0)
d_QDMAL	tendencia	0.0068	I(0)
d_PMRMBR	tendencia	0.0175	I(0)
d_MC	tendencia	0.001	I(0)
d_PIMAR	tendencia	0.001	I(0)
d_PMMBRL	tendencia	0.001	I(0)
d_SCEMA	tendencia	0.001	I(0)

H₀: la serie de datos no es estacionaria (tiene raíz unitaria)

H_a: la serie de datos es estacionaria (no tiene raíz unitaria)

Nivel de significancia: 5% (0.050)

Fuente: Elaboración propia.

1.4.2.3. El método de estimación del modelo

De acuerdo al modelo propuesto los valores de los parámetros serán estimados por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), este método consiste en aplicar mínimos cuadrados ordinarios (MCO) dos veces, debido a que las variables endógenas aparecen como variables explicativas en algunas ecuaciones y están correlacionadas con el término de error, el objetivo de este método es eliminar las perturbaciones estocásticas sobre las variables endógenas explicativas, (García et al., 2003).

1.4.2.4. Cálculo de elasticidad

La fórmula utilizada para calcular la elasticidad es la siguiente:

$$\begin{aligned}\epsilon_{PMRMBRt-1}^{QPMA} &= \frac{\frac{\Delta QPMA}{QPMA}}{\frac{\Delta PMRMBR}{PMRMBR}} = \frac{\Delta QPMA}{\Delta PMRMBR} * \left(\frac{PMRMBR}{QPMA} \right) \\ &= \frac{\partial QPMA}{\partial PMRMBR} * \left(\frac{PMRMBR}{QPMA} \right) = \alpha * \left(\frac{PMRMBR}{QPMA} \right)\end{aligned}$$

Donde: $\epsilon_{PMRMBRt-1}^{QPMA}$ es la elasticidad precio de la oferta; α es el valor del coeficiente estimado por el modelo que relaciona a la cantidad producida con respecto al precio (pendiente) y $\left(\frac{PMRMBR}{QPMA} \right)$ son los valores medios de cada una de las variables. Para calcular las demás elasticidades se usaron sus respectivos coeficientes y valores medios.

1.5. Revisión de literatura

Existen varios estudios sobre el mercado de maíz grano, sin embargo algunos autores solo abordan la oferta y otros solo la demanda. En esta investigación se trabajó la oferta y demanda del maíz amarillo, existen pocas investigaciones que se refieran específicamente a este tipo de maíz.

Guzmán-Soria *et al.*, (2011), realizaron un estudio sobre la oferta de maíz grano en Guanajuato, para un periodo de 1980 a 2009. Estimaron un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas compuesto por dos ecuaciones de oferta, tres de transmisión de precios y una identidad. Los resultados indican que la oferta de maíz grano en el estado responde inelásticamente ante cambios en el precio medio rural del maíz producido bajo riego y de manera elástica en temporal, con elasticidades precio propias de 0.8531 y 1.0604. La elasticidad precio cruzada respecto al precio del plaguicida y de la mano de obra fue de -0.6154 y -0.5470. El bien competitivo que más impacto fue el frijol con elasticidades precio cruzada de -0.5489 producido bajo riego y -1.0292 en temporal y el sorgo con -0.2090 bajo riego y -0.2553 en temporal. La elasticidad de transmisión de precios al mayoreo sobre el precio al productor de maíz

en riego y temporal fue de 0.7852 y 0.8024. Por último la elasticidad de transmisión de precio de importación sobre el precio al mayoreo fue de 0.1324.

Guzmán *et al.*, (2012), realizaron un estudio sobre los determinantes de la oferta de maíz grano en México. El objetivo fue determinar y analizar los factores que afectan la oferta de maíz grano en México. Se usó un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas, conformado por dos ecuaciones de oferta, tres de transmisión de precios y una identidad, el periodo de estudio fue de 1980 a 2010. Los resultados indican que la oferta de maíz grano responde de manera inelástica ante cambios en el precio medio rural producido bajo riego y temporal con elasticidades precio propias de 0.3025 y 0.2282. Los cambios en el bien competitivo como el sorgo, con una elasticidad precio cruzada de -0.2898 si es producido bajo riego y -0.1531 en temporal. La elasticidad precio del fertilizante fue de -0.0469. La elasticidad de transmisión de precios al mayoreo sobre el precio al productor de maíz en riego y temporal fue de 0.6449 y 0.6175. Por último la elasticidad de transmisión de precio de importación sobre el precio al mayoreo fue de 0.2360.

Molina-Gómez *et al.*, (2012), para medir los efectos del PROCAMPO sobre la producción e importaciones de maíz y sorgo, estimaron dos funciones de oferta usando series de 1980 a 2009 y se construyó un sistema de ecuaciones de 2007 a 2009. Los resultados indican que el maíz y sorgo tienen una respuesta inelástica ante el pago de PROCAMPO con elasticidades de 0.24 y 0.22, respectivamente. Respecto al maíz, la elasticidad precio de la oferta fue de 0.24, y la elasticidad precio cruzada del sorgo y del fertilizante fue de -0.23 y -0.03, respectivamente.

Figuroa Hernández *et al.* (2014), elaboraron un modelo de regresión lineal múltiple sobre la demanda de maíz en México de 1980 a 2010. El objetivo fue analizar los factores que determinan la demanda de maíz grano. La hipótesis planteada fue que existe una relación inversa entre el precio medio rural de maíz y la cantidad demandada; el aumento del precio internacional del maíz provocara que la cantidad demandada en México disminuya y la elasticidad precio de la demanda de maíz es inelástica. Los resultados de esta investigación indican que la demanda depende negativamente del precio internacional del maíz, de las exportaciones y la población.

Depende positivamente de las importaciones y del producto interno bruto. Es importante resaltar que el precio medio rural tuvo un coeficiente positivo contrario a la teoría económica. La elasticidad precio de la demanda encontrada fue de -0.052.

Vázquez y Martínez (2015), realizaron una estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. Las elasticidades son indicadores del comportamiento de productores y compradores ante cambios en los precios de productos. En México se utiliza poco este indicador ante la creencia de que las elasticidades sólo se pueden calcular mediante técnicas econométricas complejas. El objetivo de este trabajo fue demostrar que a través de un método sencillo se puede obtener elasticidades confiables mediante regresión múltiple para lo cual se utilizó funciones lineales, doble logarítmica o semi-logarítmica según fuera el caso. Para el maíz grano, la estimación de la elasticidad precio de la oferta y la demanda en ambos casos se utilizó la función lineal, el resultado fue de 0.1477 y -5.8038, respectivamente.

García (2018), realizó el trabajo de investigación sobre la demanda de maíz con la finalidad de analizar los principales factores de la demanda de este grano y mediante elasticidades cuantificar los efectos de cada variable sobre la cantidad demandada. Elaboro tres modelos de regresión lineal múltiple, el primer modelo es para maíz grano en un periodo de 1970 a 2015, el segundo es para maíz blanco y tercer modelo para maíz amarillo en un periodo de 1990 a 2015.

De acuerdo a esta investigación los factores determinantes de la demanda de maíz grano son: el precio de maíz al mayoreo, el ingreso nacional disponible per cápita, precio del trigo al mayoreo, precio del sorgo al mayoreo y la población avícola. Para el maíz blanco: el precio del maíz blanco al mayoreo, el ingreso nacional disponible per cápita, el precio del maíz amarillo al mayoreo y el precio del frijol al mayoreo. Mientras que para el maíz amarillo: el precio del maíz amarillo al mayoreo, el ingreso nacional disponible per cápita y el precio de la soya al mayoreo. Encontró los siguientes coeficientes de elasticidad precio propia para maíz grano de -0.23, maíz blanco de -0.62 y maíz amarillo de -1.21 y la elasticidad ingreso de 0.24, 0.48 y 1.48, respectivamente.

Bautista *et al.*, (2019), con la finalidad de medir como afecta el PROAGRO y el TLCAN sobre el mercado de maíz en una región de autoconsumo: el caso de la huasteca hidalguense y determinar el efecto de las variables económicas que explican el comportamiento de la oferta y demanda de maíz en esta región, se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas conformado por una ecuación de oferta, una de demanda, dos de transmisión de precios y una identidad de saldo, se usaron series de tiempo de 1994 a 2017. Los resultados indican que el Proagro incentiva la producción en dicha región y se recomienda continuar con este subsidio incluso aumentarlo, mientras los efectos del TLCAN resultaron muy reducidos porque la región produce maíz para autoconsumo. La elasticidad precio de la oferta fue de 0.10; la elasticidad precio cruzada del fertilizante fue de -0.20; la elasticidad precio de la demanda fue de -0.20; la elasticidad ingreso de 0.40.

Hernández (2007), en su trabajo de investigación abordó el efecto que tiene las importaciones de granos básicos en los precios internos de México, utilizando para ello un sistema inverso de demanda casi ideal, como resultado se obtiene flexibilidades menores que 1 en valor absoluto lo cual significa que los precios son inflexibles al cambio en las cantidades importadas y en general consumidas. Encontró las siguientes elasticidades precio de la demanda; para el maíz -0.76, trigo -0.41, arroz -0.14, sorgo -0.51 y frijol -0.12, esto es, los cambios en los precios tienen efectos menos que proporcionales en las cantidades demandadas para los granos estudiados. Respecto a la elasticidad ingreso para el maíz fue de 1.03, trigo 0.90, arroz 0.67, sorgo 1.38 y frijol 0.48.

Cruz y García (2014), realizaron un estudio sobre el mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. Para cuantificar el efecto sobre el mercado mexicano de carne de bovino de sus principales variables determinantes, diseñaron un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas. Los resultados que llegaron es una oferta inelástica a los cambios del precio al productor y una demanda elástica al precio al consumidor y el precio de importación de carne y granos que inciden sobre la oferta, demanda y saldo de comercio exterior. Para cuantificar el efecto de los precios de importación de maíz sobre el mercado de bovino en México, los resultados indican que

los precios de importación tiene una influencia directa sobre su precio al mayoreo con una elasticidad de 0.70.

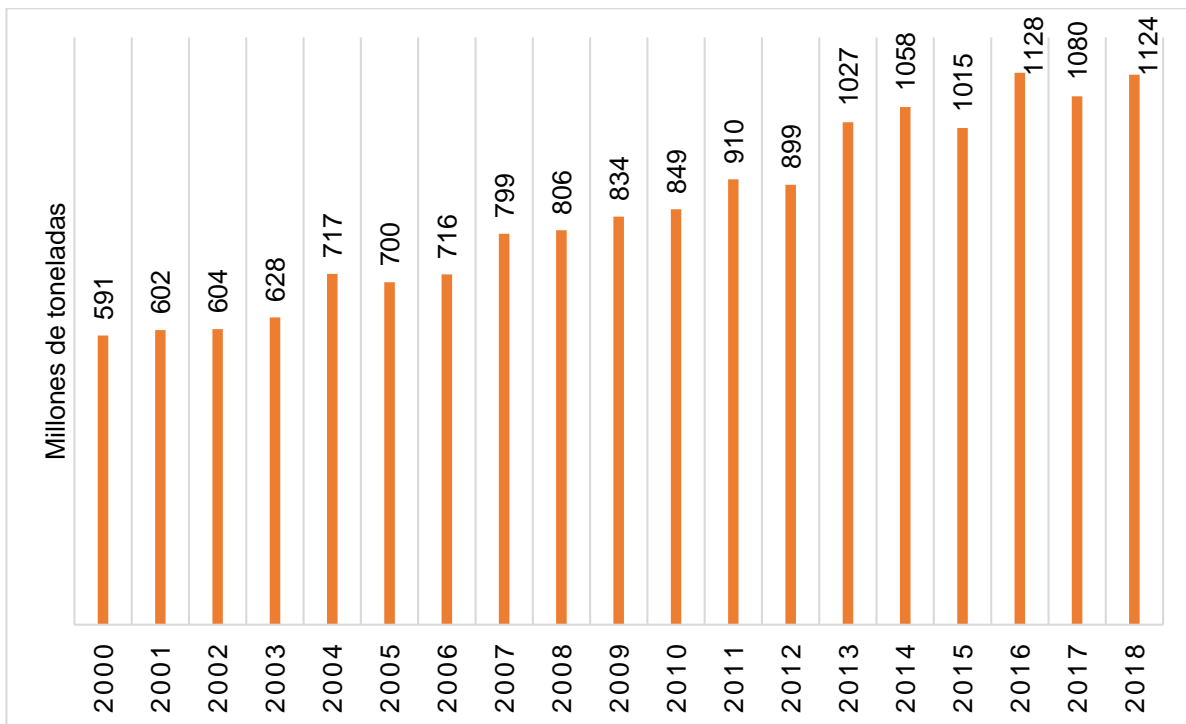
Castro Samano *et al.* (2019), estudiaron el mercado de la carne de bovino en México, considerando los factores externos. Por tanto de 1980 a 2014, se analizó el efecto de las importaciones de maíz y sorgo, mediante un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas. Los resultados indican que la transmisión de los precios reales de importación de maíz y de sorgo sobre los de mayoreo interno de ambos resultaron inelásticos, esto fueron de 0.4317 para maíz y de 0.2271 para sorgo.

CAPITULO II. SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO DE MAÍZ AMARILLO

2.1. Panorama internacional

2.1.1. Producción mundial del maíz amarillo

La producción mundial de maíz amarillo de 2000 a 2018 presenta una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 3.6%, pasando de 591 a 1,124 millones de toneladas, fue la segunda más alta de la historia, debido a un buen rendimiento promedio, que registró un crecimiento anual de 4.4%, al ubicarse en 5.9 toneladas por hectárea, mientras que la superficie cosechada se redujo 0.3 por ciento. En los últimos diez años el rendimiento promedio y superficie cosechada crecieron a tasas promedio anuales de 1.2 y 2.1 por ciento, respectivamente (FIRA, 2019).



Gráfica 2. Producción mundial de maíz, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

En 2018, los principales países productores concentraron 74.6% de la producción mundial: Estados Unidos (32.4%), China (22.9%), Brasil (8.9%), Unión Europea (5.7%) y Argentina (4.5%). Se destaca el crecimiento de la producción en Argentina, debido a la superficie sembrada y buenas condiciones climáticas y Brasil, por los buenos precios del grano y condiciones climáticas favorables, en ambos, la producción se ubicó en niveles máximos históricos. Por el contrario la producción en Estados Unidos decreció por la reducción de la superficie cosechada y en los rendimientos promedios y en China debido a la reducción en el área cosechada (FIRA, 2019).

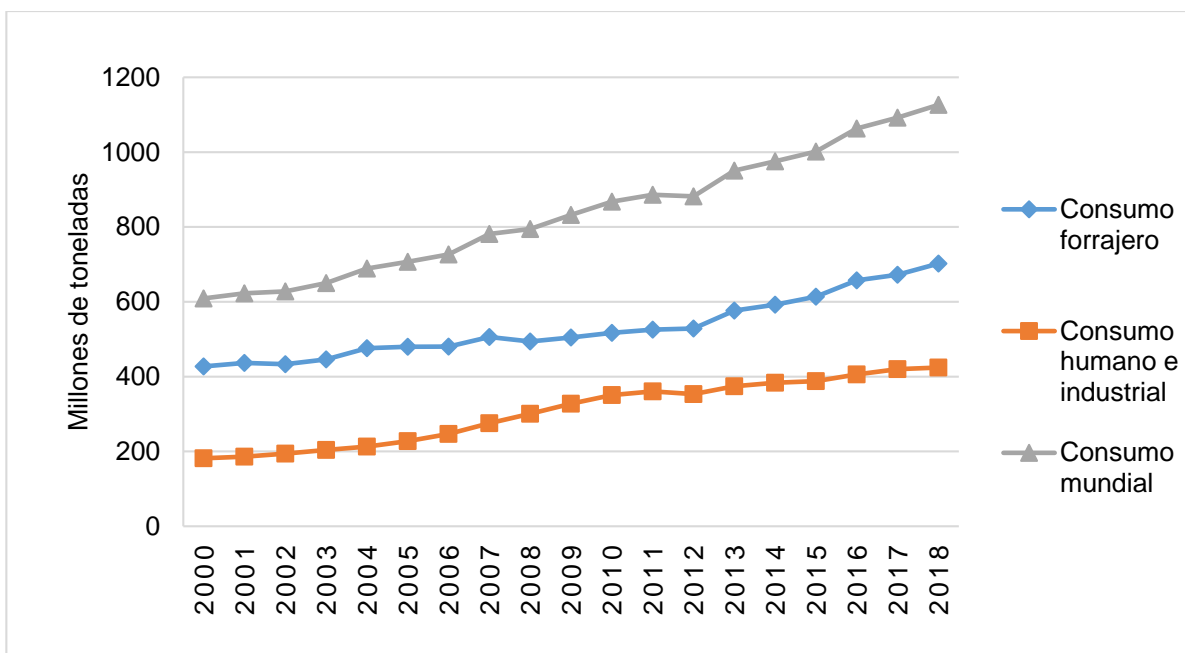
Cuadro 3. Principales países productores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018

Países	2014	2015	2016	2017	2018	TCPA
Estados Unidos	361,136	345,506	384,778	371,096	364,262	0.22
China	249,764	264,992	263,613	259,071	257,330	0.75
Brasil	85,000	67,000	98,500	82,000	101,000	4.41
U. Europea	75,734	58,748	61,884	62,007	64,362	-3.99
Argentina	29,750	29,500	41,000	32,000	51,000	14.42
Resto de países	256,390	249,356	278,065	273,915	285,694	2.74

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

2.1.2. Consumo

El consumo mundial de maíz creció de 2000 a 2018 a una tasa de crecimiento promedio anual de 3.5%, de acuerdo a su uso, el consumo forrajero creció a una tasa promedio anual de 2.8% y el consumo humano e industrial a una tasa de 4.8%. En 2018, el consumo mundial se ubicó en un máximo histórico de 1,126 millones de toneladas, el consumo forrajero de 702 millones de toneladas y consumo humano e industrial de 424 millones de toneladas equivalentes al 62.4% y 37.6% del consumo total, respectivamente.



Gráfica 3. Consumo mundial de maíz, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

En 2018, el consumo mundial se concentró en dos países: Estados Unidos (27.6%) y China (24.3%). También destacan la Unión Europea (7.8%), Brasil (5.9%) y México (3.9%). Cabe destacar que el consumo de maíz en esos países registró niveles máximos históricos, excepto Estados Unidos.

Cuadro 4. Principales países consumidores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018

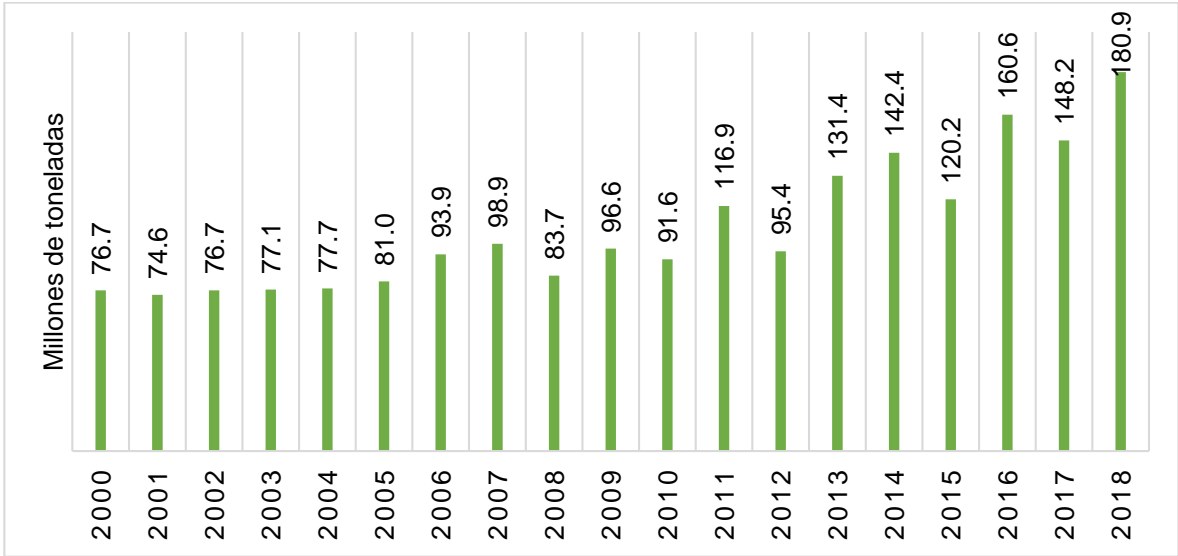
Países	2014	2015	2016	2017	2018	TCPA
Estados Unidos	301,837	298,845	313,828	313,981	310,472	0.71
China	206,000	229,000	255,000	263,000	274,000	7.39
U. Europea	77,880	73,500	74,000	76,500	88,000	3.10
Brasil	57,000	57,500	60,500	63,500	67,000	4.12
México	34,550	37,300	40,400	42,500	44,100	6.29
India	22,350	23,550	24,900	26,700	28,500	6.27
Resto de países	275,898	281,962	294,250	305,962	314,271	3.31

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

Los mayores crecimientos en el uso del grano en 2018 se registraron en la Unión Europea (15.0%), India (6.7%) y China (4.2%). En México, el consumo creció 3.8%, motivado principalmente por mayor uso para la alimentación animal, debido a que la avicultura sigue siendo el principal usuario del grano. En Brasil, el consumo creció 5.5%; la producción de etanol a partir del maíz y el aumento del uso para forraje derivado de las crecientes exportaciones de carne a China ha motivado el crecimiento del consumo (FIRA, 2019).

2.1.3. Exportaciones

La exportación mundial de maíz se ubicó en su máximo nivel en 2018, con 180.9 millones de toneladas, es decir, la TCPA fue de 22%, como resultado de una alta disponibilidad de grano a nivel mundial.



Gráfica 4. Exportaciones mundiales de maíz, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

En 2018, las exportaciones totales se concentraron en cuatro países: Estados Unidos (29%), Brasil (22%), Argentina (20.6%) y Ucrania (16.8%). Como resultado de las cosechas récord, las exportaciones de Brasil, Argentina y Ucrania cerraron en su nivel más alto de la historia, al registrar TCPA de 64.5, 65.7 y 68.1 %, respectivamente. Por su parte, las exportaciones de Estados Unidos se redujeron 15.3% anual, después de

haber alcanzado su nivel máximo histórico en 2017. Las exportaciones de Estados Unidos, Brasil, Argentina y Ucrania representaron 14.4, 39.4, 73 y 84.7 % de su producción total de 2018, respectivamente.

Cuadro 5. Principales países exportadores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018

Países	2014	2015	2016	2017	2018	TCPA
Estados Unidos	47,421	48,228	58,270	61,916	52,457	2.56
Brasil	34,461	13,996	31,604	24,154	39,749	3.63
Argentina	18,963	21,653	25,986	22,473	37,244	18.38
Ucrania	19,661	16,595	21,334	18,036	30,321	11.44
Resto de países	21,885	19,678	23,373	21,659	21,119	-0.89

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

2.1.4. Importaciones

Las importaciones mundiales de maíz amarillo en 2014 a 2018, la TCPA fue de 6.8%, pasando de 125.1 a 162.9 millones de toneladas.



Gráfica 5. Importaciones mundiales de maíz, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

Las importaciones de maíz en 2018, la concentraron cinco países: la Unión Europea (15.4%), México (10.2%), Japón (9.8%), Corea del Sur (6.7%) y Vietnam (6.3%) de la importación total de ese año.

Cuadro 6. Principales países importadores de maíz amarillo en miles de toneladas, 2014-2018

Países	2014	2015	2016	2017	2018	TCPA
U. Europea	8,908	14,008	14,973	18,465	25,209	29.70
México	11,341	13,957	14,614	16,129	16,658	10.09
Japón	14,657	15,204	15,169	15,668	16,047	2.29
Corea del Sur	10,168	10,121	9,220	10,018	10,856	1.65
Vietnam	5,000	8,000	8,100	8,600	10,200	19.51
Resto de países	75,042	77,932	73,501	81,050	83,960	2.85

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2020.

2.1.5. Precios

El precio de referencia del maíz en el mercado internacional es el del contrato de maíz amarillo No. 2 FOB (free-on-board) puesto en el Golfo, que cotiza en la bolsa de valores de Chicago (Chicago Mercantile Exchange). Entre 2012 y 2017, los precios registraron tendencia a la baja, al pasar de un promedio anual de 296.6 a 154.0 dólares por tonelada. En 2018 los precios comenzaron a recuperarse y se ubicaron en un promedio de 163.3 dólares por tonelada, es decir, 6.0 por ciento mayor que en el año previo. Los futuros de maíz amarillo con vencimiento en diciembre de 2019 y marzo y mayo de 2020 se ubican en niveles similares a los mínimos registrados a finales de 2016 y principios de 2017, es decir, en niveles inferiores al promedio observado durante los primeros nueve meses de 2019. Lo anterior parece reflejar las expectativas de suficiente disponibilidad de grano en el corto y mediano plazo (FIRA, 2019).

2.2. Panorama nacional

2.2.1. Producción

La producción de maíz amarillo en México, en el periodo de estudio ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de 16.37%. La producción pasó de 228,289.50 a 3, 500,221.9 toneladas. Durante ese mismo periodo la TCPA de la superficie sembrada y cosechada fue de 18.43% y 18.35% respectivamente. El aumento en la producción nacional también se debe al rendimiento.

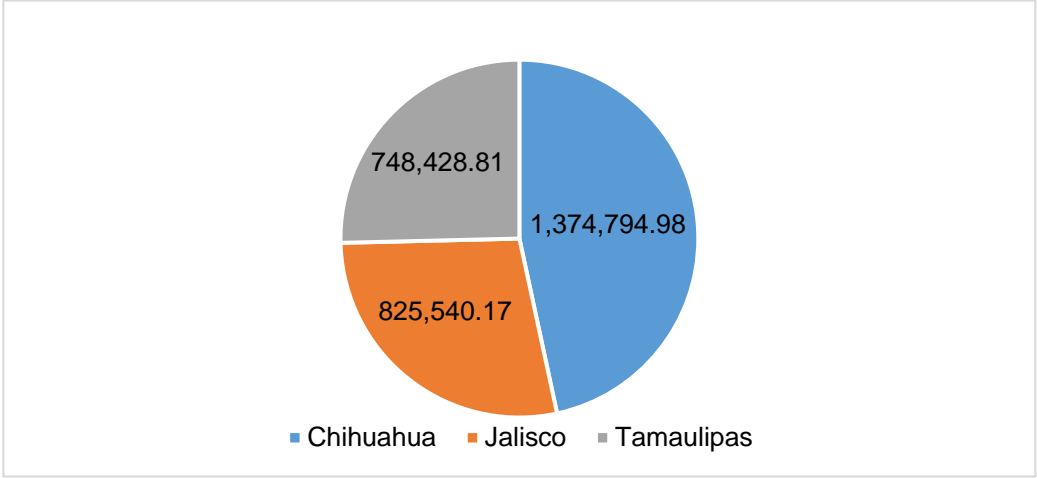
Cuadro 7. Contexto nacional de maíz amarillo

Año	Producción (t)	Superficie		Rendimiento (ton/ha)	Precio medio rural nominal (\$/ton)
		Sembrada (ha)	Cosechada (ha)		
2000	228,289.5	28,551.0	28,551.0	8.0	1088.4
2001	366,294.4	84,067.3	83,315.3	4.4	1285.0
2002	726,590.6	257,019.5	223,685.6	3.3	1478.9
2003	631,548.0	182,697.7	176,595.2	3.6	1465.4
2004	1,061,330.3	276,536.7	258,627.3	4.1	1544.8
2005	1,330,127.7	402,448.7	364,075.3	3.7	1400.1
2006	1,718,291.9	431,848.6	425,684.9	4.0	1876.7
2007	1,574,675.1	387,191.9	377,844.6	4.2	2100.2
2008	1,573,914.8	371,101.5	350,195.5	4.5	2856.7
2009	1,713,432.1	360,487.1	347,591.9	4.9	2482.9
2010	2,018,369.9	398,970.6	385,818.3	5.2	2587.7
2011	1,692,409.7	383,994.4	345,027.2	4.9	3877.0
2012	1,765,571.0	344,686.2	341,478.1	5.2	3765.6
2013	2,230,190.1	376,497.2	375,447.1	5.9	3058.2
2014	2,422,715.1	411,701.0	395,017.7	6.1	2751.7
2015	3,368,614.0	602,700.9	583,843.3	5.8	3234.7
2016	3,555,006.0	625,180.3	621,855.2	5.7	3349.3
2017	3,111,339.3	565,204.0	560,649.5	5.6	3417.4
2018	3,500,221.9	599,734.1	593,275.8	5.9	3648.7

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON, 2020.

El cultivo de maíz amarillo se encuentra prácticamente en todos los estados del país aunque la producción se concentra en los estados de Chihuahua, Jalisco y

Tamaulipas, produciendo 2, 948,763.96 toneladas que representa el 84% de la producción total nacional (SIACON, 2020).



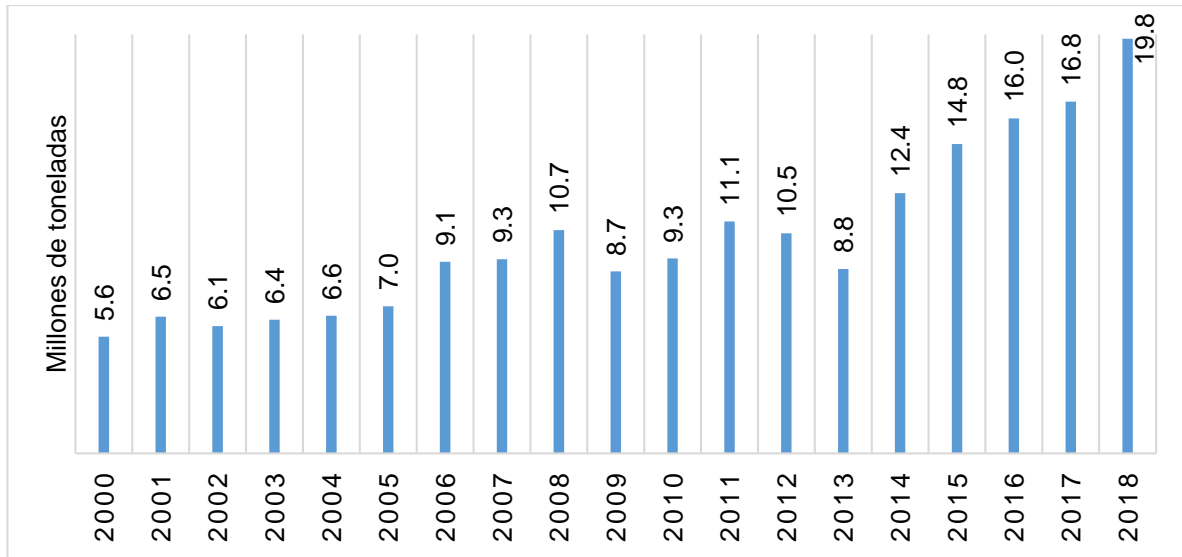
Gráfica 6. Principales estados productores de maíz amarillo en 2018

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON, 2020.

El liderazgo que tiene el estado de Chihuahua en la producción de maíz amarillo se debe a la extensa superficie sembrada, 144,939 hectáreas representando el 24% del total nacional y sin duda a su alto rendimiento 9.49 toneladas por hectárea es mayor al promedio nacional 4.95 toneladas por hectárea en el 2018, le sigue Jalisco con una superficie sembrada de 122,856 hectáreas (21%) y Tamaulipas 121,078 hectáreas (20%). Los estados con mayor rendimiento son Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Baja California, Jalisco y Tamaulipas superando al promedio nacional, 10.49, 9.49, 9.28, 8.50, 6.72 y 6.30 toneladas por hectárea, respectivamente (SIACON, 2020).

2.2.2. Consumo

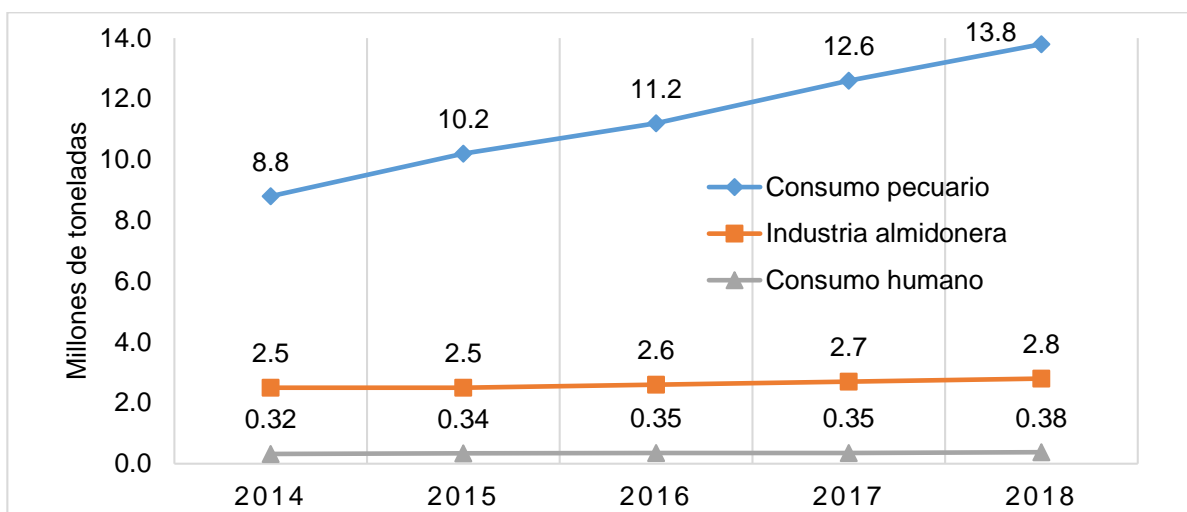
El consumo nacional aparente de maíz amarillo (producción más importaciones, menos exportaciones), muestra una tendencia creciente. Del 2014 al 2018 creció a una tasa promedio anual de 12.34%.



Gráfica 7. Consumo aparente de maíz amarillo en México, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON y FAOSTAT, 2020.

El maíz amarillo es utilizado principalmente para el consumo pecuario 76% de la demanda total de los últimos cinco años (2014-2018) y creció a una tasa promedio anual de 12%. El segundo uso en importancia es para la industria almidonera 18% y tiene una tasa promedio anual constante, mientras que el consumo humano es de solo 2.3%.

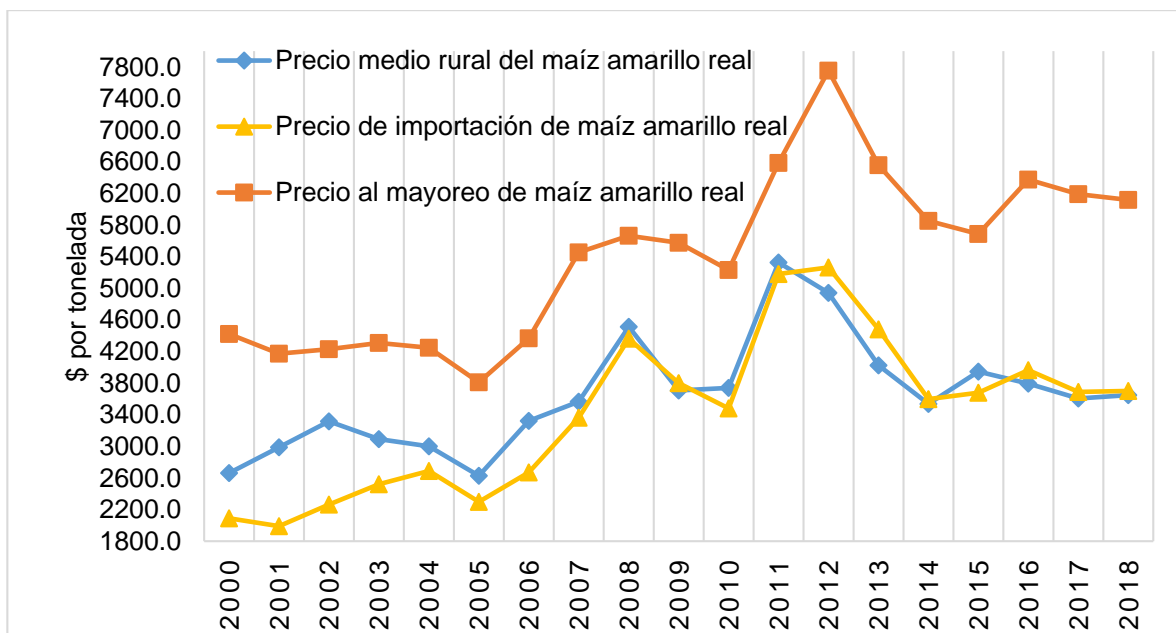


Gráfica 8. Demanda de maíz amarillo, 2014-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2020.

2.2.3. Precios

El precio del maíz en el mercado nacional es influenciado por el mercado, la oferta y la demanda, pero también, por los precios internacionales (FIRA, 2019).

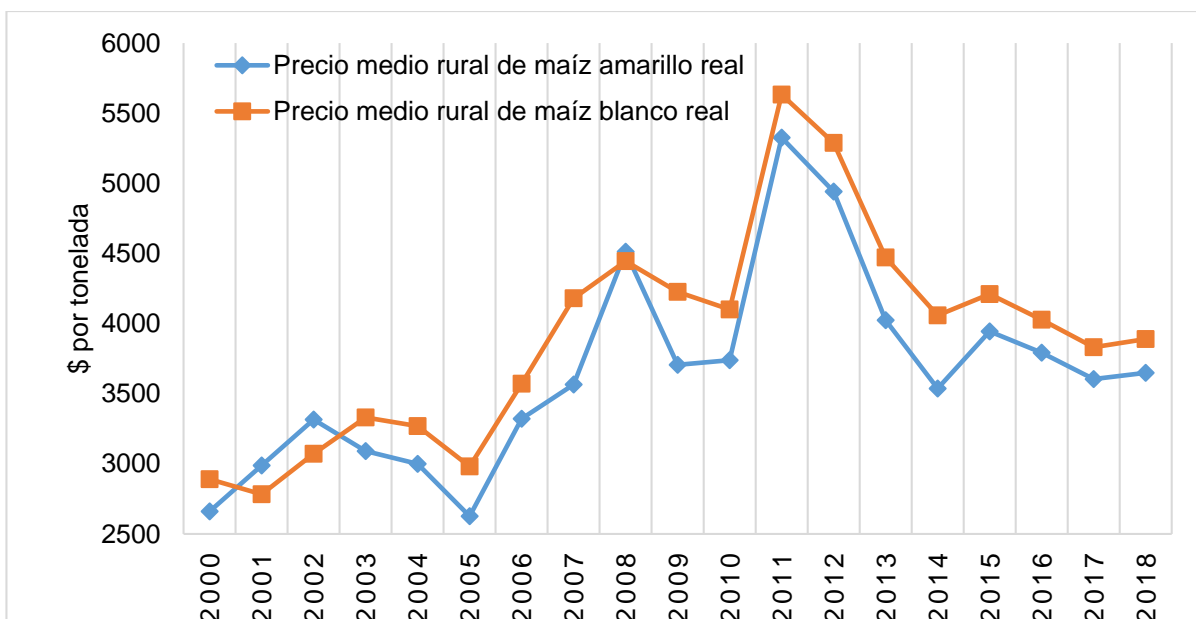


Gráfica 9. Precios reales del maíz amarillo, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON, SNIIM y FAOSTAT, 2020.

El precio al mayoreo de maíz amarillo real durante el periodo de estudio pasó de 4,421.8 a 6,118.3 pesos por tonelada, el precio medio rural 2,661.1 a 3,648.7 pesos por tonelada y el precio de importación de maíz amarillo 2,089.6 a 3,701.1 pesos por tonelada presentando una TCPA de 1.82%, 1.77% y 3.23%, respectivamente.

El precio real al productor del maíz amarillo durante el año agrícola 2018 fue de 3,649 pesos, mientras que el maíz blanco en el mismo periodo fue de 3,890 pesos, como se puede observar ambos precios tienen un comportamiento similar.



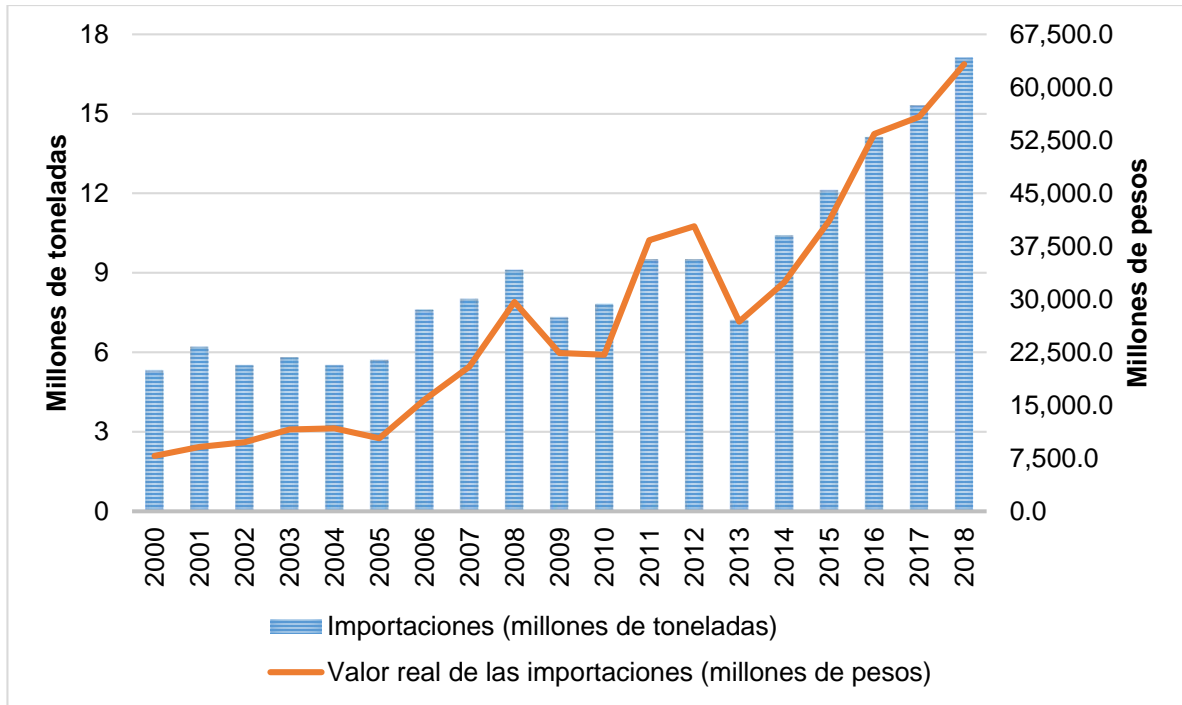
Gráfica 10. Precio medio rural del maíz amarillo vs maíz blanco

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON, 2020.

2.2.4. Importaciones

La balanza comercial mexicana de maíz es deficitaria. Entre 2009 a 2018, las importaciones netas crecieron a una tasa promedio anual de 10 por ciento, al pasar de 7.3 a 17.1 millones de toneladas, por lo que se ubicaron en un nivel máximo histórico.

Estados Unidos ha sido el principal proveedor de maíz amarillo de nuestro país. Entre 2009 y 2018, 96.4 por ciento de las importaciones de maíz provinieron de esa nación (FIRA, 2019; FAOSTAT, 2020).



Gráfica 11. Comercio exterior de maíz amarillo, 2000-2018

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2020.

La entrada de maíz amarillo a México es a través de puertos y fronteras: Mexicali, Nogales, Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Tampico, Veracruz, Progreso, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo (García-Salazar, J. A. et al, 2011).

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

En este apartado se revisan los principios y conceptos de la demanda y oferta también llamada teoría del consumidor y de la empresa, respectivamente. Los conceptos son de importancia porque ayudan a comprender el funcionamiento de la demanda, oferta y formación de precios en un mercado. Adicionalmente, se consideran estos principios para dar soporte teórico al modelo que se plantea en el presente trabajo de investigación.

3.1. La teoría de la demanda

La teoría de la demanda básicamente se centra en el estudio microeconómico del consumidor como agente de un mercado, es decir, el consumidor debe satisfacer necesidades primordiales, por ejemplo alimento y vivienda y lo debe hacer con un recurso escaso que es el presupuesto con el que cuenta, por lo tanto se encuentra en la encrucijada de elegir óptimamente entre bienes y servicios que estén a su alcance, esto depende de su ingreso principalmente (Tomek y Kaiser, 2014).

La demanda del consumidor se define como las diversas cantidades de un bien particular que un consumidor individual está dispuesto y puede comprar a un precio dado y todos los demás factores que afectan la demanda se mantienen constantes. Básicamente muestra la relación entre precio y cantidad demandada por unidad de tiempo (Ibíd., 2014).

Los economistas manejan el concepto de maximizar la utilidad, esto es una medida de bienestar que depende del consumo de bienes y servicios. Matemáticamente implica la maximización de una función de utilidad sujeta a una restricción presupuestaria. En la práctica, la función de utilidad se utiliza como un dispositivo conceptual para ilustrar la teoría del consumo (Ibíd., 2014).

Con base al contexto anterior, un consumidor tiende a preferir más a menos de un bien, pero comprará más sólo a un precio más bajo, es decir que hay una relación

inversa entre la cantidad demanda y el precio, a esto generalmente se le conoce como la ley de la demanda.

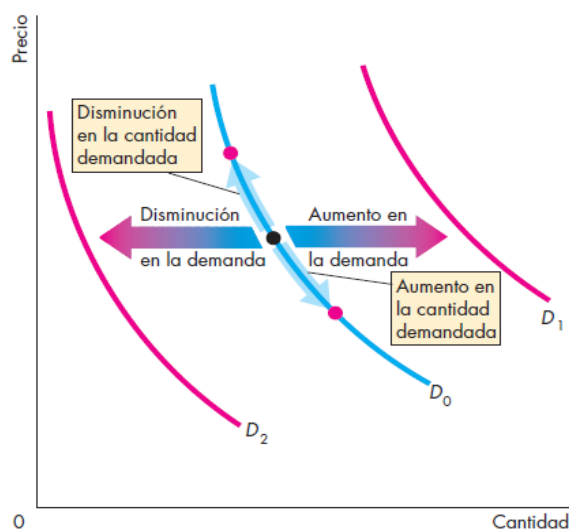
Teóricamente los factores determinantes de la demanda (QD) son el precio pagado por el consumidor de ese bien (P), el de los bienes sustitutos o complementarios (Ps, Pc), la población (POB), el ingreso (Y), la expectativa del consumidor (cantidad y precio futuro) (E), gustos y preferencias (GYP) (Atucha y Gualdoni, 2018; Barkley y Barkley, 2013).

Lo anterior, se puede observar mediante la siguiente expresión:

$$QD_t = f(P, P_s, P_c, POB, Y, E, GYP)$$

Cambios en el precio del bien considerado provoca que la cantidad demandada se desplace sobre la misma curva de la demanda, es decir si el precio de un bien aumenta, la cantidad demandada de dicho bien disminuye y viceversa. Mientras que cambios en los otros factores diferentes al precio, originan que la curva de la demanda se desplace hacia arriba y a la derecha o bien hacia abajo y la izquierda (Ibíd., 2013).

A continuación se presenta gráficamente los movimientos de la curva de la cantidad demandada y demanda de un bien ante cambios en los factores que la determinan:



Gráfica 12. Un cambio en la cantidad demandada vs un cambio en la demanda

Fuente: Tomado de Parkin y Loría, (2010).

Cuadro 8. Determinantes y desplazamientos de la demanda

Determinantes de la demanda	Desplazamientos
Precio del bien	Movimiento a lo largo de la curva de demanda
Precio de otros bienes	Bienes sustitutos: la demanda de un bien varía directamente con el precio de sus sustitutos. (Ejemplo: Coca cola y Pepsi). Bienes complementarios: la demanda de un bien varía inversamente respecto al precio de sus complementarios. (ejemplo: café y azúcar)
Población	El crecimiento de la población tiene un impacto directo e importante en el consumo, si aumenta la población aumenta la demanda (desplazamiento hacia la derecha) y viceversa.
Ingreso	Si el ingreso aumenta, entonces cualquiera que sea el precio, se producirá un aumento del consumo, por lo tanto se desplaza la curva de demanda hacia la derecha para un bien normal. En el caso de los bienes inferiores, la demanda aumenta cuando el ingreso disminuye.
Expectativa del consumidor	Si existe expectativa de que el precio va a subir, la demanda se desplaza hacia la derecha y viceversa.
Gustos y preferencias	Si aumentan los gustos y preferencias del consumidor, la demanda se desplaza hacia la derecha y viceversa.

Fuente: Atucha y Gualdoni, (2018); Barkley y Barkley, (2013).

3.1.1. Elasticidades de la demanda

La elasticidad es otro concepto que es usado en la teoría de la demanda y por los economistas, esta se refiere al cambio porcentual en la cantidad demanda ante cambios porcentuales en los factores que la determinan, y adquieren nombres como, elasticidad precio de la demanda o elasticidad propia de la demanda si se relaciona la cantidad demanda y el precio, elasticidad cruzada de la demanda, cuando se relaciona

la demanda con otro factor diferente al precio. Cabe mencionar que en la práctica normalmente se utiliza para las cantidades unidades físicas, mientras que para el precio se expresa en términos monetarios, sin embargo como se utilizan diferentes medidas (kilogramos, toneladas, hectáreas, etc.) se vuelve difícil hacer las comparaciones directas ante cambios en los respectivos precios, es por eso que las cantidades y precios se emplean en términos porcentuales dado que permite que las comparaciones sean más fáciles (Tomek y Kaiser, 2014).

Cuadro 9. Elasticidades de la demanda

Tipo de elasticidad	Fórmula	Resultado	Clasificación
Elasticidad precio	$E^d = \% \Delta Q^d / \Delta \% P$	$E^d < -1$ $E^d > -1$ $E^d = -1$	Elástico Inelástico Unitario
Elasticidad ingreso	$E^m = \% \Delta Q^d / \Delta \% M$	$E^m > 0$ $E^m > 1$ $0 < E^m < 1$ $E^m < 0$	bien normal bien de lujo bien necesario bien inferior
Elasticidad cruzada	$E^c = \% \Delta Q^d / \Delta \% P$	$E^c < 0$ $E^c > 0$	complementario sustituto

Fuente: Barkley y Barkley (2013); Parkin y Loria (2010).

3.2. La teoría de la oferta

Como se mencionó al principio de este apartado la teoría de la oferta está relacionada con la empresa y el objetivo principal de esta es la maximización de la ganancia. Supongamos que un productor produce un producto A usando dos insumos X1 y X2, el beneficio a corto plazo, se define de la siguiente manera, no sin antes mencionar un supuesto importante es que todas las empresas enfrentan los mismos precios en un modelo de competencia perfecta (Tomek y Kaiser, 2014):

$$\pi = PAA - P1X1 - P2X2$$

Dónde: π es el beneficio o ganancia del productor; las P representan los precios por unidad de producción e insumos, respectivamente.

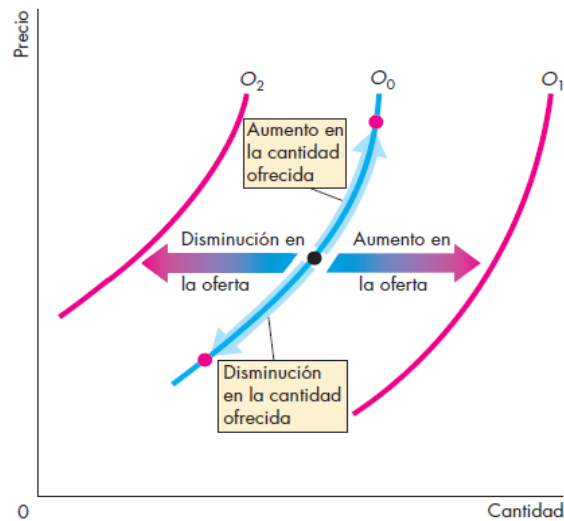
La oferta (QS) está determinada por los siguientes factores el precio que recibe el productor (P), el de los bienes sustitutos o complementarios en la producción (P_s , P_c), el de los factores productivos o insumos ($P_{insumos}$), tecnología (T), impuestos o subsidios (YT), el clima (C), la expectativa del productor (cantidad y precio futuro) (E) y el número de vendedores (Vend.) (Atucha y Gualdoni, 2018; Barkley y Barkley, 2013).

Lo anterior, se puede observar mediante la siguiente expresión:

$$QS_t = f(P, P_s, P_c, P_I, T, YT, C, E, Vend)$$

Cambios en el precio del bien provoca que la cantidad ofrecida se desplace sobre la misma curva de la oferta, es decir si el precio de un bien producido aumenta, la cantidad producida de dicho bien aumenta y viceversa. Mientras que cambios en los otros factores diferentes al precio, originan que la curva de la oferta se desplace hacia arriba y a la izquierda o bien hacia abajo y la derecha (Ibíd., 2013).

A continuación se presenta gráficamente los movimientos de la curva de la cantidad ofrecida y oferta de un bien ante cambios en los factores que la determinan:



Gráfica 13. Un cambio en la cantidad ofrecida vs un cambio en la oferta

Fuente: Tomado de Parkin y Loría, (2010).

Cuadro 10. Determinantes y desplazamientos de la oferta

Determinantes de la oferta	Desplazamientos
Precio del bien	Movimiento a lo largo de la curva de oferta
Precio de insumo	Si el precio de los factores productivos o insumo se incrementa, la oferta del producto se desplazará a la izquierda y viceversa.
Tecnología	El cambio tecnológico permite que aun sin cambios en el precio de un bien o servicio, el productor pueda ofrecer mayores cantidades. Toda la curva de oferta se desplaza hacia la derecha.
Precio de otros bienes	Bienes competitivos: al aumentar el precio de un bien aumenta la cantidad ofrecida y disminuye la oferta del otro bien (se desplaza hacia la izquierda). Bienes asociados: al aumentar el precio de un bien

Determinantes de la oferta	Desplazamientos
	asociado aumenta la cantidad ofrecida y aumenta la oferta del otro bien (se desplaza hacia la derecha)
Impuesto o subsidio	Los subsidios del gobierno resultan en un cambio en la oferta hacia la derecha, y el aumento de los impuestos desplaza la curva de oferta hacia la izquierda.
Clima	Cuando las condiciones climáticas son favorables, la producción agrícola aumenta, la oferta se desplaza hacia la derecha y viceversa.
Expectativa del productor	Si el precio baja desplaza la oferta hacia la derecha y si la expectativa es que el precio va a subir la oferta se desplaza hacia la izquierda.
Número de vendedores	Si existen más vendedores la curva de oferta se desplaza hacia la derecha y viceversa.

Fuente: Atucha y Gualdoni, (2018); Barkley y Barkley, (2013).

3.2.1. Elasticidades de la oferta

El comportamiento de maximización de ganancias de las empresas lleva a una relación positiva (pendiente ascendente) entre el precio y la cantidad ofrecida de un bien. La tasa de cambio en una variable en respuesta a un cambio en la otra variable es de importancia crítica. Todo se reduce a la pregunta: "¿Cuánto aumentará (disminuirá) la cantidad ofrecida para un aumento (disminución) dado en el precio?" El término "elasticidad" describe esta relación, y comprender la relación es importante para comprender cómo funciona una economía de mercado (Barkley y Barkley, 2013).

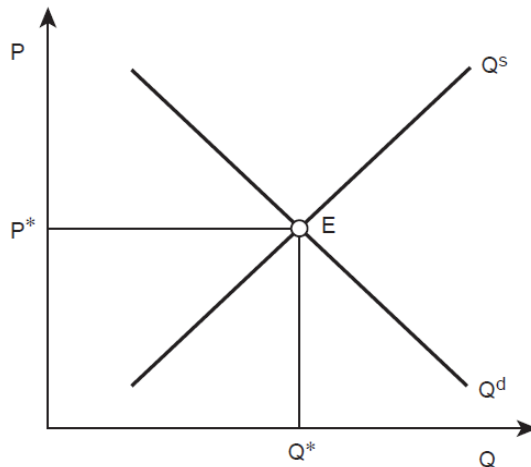
Cuadro 11. Elasticidades de la oferta

Tipo de elasticidad	Formula	Resultado	Clasificación
Elasticidad precio	$E^s = \% \Delta Q^s / \Delta \% P$	$E^s < 1$ $E^s > 1$ $E^s = 1$	Inelástico Elástico Unitario
Elasticidad cruzada	$E^c = \% \Delta Q^c / \Delta \% P$	$E^c < 0$ $E^c > 0$	Competitivo Asociado

Fuente: Barkley y Barkley (2013); Parkin y Loria (2010).

3.3. Equilibrio del mercado

El equilibrio del mercado ocurre en la intersección de la curva de oferta y la curva de demanda en el punto E en la gráfica 14. En este punto, la cantidad ofrecida (Q_s) por las empresas a un precio dado es igual a la cantidad demandada (Q_d) por los consumidores al mismo precio. El Precio de equilibrio es el precio al que la cantidad ofrecida es igual a la cantidad demandada, también es el precio de mercado, ya que es el precio determinado y acordado por compradores y vendedores.



Gráfica 14. Equilibrio de mercado

Fuente: Tomado de Barkley y Barkley, (2013).

3.4. Estructura del mercado

La estructura del mercado es la organización de una industria, típicamente definida por el número de empresas en una industria, también conocida como "organización industrial", tiene una influencia importante en los precios y las cantidades de bienes y servicios vendidos en un mercado. En general, el número de vendedores en una industria es un indicador importante de la estructura del mercado. Si solo hay unas pocas empresas en una industria, su comportamiento y estrategias comerciales serán muy diferentes del comportamiento y las estrategias de las empresas en una industria con numerosos competidores.

Cuadro 12. Estructura de mercado

Estructura	Número de empresas	Ejemplos
Monopolio	Vendedor individual	Compañía de electricidad empresa de agua
Oligopolio	Pocos vendedores	Automóviles
Competencia monopolística	Muchos vendedores (productos de marca)	Estaciones de gasolina
Competencia perfecta	Numerosos vendedores	Productos agrícolas: trigo, maíz

Fuente: Barkley y Barkley, (2013).

CAPITULO IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ECONÓMICO DE LOS RESULTADOS

4.1. Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los resultados fue evaluado por el coeficiente de determinación R^2 , la prueba estadística global de F y la prueba estadística individual t.

El coeficiente de determinación R^2 , fluctúa entre cero y uno, muestra la bondad de ajuste de cada una de las ecuaciones de regresión y proporciona el porcentaje de variación de la variable endógena explicada por los cambios de las variables exógenas. Si la $R^2=1$ tendrá un mejor ajuste la ecuación que se está analizando. Si la $R^2=0$ existe un mal ajuste, la variable endógena no es explicada por las variables exógenas consideradas, (Gujarati y Porter, 2010).

La prueba global de F consiste en determinar si en conjunto las variables exógenas son significativas para generar valores predichos de la variable dependiente, en esta prueba se plantea una hipótesis nula (H_0), en la cual se establece que todos los parámetros estimados (a excepción de la ordenada al origen) en una ecuación de regresión son iguales a cero, la hipótesis alternativa (H_a) establece que al menos un coeficiente de esa ecuación es diferente a cero.

La principal estadística para probar la significancia de cada parámetro en lo individual es la t asintótica, para que un parámetro sea aceptado se requiere que la razón de t sea mayor o igual a uno, esto implica que el coeficiente estimado sea mayor o igual que su error estándar (García, et al., 2002).

En el cuadro 13 se presenta un resumen de los principales resultados estadísticos obtenidos a partir de la estimación de los parámetros en su forma estructural por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E).

Cuadro 13. Resultados estadísticos y coeficientes estimados en la forma estructural

Var. Endógenas.		Variables Exógenas			
QPMA _t	Intercepto	PMRMBR _{t-1}	PMRSR _{t-1}	PUREAR _t	QPMA _{t-1}
Coeficiente	176004.2	1052.725	-1173.43	-40.9344	0.185481
Error Est.	61761.49	457.729	415.7364	45.78159	0.18259
t	2.85	2.3	-2.82	-0.89	1.02
Prob t	0.0129	0.0374	0.0136	0.3864	0.3269
	R ² =0.44	F _c =2.71	Prob>F=0.007		
QDMA _t	Intercepto	PMMBR _t	INGPR _t	QDMA _{t-1}	
Coeficiente	747614.1	-1882.27	76.87747	0.049455	
Error Est.	319895.9	529.0648	61.1283	0.210914	
t	2.34	-3.56	1.26	0.23	
Prob t	0.0337	0.0029	0.2277	0.8178	
	R ² =0.46	F _c =4.3	Prob>F=0.022		
PMRMBR _t	Intercepto	PMMBR _t	MC _t		
Coeficiente	-9.61561	0.394267	0.612326		
Error Est.	57.66113	0.110451	0.144384		
t	-0.17	3.57	4.24		
Prob t	0.8696	0.0026	0.0006		
	R ² =0.78	F _c =29.25	Prob>F=0.000		
PMMBR _t	Intercepto	PIMAR _{t-1}	PMMBR _{t-1}		
Coeficiente	15.81305	0.832708	0.071824		
Error Est.	96.4198	0.159393	0.151674		
t	0.16	5.22	0.47		
Prob t	0.8718	<.0001	0.6422		
	R ² =0.63	F _c =13.95	Prob>F=0.000		

Fuente: Elaboración propia con datos del modelo

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la R² de la función de oferta (QPMA) es de 0.44, mientras que la demanda (QDMA) de 0.46, el coeficiente de determinación del precio medio rural de maíz blanco real (PMRMBR) es de 0.78 y el precio al mayoreo de maíz blanco real (PMMBR) es de 0.63, esto indica que las variables exógenas consideradas en cada función explican a las variables endógenas en 44%, 46%, 78% y 63%, respectivamente, el resto es explicado por otras variables incluidas en el término de error (E_n) no considerados en este modelo.

Con respecto a la prueba de significancia global de F, para cada función definida en el modelo, las F calculadas (F_c) fueron mayores a las F de tablas (F_t) con un nivel de

significancia de 5%, esto indica que en todas las ecuaciones se rechaza la hipótesis nula de que todos los parámetros son iguales a cero y que al menos un parámetro es diferente de cero, por lo tanto, las variables exógenas explican a las variables endógenas contempladas en el modelo.

Las pruebas individuales de cada parámetro, de acuerdo a la razón de t, las variables exógenas resultaron significativas, es decir, diferentes de cero. En las ecuaciones todos los parámetros resultaron significativos y presentan una t mayor a uno, excepto el precio de la urea real ($PUREAR_t$), la cantidad demandada de maíz amarillo con un año de rezago ($QDMA_{t-1}$) y el precio al mayoreo de maíz con un año de rezago ($PMMBR_{t-1}$).

En el capítulo uno se realizó la prueba de raíz unitaria, mediante la prueba de Dickey-Fuller aumentada comprobando que las variables utilizadas en el modelo son estacionarias. Considerando que se realizaron las pruebas al modelo anteriormente mencionado, queda estadísticamente validado.

4.2. Relación funcional del modelo econométrico del maíz amarillo en México

Con los coeficientes obtenidos en el cuadro 13 se obtiene las siguientes funciones lineales:

$$QPMA_t = 176004.2 + 1052.725PMRMBR_{t-1} - 1173.43PMRSR_{t-1} - 40.9344PUREAR_t + 0.185481QPMA_{t-1}$$

$$QDMA_t = 747614.1 - 1882.27PMMBR_t + 76.87747INGPR_t + 0.049455QDMA_{t-1}$$

$$PMRMBR_t = -9.61561 + 0.394267PMMBR_t + 0.612326MC_t$$

$$PMMBR_t = 15.81305 + 0.832708PIMAR_t + 0.071824PMMBR_{t-1}$$

La relación funcional de las cuatro ecuaciones los signos de las variables explicativas son congruentes con la teoría económica.

4.3. Análisis económico de los resultados

El análisis económico de los resultados consiste en determinar si los coeficientes estimados para cada una de las variables predeterminadas concuerdan con la teoría económica y para medir que tanto las variables explicativas contribuyen a explicar la variación de las variables endógenas, comparando el signo de los parámetros estimados como la magnitud de las elasticidades obtenidas a partir de los coeficientes.

4.3.1. Análisis de las elasticidades obtenidas en la forma estructural

La forma estructural son el conjunto de ecuaciones que reflejan la estructura del fenómeno de interés, por esta razón el análisis de las elasticidades obtenidas a partir de los coeficientes estimados en el modelo en su forma estructural permiten ver la concordancia que hay entre los estimadores y las relaciones económicas inmersas en cada ecuación estructural, (Sabbagh, 2016).

Las elasticidades fueron calculadas con los coeficientes estimados de cada variable de la forma estructural y el valor promedio de las variables.

Cuadro 14. Elasticidades de la forma estructural

Variables endógenas	Variables explicativas	Elasticidad 2000-2018
QPMA _t	PMRMBR _{t-1}	0.30
	PMRSR _{t-1}	-0.27
	PUREAR _t	-0.02
QDMA _t	PMMBR _t	-0.23
	INGPR _t	0.20
TRANSMISIONES DE PRECIOS		
PMRMBR _t	PMMBR _t	0.74
PMMBR _t	PIMAR _t	0.75

Fuente: Elaboración propia con resultados del modelo.

El análisis de las elasticidades en el modelo, lleva implícito el termino *ceteris paribus*, es decir, que al haber un cambio en alguna variable exógena sobre la variable endógena, todas las demás variables exógenas permanecen constantes.

La elasticidad precio de la cantidad producida de maíz amarillo (QPMA) calculada fue de 0.30, define a la cantidad producida como inelástica. Esto significa que la cantidad producida de maíz amarillo reacciona menos que proporcionalmente ante el cambio en el precio medio rural de maíz ($PMRMBR_{t-1}$), si el precio del maíz aumenta en 10%, la cantidad producida aumenta en 3.0%.

Los resultados obtenidos son similares con las elasticidades precio propias de la oferta encontradas por otros autores, Liang et al. (2011), citado en Tomek y Kaiser (2014) indica un coeficiente de 0.67, mientras que Guzmán-Soria et al. (2011) reportan 0.85 y 1.06, Guzmán et al. (2012) encontraron un coeficiente de 0.30 y 0.22, Molina-Gómez et al. (2012) fue de 0.24, Vázquez y Martínez (2015) reportan 0.14 y Bautista et al. (2019) fue de 0.10.

La elasticidad cruzada de la cantidad producida de maíz amarillo con el precio medio rural del sorgo ($PMRSR_{t-1}$) fue de -0.27, lo cual se clasifica como competitivo. Esto significa que cuando aumenta el precio medio rural del sorgo en 10% entonces disminuye la cantidad producida de maíz amarillo en 2.7%. Este resultado es similar al encontrado por Guzmán-Soria et al. (2011) fue de -0.20 y -0.25, Guzmán et al. (2012) fue de -0.28 y -0.15 y Molina-Gómez et al. (2012) fue de -0.23.

Con relación al precio del insumo que afecta a la cantidad producida de maíz amarillo, la elasticidad calculada del precio de la urea (PUREAR) resulto -0.02, es decir si el precio de este insumo aumenta 10%, la cantidad producida disminuye 0.2%; este resultado coincide con Guzmán et al. (2012) fue de -0.04 y Molina-Gómez et al. (2012) -0.03.

La elasticidad precio de la cantidad demandada de maíz amarillo (QDMA) estimada en -0.23, lo cual se clasifica como inelástico, esto indica que la cantidad demandada de maíz amarillo disminuye menos que proporcionalmente ante el cambio en el precio

al mayoreo de maíz (PMMBR), si el precio al mayoreo aumenta en 10%, la cantidad demandada disminuirá en 2.3%.

La elasticidad precio propia de la demanda es similar con los resultados encontrado por otros autores como: Hernández (2007) indica un coeficiente de -0.76, Figueroa Hernández et al. (2014) -0.05, Vázquez y Martínez (2015) obtuvieron un valor de -5.80, García (2018) indica un coeficiente de -0.23, -0.62 y -1.21 y Bautista et al. (2019) -0.20. Existe una diferencia en los coeficientes de elasticidad de la demanda, esto se debe principalmente a los métodos y periodos utilizados en cada una de las investigaciones.

La elasticidad ingreso de la cantidad demandada de maíz amarillo resulto en 0.20, lo cual lo clasifica como un bien normal, esto indica que la cantidad demandada de maíz (QDMA) aumenta menos que proporcionalmente ante el cambio en el ingreso per cápita (INGPR), si el ingreso aumenta en 10%, la cantidad demandada de maíz amarillo aumentaría en 2.0%. El resultado es similar con García (2018) indica un coeficiente de 0.249, 0.480 y 1.48, Bautista et al. (2019) reportaron 0.40.

La elasticidad de transmisión del precio al mayoreo de maíz (PMMBR) sobre el precio medio rural de maíz (PMRMBR) fue de 0.74, es decir es inelástico, esto indica que variaciones en el precio al mayoreo de maíz reacciona menos que proporcionalmente ante los cambios en el precio medio rural de maíz, si el precio al mayoreo aumenta en 10%, el precio medio rural de maíz aumenta en 7.4%. El resultado es similar a los encontrados por los autores Guzmán-Soria et al. (2011) indican un coeficiente de 0.78 y 0.80 y Guzmán et al. (2012) 0.64 y 0.61.

La elasticidad de transmisión del precio de importación de maíz amarillo (PIMAR) sobre el precio al mayoreo de maíz (PMMBR) fue de 0.75, lo cual se clasifica como inelástico, esto indica que variaciones en el precio de importación de maíz reacciona menos que proporcionalmente ante los cambios en el precio al mayoreo, si el precio de importación aumenta en 10%, el precio al mayoreo aumenta en 7.5%. Este resultado es similar a lo hallado por los autores Guzmán et al. (2012) 0.23, Cruz y García (2014) es de 0.70, y Castro Samano et al. (2019) fue de 0.43.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Los signos de las variables incluidas en el modelo concuerdan con la teoría económica y se estimaron elasticidades para determinar los efectos de las variables explicativas sobre las endógenas.

Los factores que determinan la cantidad producida de maíz amarillo, con base a los resultados son: el precio medio rural de maíz con un año de rezago, el precio medio rural del sorgo considerado como competitivo del maíz, el precio del fertilizante como insumo en la producción, y la cantidad producida de maíz con un año de rezago.

La fertilización es deficiente en el cultivo de maíz en México, lo que causa una baja producción y aumento de importación de maíz amarillo, por lo tanto se recomienda continuar con el programa de subsidios a los fertilizantes para elevar la producción y disminuir gradualmente las importaciones.

Debido a que el maíz es un producto agropecuario, la elasticidad precio de la oferta resulto ser inelástica en relación a su precio.

Las variables que determinan la cantidad demandada de maíz amarillo fueron el precio al mayoreo de maíz, el ingreso per cápita y la cantidad demandada de maíz con un año de rezago.

La elasticidad ingreso de la demanda, clasifica al maíz como un bien normal necesario.

El precio al mayoreo influye de manera directa sobre el precio medio rural de maíz. De igual forma el precio de importación tiene influencia directa con el precio al mayoreo.

Para el periodo analizado, la importación de maíz amarillo ha presentado una TCPA de 6.7%, en 2018 nuestro país rompió record, se importó 17 millones de toneladas, esto representa un aumento de 12% en comparación al año anterior.

CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA

- Atucha, A. J., y P. Gualdoni. 2018. *El funcionamiento de los mercados*. <https://biblioteca.uam.es/ciencias/documentos/Harvard%20Standard%20Refworks%20Español.pdf> (Consulta: enero, 2020).
- BANXICO (Banco de México). 2019. <https://www.banxico.org.mx/> (Consulta: diciembre, 2019).
- Barkley, A., and P. W. Barkley. 2013. *Principles of agricultural economics*. New York, USA: Routledge.
- Bautista-Mayorga, F., E. Reyes-Santiago, y J. A. García-Salazar. 2019. ¿Cómo afectan Proagro y el tlcan el mercado de maíz en una región de autoconsumo?: el caso de la huasteca hidalguense, *Acta Universitaria*, 29(e2453): 1-15. doi: 10.15174.au.2019.2453.
- Caldentey, A. P., y A. C. Gómez M. 1993. *Economía de los mercados agrarios*. Ediciones Mundiprensa. 218 p.
- Castro-Samano, M. A., R. García-Mata, F. Parra-Insunza, M. Portillo-Vázquez, I. Márquez-Sánchez, y R. C. García-Sánchez. 2019. El mercado de la carne de bovino en México, considerados los factores externos. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 16(1): 85-103. doi: 10.22231/asyd.v1i1.982.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2019. <https://www.gob.mx/conapo>. (Consulta: noviembre, 2019).
- Cruz Jiménez, J. y R. C. García Sánchez. 2014. El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Estudios Sociales* (Hermosillo, Son.), 22(43): 87-110. <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v22n43/v22n43a4.pdf> (Consulta: febrero, 2020).
- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2020. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/TP> (Consulta: marzo, 2020).
- Figuroa Hernández, E., L. Godínez Montoya, L. E. Espinosa Torres, O. Ramírez Abarca y J. M. González Elías. 2014. La demanda de maíz en México, 1980-2010. In: Universidad Autónoma del Estado de México y Universidad Autónoma Chapingo. *Investigación en Matemáticas, Economía y Ciencias Sociales*. Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo, pp. 404-421.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2019. Panorama Agroalimentario Maíz. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y

Sectorial. <https://www.fira.gob.mx/InvYEvalEcon/EvaluacionIF> (Consulta: enero 2020).

García M. R. 2002. El mercado de la carne de porcino en canal en México 1960-2000. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México.

García M. R., J. A. García S., y R. C. García S. (2003). *Teoría del mercado de productos agrícolas*. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México. 382 p.

García Matamoros, M. 2018. *Estimación de la función de demanda de maíz en México*. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3155> (Consulta: abril, 2020)

García-Salazar, J. A. 2001. Efecto de PROCAMPO sobre la producción y saldo de comercio exterior de maíz. *Agrociencia*, 35(6): 671-683. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2001/nov-dic/art-10.pdf> (Consulta: febrero, 2020).

García-Salazar, J. A., R. K. Skaggs, y T. L. Crawford. 2011. Evaluación de los efectos del Programa de Apoyos Directos al Campo (Procampo) en el mercado de maíz en México, 2005-2007. *Economía, sociedad y territorio*, 11(36): 487-512. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000200008 (Consulta: marzo, 2020).

Gujarati, D. N. y D. C. Porter, 2010. *Econometría*. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill. México, Distrito Federal. 921 p.

Guzmán Soria, E., M. T. de la Garza Carranza, J. P. González Farías, y J. Hernández Martínez. 2014. Análisis de los costos de producción de maíz en la Región del Bajío de Guanajuato. *Análisis Económico*, XXIX (70): 145-156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41331851008> (Consulta: marzo, 2020).

Guzmán-Soria, E., M. T. de la Garza-Carranza, J. A. García-Salazar, J. Hernández-Martínez y S. Rebollar-Rebollar. 2012. Determinantes de la Oferta de Maíz Grano en México. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2): 269-279. doi 10.15517 / AM.V23I2.6488 (Consulta: marzo, 2020).

Guzmán-Soria, E., S. Rebollar-Rebollar, J. Hernández-Martínez, J. A. García-Salazar, M. T. de la Garza-Carranza, N. Callejas-Juárez, y A. Terrones-Cordero. 2011. La oferta de maíz grano en Guanajuato, México: 1980-2009. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3): 857-866. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n3/v14n3a29.pdf> (Consulta: marzo, 2020).

- Hernández Ortiz, J. 2007. *Determinación del efecto de las importaciones en precios internos de granos básicos utilizando un sistema inverso de demanda*. Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1477> (Consulta: abril, 2020)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2019. Banco de Información Económica. <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/bie.html> (Consulta: diciembre 2019).
- Kmenta, J. 1977. *Elementos de econometría*. Ediciones vicens-vives. España. 750 p.
- Molina-Gómez, J. N., J. A. García-Salazar, L. E. Chalita-Tovar, y F. Pérez-Soto. 2012. Efecto de PROCAMPO sobre la producción y las importaciones de granos forrajeros en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(5): 999-1010. doi: 10.29312/remexca.v3i5.1409 (Consulta: marzo, 2020)
- Montero R. (2013). *Variables no estacionarias y cointegración*. Disponible en: <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/cointegracion.pdf> (Consulta: enero, 2020)
- Parkin, M. y E. Loría. 2010. *Microeconomía*. Versión para Latinoamérica. Novena edición. México: Pearson Educación. 544 p.
- Sabbagh Sánchez, A. 2016. *Factores que determinan la demanda de papa procesada en México (1990-2014)*. Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3529> (Consulta: abril, 2020)
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación agrícola nacional 2017-2030, maíz grano. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf. (Consulta: octubre 2019).
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2020. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> (Consulta: enero 2020).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Números del campo. <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosAgricultolas/> (Consulta: enero, 2020)

- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf (Consulta: noviembre, 2019).
- SNIIM (Sistema Nacional de Información de Mercados). 2020. Anuario estadístico. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/> (Consulta: octubre, 2020).
- Tomek, W. G., y H. M. Kaiser. 2014. *Agricultural product prices*. Fifth edition. Cornell University Press. Ithaca. New York. 394 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2020. Base de datos. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads> (Consulta: febrero 2020).
- Vázquez Alvarado, J. M. P. y M. A. Martínez Damián. 2015. Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 955-965. doi: 10.29312/remexca.v6i5.590 (Consulta: marzo, 2020).

ANEXOS

Anexo A. Base de datos sin transformación (precios reales)

T	QPMA	PMRMBR	PMRMBRL	PMRSR	PMRSRL	PUREAR	QPMAL
2000	228289.5	2890.2	0.0	2570.9	0.0	6239.9	0.0
2001	366294.4	2784.0	2890.2	2304.7	2570.9	7312.1	228289.5
2002	726590.6	3072.4	2784.0	2678.5	2304.7	7025.8	366294.4
2003	631548.0	3330.4	3072.4	2736.1	2678.5	9033.3	726590.6
2004	1061330.3	3269.7	3330.4	2580.4	2736.1	11260.8	631548.0
2005	1330127.7	2982.2	3269.7	2243.9	2580.4	11414.3	1061330.3
2006	1718291.9	3571.9	2982.2	2770.3	2243.9	8975.4	1330127.7
2007	1574675.1	4181.2	3571.9	3266.9	2770.3	8376.1	1718291.9
2008	1573914.8	4445.2	4181.2	3650.6	3266.9	12467.8	1574675.1
2009	1713432.1	4226.1	4445.2	3222.7	3650.6	9920.0	1573914.8
2010	2018369.9	4100.4	4226.1	3280.1	3222.7	9135.4	1713432.1
2011	1692409.7	5633.1	4100.4	4739.8	3280.1	10147.7	2018369.9
2012	1765571.0	5287.9	5633.1	4478.1	4739.8	11363.0	1692409.7
2013	2230190.1	4472.1	5287.9	3841.1	4478.1	10548.8	1765571.0
2014	2422715.1	4059.1	4472.1	3060.0	3841.1	9761.1	2230190.1
2015	3368614.0	4210.0	4059.1	3636.3	3060.0	9410.5	2422715.1
2016	3555006.0	4027.9	4210.0	3498.5	3636.3	8601.7	3368614.0
2017	3111339.3	3831.8	4027.9	3327.1	3498.5	8275.6	3555006.0
2018	3500221.9	3890.2	3831.8	3526.9	3327.1	7902.7	3111339.3

T	QDMA	PMMBR	PMMBRL	INGPERR	QDMAL
2000	5569919.5	4421.8	0	145115.5	0
2001	6529089.4	4171.8	4421.8	142261.9	5569919.5
2002	6075071.6	4228.6	4171.8	140846	6529089.4
2003	6381284	4308.5	4228.6	140409.4	6075071.6
2004	6572963.3	4247.8	4308.5	148356.6	6381284
2005	7020765.7	3810.2	4247.8	152612.1	6572963.3
2006	9144444.9	4367.6	3810.2	161217.7	7020765.7
2007	9265180.1	5454.5	4367.6	165354.8	9144444.9
2008	10661229	5664.1	5454.5	166243.4	9265180.1
2009	8684755.1	5575.3	5664.1	153186.6	10661229
2010	9308750.9	5230.6	5575.3	159404.6	8684755.1
2011	11067562	6585.6	5230.6	166752.7	9308750.9
2012	10507739	7753.8	6585.6	170563.3	11067562
2013	8800562.1	6557.7	7753.8	166913.2	10507739
2014	12423954	5853.5	6557.7	170286.3	8800562.1
2015	14768205	5687.4	5853.5	174121.2	12423954
2016	15988379	6375.6	5687.4	181464.2	14768205
2017	16791254	6191.8	6375.6	184582.1	15988379
2018	19792222	6118.3	6191.8	186761.5	16791254

T	MCR	PIMAR	SCEMA
2000	1531.6	2089.7	5341630
2001	1387.9	1989.7	6162795
2002	1156.2	2264.1	5348481
2003	978.1	2520.2	5749736
2004	978.1	2687.8	5511633
2005	828	2298.5	5690638
2006	795.7	2669.4	7426153
2007	1273.3	3362.5	7690505
2008	1218.9	4362	9087314
2009	1349.1	3799.6	6971323
2010	1130.2	3480.2	7290381
2011	952.5	5179.8	9375152
2012	2465.9	5263.1	8742168
2013	2085.6	4480.4	6570372
2014	1794.3	3598	10001239
2015	1477.4	3678.5	11399591
2016	2347.8	3964.2	12433373
2017	2360.1	3688.5	13679915
2018	2228.1	3701.1	16292000

Anexo B. Base de datos transformada

T	d_QPMA	d_PMRMBRL	d_PMRSRL	d_PUREAR	d_d_QPMAL
2000	0	0	0	0	0
2001	138004.9	0	0	1072.2	0
2002	360296.2	-106.3	-266.3	-286.3	0
2003	-95042.6	288.5	373.8	2007.6	222291.3
2004	429782.3	258	57.6	2227.4	-455338.8
2005	268797.4	-60.7	-155.7	153.5	524824.9
2006	388164.2	-287.5	-336.5	-2438.8	-160984.9
2007	-143616.8	589.7	526.4	-599.4	119366.8
2008	-760.3	609.3	496.6	4091.7	-531781
2009	139517.3	264	383.7	-2547.7	142856.5
2010	304937.8	-219.1	-427.9	-784.6	140277.6
2011	-325960.2	-125.7	57.4	1012.2	165420.5
2012	73161.3	1532.7	1459.8	1215.3	-630898
2013	464619.1	-345.2	-261.8	-814.1	399121.5
2014	192525	-815.8	-637	-787.8	391457.8
2015	945898.9	-413	-781	-350.6	-272094.1

2016	186392	150.9	576.3	-808.7	753373.9
2017	-443666.7	-182.1	-137.8	-326.1	-759506.9
2018	388882.6	-196.1	-171.4	-372.9	-630058.7

T	d_QDMA	d_PMMBR	d_INGR	d_QDMAL	d_PMRMBR
2000	0	0	0	0	0
2001	959170	0	0	0	0
2002	-454018	-250	0	959170	-106.3
2003	306212	56.8	-2853.7	-454018	288.5
2004	191679	79.9	-1415.9	306212	258
2005	447802	-60.7	-436.5	191679	-60.7
2006	2123679	-437.6	7947.2	447802	-287.5
2007	120735	557.4	4255.4	2123679	589.7
2008	1396049	1086.9	8605.6	120735	609.3
2009	-1976474	209.6	4137.1	1396049	264
2010	623996	-88.8	888.6	-1976474	-219.1
2011	1758811	-344.7	-13056.8	623996	-125.7
2012	-559823	1355	6218	1758811	1532.7
2013	-1707177	1168.2	7348.1	-559823	-345.2
2014	3623392	-1196.1	3810.6	-1707177	-815.8
2015	2344251	-704.2	-3650.1	3623392	-413
2016	1220174	-166.1	3373.1	2344251	150.9
2017	802875	688.2	3834.9	1220174	-182.1
2018	3000968	-183.8	7343	802875	-196.1

T	d_MC	d_PIMAR	d_PMMBRL	d_SCEMA
2000	0.0	0.0	0.0	0.0
2001	-143.7	0.0	0.0	821165.0
2002	-231.7	-100.0	0.0	-814314.0
2003	-178.0	274.4	-279.9	401255.0
2004	0.0	256.1	56.8	-238103.0
2005	-150.1	167.7	79.9	179005.0
2006	-32.3	-389.4	-60.7	1735515.0
2007	477.6	370.9	-437.6	264352.0
2008	-54.5	693.1	557.4	1396809.0
2009	130.2	999.5	1086.9	-2115991.0
2010	-219.0	-562.4	209.6	319058.0
2011	-177.7	-319.4	-88.8	2084771.0
2012	1513.4	1699.6	-344.7	-632984.0
2013	-380.3	83.3	1355.0	-2171796.0
2014	-291.3	-782.6	1168.2	3430867.0
2015	-316.9	-882.4	-1196.1	1398352.0

2016	870.4	80.5	-704.2	1033782.0
2017	12.3	285.7	-166.1	1246542.0
2018	-132.0	-275.7	688.2	2612085.0

Anexo C. Prueba de raíz unitaria

d_QPMA	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-20.5019	0.0074	-4.43	0.0131	9.82	0.0106
d_PMRMBRL	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-17.9124	0.0244	-3.87	0.0365	7.51	0.0452
d_PMRSL	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-18.5572	0.0186	-3.99	0.0293	7.97	0.037
d_PUREAR	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-21.5801	0.0042	-4.78	0.0069	11.42	0.001
d_d_QPMAL	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-25.2734	0.0004	-5.6	0.0015	15.85	0.001
d_QDMA	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-21.1091	0.0054	-4.43	0.0132	9.9	0.0097
d_PMMBR_1	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	1		-59.3768	<.0001	-4.63	0.0098	10.75	0.001
d_INGR_2	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	2		-6153.64	0.0001	-3.29	0.0333	5.5	0.0429
d_QDMAL	tipos	retardos	Rho	Pr < Rho	Tau	Pr < Tau	F	Pr > F
tendencia	0		-20.7365	0.0066	-4.5	0.0115	10.14	0.0068
d_PMRMBR_1								

tipo tendencia	retardos 1	Rho -46.9925	Pr < Rho <.0001	Tau -4.29	Pr < Tau 0.0179	F 9.27	Pr > F 0.0175
d_MC tipo tendencia	retardos 0	Rho -23.1798	Pr < Rho 0.0016	Tau -5.13	Pr < Tau 0.0036	F 13.2	Pr > F 0.001
d_PIMAR_1 tipo tendencia	retardos 1	Rho -59.3174	Pr < Rho <.0001	Tau -4.78	Pr < Tau 0.0075	F 11.48	Pr > F 0.001
d_PMMBRL_1 tipo tendencia	retardos 1	Rho -62.0472	Pr < Rho <.0001	Tau -4.68	Pr < Tau 0.009	F 11.01	Pr > F 0.001
d_SCEMA tipo tendencia	retardos 0	Rho -22.3267	Pr < Rho 0.0028	Tau -4.8	Pr < Tau 0.0066	F 11.61	Pr > F 0.001

Anexo D. Salida del modelo

OFERTA

Dependent Variable d_QPMA

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	7.76E+11	1.94E+11	2.71	0.0073
Error	14	1.00E+12	7.15E+10		
Corrected Total	18	1.78E+12			

Root MSE	267420.557	R-Square	0.43666
Dependent Mean	172206.968	Adj R-Sq	0.2757
Coeff Var	155.29021		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	176004.2	61761.49	2.85	0.0129
d_PMRMBRL	1	1052.725	457.729	2.3	0.0374
d_PMR SRL	1	-1173.43	415.7364	-2.82	0.0136
d_PUREAR	1	-40.9344	45.78159	-0.89	0.3864
d_d_QPMAL	1	0.185481	0.18259	1.02	0.3269

Model DEMANDA
 Dependent Variable d_QDMA

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1.84E+13	6.12E+12	4.31	0.0222
Error	15	2.13E+13	1.42E+12		
Corrected Total	18	3.77E+13			

Root MSE	1191658.22	R-Square	0.46283
Dependent Mean	748542.158	Adj R-Sq	0.3554
Coeff Var	159.19721		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	747614.1	319895.9	2.34	0.0337
d_PMMBR_1	1	-1882.27	529.0648	-3.56	0.0029
d_INGR_2	1	76.87747	61.1283	1.26	0.2277
d_QDMAL	1	0.049455	0.210914	0.23	0.8178

Model PPRODUCTOR
 Dependent Variable d_PMRMBR_1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3604234	1802117	29.25	<.0001
Error	16	985839.2	61614.95		
Corrected Total	18	4452084			

Root MSE	248.22359	R-Square	0.78522
Dependent Mean	49.55789	Adj R-Sq	0.75838
Coeff Var	500.87597		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	-9.61561	57.66113	-0.17	0.8696
d_PMMBR_1	1	0.394267	0.110451	3.57	0.0026
d_MC	1	0.612326	0.144384	4.24	0.0006

Model PMAYOREO
 Dependent Variable d_PMMBR_1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	4720308	2360154	13.95	0.0003
Error	16	2707098	169193.6		
Corrected Total	18	7427406			

Root MSE	411.33152	R-Square	0.63553
Dependent Mean	93.16053	Adj R-Sq	0.58997
Coeff Var	441.52983		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	15.81305	96.4198	0.16	0.8718
d_PIMAR_1	1	0.832708	0.159393	5.22	<.0001
d_PMMBRL_1	1	0.071824	0.151674	0.47	0.6422

Endogenous Variables

	d_QPMA	d_QDMA	d_PMRMBR_1	d_PMMBR_1	SCEMA
OFERTA	1	0	0	0	0
DEMANDA	0	1	0	1882.266	0
PPRODUCTOR	0	0	1	-0.39427	0
PMAYOREO	0	0	0	1	0
SALDO	1	-1	0	0	1

Exogenous Variables

	Intercept	d_PMRMBRL	d_PMR SRL	d_PUREAR	d_d_QPMAL
OFERTA	176004.2	1052.725	-1173.43	-40.9344	0.185481
DEMANDA	747614.1	0	0	0	0
PPRODUCTOR	-9.61561	0	0	0	0
PMAYOREO	15.81305	0	0	0	0
SALDO	0	0	0	0	0

Exogenous Variables

	d_INGR_2	d_QDMAL	d_MC	d_PIMAR_1	d_PMMBRL_1
OFERTA	0	0	0	0	0
DEMANDA	76.87747	0.049455	0	0	0
PPRODUCTOR	0	0	0.612326	0	0

PMAYOREO	0	0	0	0.832708	0.071824
SALDO	0	0	0	0	0

Inverse Endogenous Variables

	OFERTA	DEMANDA	PPRODUCTOR	PMAYOREO	SALDO
d_QPMA	1	0		0	0
d_QDMA	0	1		-1882.27	0
d_PMRMBR_1	0	0		1	0.394267
d_PMMBR_1	0	0		0	1
d_SCEMA	-1	1		0	-1882.27

Reduced Form

	Intercept	d_PMRMBRL	d_PMRSRL	d_PUREAR	d_d_QPMAL
d_QPMA	176004.2	1052.725	-1173.43	-40.9344	0.18548
d_QDMA	717849.8	0	0	0	0
d_PMRMBR_1	-3.38104	0	0	0	0
d_PMMBR_1	15.81305	0	0	0	0
d_SCEMA	541845.5	-1052.73	1173.433	40.9344	-0.18548

	d_INGR_2	d_QDMAL	d_MC	d_PIMAR_1	d_PMMBRL_1
d_QPMA	0	0	0	0	0
d_QDMA	76.87747	0.049455	0	-1567.38	-135.193
d_PMRMBR_1	0	0	0.612326	0.32831	0.02832
d_PMMBR_1	0	0	0	0.832708	0.07182
d_SCEMA	76.87747	0.049455	0	-1567.38	-135.193