

## Determinantes de la demanda de maíz en México, 1970-2020

---

Mauricio García-Matamoros<sup>1</sup>  
Roberto Carlos García-Sánchez<sup>1§</sup>  
Roberto García-Mata<sup>1</sup>  
Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>2</sup>

1 Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56264. Tel. 595 1162369. Tel. 595 9520200, ext. 1841. Tel. 595 9520200, ext. 1831. ([garcia.mauricio@colpos.mx](mailto:garcia.mauricio@colpos.mx)). ([rory@colpos.mx](mailto:rory@colpos.mx)).

2 Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. Tel. 800 0882222, ext. 85353. ([sangerman.dora@inifap.gob.mx](mailto:sangerman.dora@inifap.gob.mx)).

Autor para correspondencia: [rcgarcia@colpos.mx](mailto:rcgarcia@colpos.mx)

---

### Resumen

El maíz es uno de los productos agrícolas más demandados por su importancia en la dieta nutricional humana, en el sector pecuario y por ser la materia prima de más de cuatro mil productos. En 2020 México ocupó la cuarta posición a nivel mundial en el consumo de este grano. En el periodo 1970-2020, la demanda de maíz y su producción tuvieron una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 3.03% y 2.28%. Para satisfacer la demanda se recurrió a las importaciones de maíz, estas tuvieron una TCMA de 6.27%. Los objetivos fueron identificar las principales variables que determinan la demanda de maíz grano en México y evaluar la sensibilidad de la cantidad demandada ante cambios en las variables exógenas. Se usaron datos anuales en la estimación de tres modelos de regresión lineal múltiple. Los determinantes de la demanda se analizaron a través de la magnitud y el signo de las elasticidades. Los resultados mostraron que la demanda de maíz es inelástica, las elasticidades precio fueron -0.7529, -0.7994 y -0.7552. Las elasticidades ingreso fueron 0.516, 0.3007 y 0.5016; por ende, el maíz grano se clasificó como un bien normal necesario. La elasticidad precio cruzada respecto al precio de frijol fue -0.0871, este grano se catalogó como complementario débil. Las elasticidades cruzadas respecto al sorgo (0.1079), arroz (0.2568) y trigo (0.1755), mostraron que existe una sustitución débil del maíz con estos productos. Los modelos y las elasticidades fueron congruentes y consistentes con la teoría de la demanda, además se obtuvieron pronósticos apropiados y significativos estadísticamente.

### Palabras clave:

consumo, elasticidades, regresión lineal múltiple.

---



## Introducción

El maíz es de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria (ASERCA, 2018). Es un cultivo fundamental para México, por los niveles de producción que alcanza, por su consumo, la incidencia en las importaciones agrícolas y por estar presente en la elaboración de más de cuatro mil productos (CEFP, 2007). A nivel mundial, el maíz amarillo tiene la mayor superficie sembrada y producción.

En contraste con México, donde el maíz blanco ocupa el primer lugar, la producción de este cumple en su totalidad con la demanda nacional y su principal uso es en el consumo humano. La oferta de maíz amarillo cubre el 24% de los requerimientos nacionales (SIAP, 2019) y se destina al sector pecuario e industrial (CEFP, 2007).

En 2020 Estados Unidos fue el principal productor, exportador y consumidor de maíz en el mundo. China se consolidó como el segundo productor y consumidor global. México fue el principal importador de maíz, ocupó el séptimo lugar en producción y el cuarto en el consumo (FAO, 2022). De 1970 a 2020, el consumo aparente de maíz tuvo una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 3.03%, pasó de 9.64 a 43.06 millones de toneladas.

En este periodo la producción nacional no aumentó al mismo ritmo que el consumo, esta creció de 8.87 a 27.42 millones de toneladas, a una TCMA 2.28%. Para satisfacer la demanda fue necesario recurrir a la importación de maíz grano, esta presentó una TCMA de 6.27%. En 2020 alrededor del 37% del maíz que se consumió fue importado. En los países en desarrollo, la demanda de cereales ha crecido con mayor rapidez que la producción a lo largo de las últimas tres décadas (FAO, 2021). En México, el consumo de maíz ha sido sensible a la política comercial internacional, donde el principal efecto se ha reflejado en los precios.

El mercado del maíz se volvió deficitario a finales de la década de los ochenta, desde entonces las importaciones procedentes de Estados Unidos han presentado una tendencia creciente (CEFP, 2007). Con apertura comercial por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se presentaron diferencias en precios. México tenía un precio más alto en productos básicos como: maíz, frijol, sorgo, trigo y arroz. Los precios bajos en otros países provocaron que las importaciones de estos productos crecieran (Martínez y Hernández, 2012).

A partir del 2013, las políticas agrícolas y comerciales de China se enfocaron en proteger a sus productores de maíz a través de subsidios a la producción, compras gubernamentales y de restricciones a la importación. Esto dio como resultado que China demandara menos grano a Estados Unidos. Esto creó un excedente de grano, por ende, que disminuyeran los precios internacionales del maíz, lo cual ocasionó que México incrementara las importaciones de este cereal (Tran *et al.*, 2015).

La mayor parte del maíz que se importó a México correspondió a la variedad amarilla, cuya demanda mostró un crecimiento sostenido en el periodo que abarcó los ciclos productivos de 2012/2013 a 2020/2021 (Araujo, 2022). La dependencia a las importaciones ha situado al país en una situación vulnerable (Massieu y Lechuga, 2002). De acuerdo con datos de la FAO (2022), la demanda mundial crecerá de forma sostenida, impulsada por el consumo forrajero, humano e industrial. Estudios relacionados se basaron en modelos econométricos y en la teoría de mercados, para explicar la demanda de maíz.

Pérez y Venegas (2017) elaboraron una investigación sobre el impacto de la producción de bioetanol en los precios de productos agrícolas en México. A partir de la aplicación de un Sistema de Demanda Casi Ideal, estimaron elasticidades Marshallianas y Hicksianas. Las elasticidades precio del maíz resultaron inelásticas en ambas metodologías. Un estudio realizado por Anindita *et al.* (2022) sobre la demanda de alimentos a base de carbohidratos en los hogares, se utilizó un modelo de Demanda Casi Ideal de aproximación lineal.

Se encontró que la demanda está determinada por el precio, el ingreso y el número de integrantes del hogar, asimismo, el maíz resultó ser un bien inelástico. Reyes *et al.* (2022) analizaron el

mercado de maíz en México a través de ecuaciones simultáneas. Respecto al modelo de demanda, las variables utilizadas fueron ingreso, precios al consumidor de maíz y frijol.

Los resultados mostraron que la demanda de maíz responde de manera inelástica a la variación del precio propio y que el frijol es un bien complementario. Bautista *et al.* (2019) evaluaron el efecto de PROAGRO y TLCAN en el autoconsumo de maíz por medio de un modelo de ecuaciones simultáneas. La cantidad demandada se modeló en función del ingreso disponible, la población humana y los precios al consumidor de maíz y frijol.

Se encontró que la demanda es inelástica en relación con el precio, el maíz fue un bien normal necesario y el frijol resultó complementario. Egwuma *et al.* (2019) realizaron un estudio sobre los factores que influyen en la oferta y la demanda de maíz en Nigeria, para el período 1995 a 2017. Usaron un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos, donde los principales determinantes de la demanda fueron el precio al menudeo del maíz, el precio al menudeo del sorgo y el ingreso per cápita.

Encontraron que la demanda de maíz es inelástica y que el sorgo es un bien sustituto. Moreno *et al.* (2016) estudiaron la dependencia de México a las importaciones de maíz a partir de la entrada del TLCAN. La demanda del grano se modeló en función del precio, el ingreso, la población y una variable dicótoma para el periodo de la apertura comercial. Los resultados mostraron que el mercado interno depende del precio esperado y del ingreso.

Por lo anterior, el objetivo fue identificar y analizar las variables que determinan la demanda de maíz grano en México de 1970 a 2020. Se planteó como hipótesis, que las variables que influyen en la cantidad demandada de maíz sean precio propio, ingreso disponible, población humana y los precios de arroz, frijol, sorgo y trigo. De igual forma, se consideró que la demanda de maíz puede ser afectada por políticas agrícolas nacionales e internacionales.

## Materiales y métodos

La presente investigación se enfocó en analizar la demanda de maíz en México de 1970 a 2020, a través del ajuste de tres modelos de regresión lineal múltiple, que incluyen a las variables especificadas por la teoría económica. De acuerdo con Tomek y Kaiser (2014), los determinantes que influyen en la cantidad demandada son: el precio del producto, factores demográficos como el tamaño de la población, factores económicos como el ingreso y su distribución, precios y disponibilidad de otros productos.

Gustos y preferencias del consumidor que pueden verse influenciados por los niveles de educación, experiencias de vida, información y publicidad. La formulación de los modelos se basó en estudios previos y en la teoría de la demanda. Se estimó un modelo con nueve variables independientes, sin embargo, no todas fueron significativas. La solución fue desarrollar tres modelos, donde se consideró como base a la cantidad demandada en función del precio propio y el ingreso. Por otra parte, las variables correspondientes a población, precios de bienes relacionados y dicótomos, se distribuyeron entre los tres modelos.

La forma funcional en los modelos uno y dos fue lineal, mientras que el tercero fue doble logarítmico (log-log). La forma matemática de los modelos se presenta a continuación:

Modelo 1:

$$QDM_t = \beta_0 + \beta_1 PMMR_t + \beta_2 YNR_t + \beta_3 POB_t + \beta_4 PFMR_t + \beta_5 PAMR_t + \beta D1_t + e_i$$

Modelo 2:

$$QDM_t = \beta_7 + \beta_8 PMMR_t + \beta_9 YNR_t + \beta_{10} POB_t + \beta_{11} PTMR_{tt} + \beta_{12} D1_t + \beta_{13} D2_t + e_i$$

Modelo 3:

$$\text{Log}(QDM_t) = \beta_{14} + \beta_{15} \text{Log}(PMMR_t) + \beta_{16} \text{Log}(YNR_t) + \beta_{17} \text{Log}(PSMR_t) + e_i$$

Donde:  $QDM_t$  = cantidad demandada de maíz grano (toneladas);  $PMMR_t$  = precio del maíz al mayoreo real (pesos por tonelada);  $YNR_t$  = Ingreso nacional disponible real (miles de millones

de pesos);  $POB_t$  = población (habitantes);  $PFMR_t$  = precio del frijol al mayoreo real (pesos por tonelada);  $PAMR_t$  = precio del arroz al mayoreo real (pesos por tonelada);  $PTMR_t$  = precio del trigo al mayoreo real (pesos por tonelada);  $PSMR_t$  = precio del sorgo al mayoreo real (pesos por tonelada);  $D1_t$  = variable dicótoma 1 (periodo de pandemia COVID-19);  $D2_t$  = variable dicótoma 2 (políticas proteccionistas aplicadas por China);  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{17}$  = coeficientes de regresión;  $e_1$  = términos de error.

En México no se reporta la cantidad demanda de maíz ( $QDT_t$ ), en su lugar se realizó una aproximación mediante el consumo nacional aparente ( $CNA_t$ ) de este grano.  $QDT_t = CNA_t = PN_t + IMP_t - EXP_t$ , donde la producción nacional ( $PN_t$ ), las importaciones ( $IMP_t$ ) y las exportaciones ( $EXP_t$ ) de maíz grano se obtuvieron de la FAO (2022). La población humana anual de México se consultó del Banco Mundial (2022a).

El ingreso se estimó de la siguiente forma: el producto interno bruto (PIB) información obtenida del Banco Mundial (2022b) se transformó a pesos mexicanos mediante el tipo de cambio, el cual se tomó de BANXICO (2022a). El Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), se obtuvo de BANXICO (2022b). Se utilizó información sobre precios al mayoreo de cinco productos agrícolas: maíz, frijol, sorgo, arroz y trigo, la cual provino de anuarios estadísticos del SNIIM (2022), de Salís (1990), de INEGI (2009) y de CEDRSSA (2020).

Las variables monetarias se deflactaron con el INPC base segunda quincena de julio 2018. La primera variable dicótoma tomó valor de 0 de 1970 a 2019 y valor de 1 para el periodo de pandemia en México; es decir, de 2020 en adelante. La segunda variable dicótoma tomó valor de 0 de 1970 a 2012 y 1 durante el efecto de la política proteccionista de China (2013-2020).

Una vez definidos los modelos de regresión lineal múltiple, se procedió a estimar los coeficientes. De acuerdo con Gujarati y Porter (2010) el análisis de regresión trata el estudio de la dependencia de una variable dependiente respecto de una o más variables explicativas, con el objetivo de generar el valor promedio de la primera en términos de los valores conocidos de las segundas.

Se expresa en forma matricial de la siguiente forma:  $y = X\beta + \varepsilon$ ; donde:  $y$  = vector columna  $n \times 1$  de observaciones sobre la variable dependiente  $Y$ ;  $X$  = matriz de datos  $n \times k$ , con  $n$  observaciones sobre las  $k - 1$  variables  $X_1$  a  $X_k$ , y la primera columna de números 1 representa el término del intercepto;  $\beta$  = vector columna  $k \times 1$  de los parámetros desconocidos  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ;  $\varepsilon$  = vector columna  $n \times 1$  de perturbaciones  $\varepsilon$ .

Para estimar los parámetros del modelo de regresión, se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios:  $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y$ , además de cumplir con el supuesto de  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ . Lo anterior proporciona un método compacto para analizar y obtener la solución de modelos de regresión lineal con cualquier número de variables. Las pruebas de hipótesis constituyeron la segunda parte del análisis de regresión.

El valor  $p$  es la probabilidad exacta de obtener el estadístico de prueba estimado conforme a la hipótesis nula. Se fija  $\alpha$  en algún nivel de significancia y se rechaza la hipótesis nula si el valor  $p$  es menor que  $\alpha$  (Gujarati y Porter, 2010). En el análisis estadístico se tomaron en cuenta los siguientes criterios: el valor de probabilidad (valor  $p > 0.05$ ) para probar las hipótesis de los supuestos del modelo de regresión. Se utilizó el criterio de  $F$  calculada para evaluar la significancia global del modelo.

En la significancia individual de los parámetros se empleó el estadístico  $t$ . Se eligieron a los modelos con una  $R^2$  ajustada más elevada. Para encontrar la presencia de autocorrelación en los modelos se usó el estadístico  $d$  de Durbin-Watson. En la detección de heteroscedasticidad fue empleada la prueba de White y la de Breusch-Pagan. Para comprobar la normalidad de los residuales, se utilizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov.

Los modelos estimados se validaron con base en los signos de cada parámetro, de acuerdo con lo establecido por la teoría económica. Una vez definidos los determinantes de la demanda, fue necesario conocer en qué magnitud aumenta o disminuye la cantidad demandada, cuando varía uno de sus factores determinantes, *ceteris paribus*. La magnitud de tales cambios se mide con el llamado coeficiente de elasticidad.

De acuerdo con García *et al.* (2003), la elasticidad precio propia de la demanda ( $E_p$ ), es una relación que expresa el cambio porcentual en la cantidad demandada de un producto por unidad de tiempo, asociada con un cambio porcentual en el precio de este, al mantener constantes los demás factores. Cuando se conoce la función, se expresa de la siguiente manera:

$$E_p = \frac{\partial Q_i}{\partial P_i} * \left[ \frac{P_i}{Q_i} \right]$$

El coeficiente de la elasticidad-ingreso de la demanda ( $E_i$ ), mide el cambio porcentual en la cantidad demandada de un bien por unidad de tiempo, como resultado de un cambio porcentual dado en el ingreso del consumidor, *ceteris paribus*. Cuando se conoce la función:

$$E_i = \frac{\partial Q}{\partial I} * \left[ \frac{I}{Q} \right]$$

El coeficiente de la elasticidad-cruzada de la demanda ( $E_{ij}$ ), mide el cambio porcentual de la cantidad demandada de un bien dado (i), ante un cambio porcentual en el precio de un bien relacionado (j), *ceteris paribus*. Cuando se conoce la función de demanda:

$$E_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial P_j} * \left[ \frac{P_j}{Q_i} \right]$$

Por su parte en el modelo log-log, todas las variables se expresan en forma logarítmica. El coeficiente de regresión asociado al logaritmo de una variable independiente se interpreta como la elasticidad (Gujarati y Porter, 2010). Se utilizaron los procedimientos PROC REG, PROC AUTORREG y PROC UNIVARIATE del software Statistical Analysis System versión 9.4 (SAS Institute, Inc., 2014), en el ajuste de los modelos y en la verificación de los supuestos básicos.

## Resultados y discusión

Los resultados del primer modelo se presentan en el Cuadro 1. Los signos de los coeficientes estimados son congruentes con la teoría de la demanda. Los parámetros de las variables  $PMMR_t$ ,  $YNR_t$ ,  $PAMR_t$  y  $D1_t$  fueron significativos a un nivel de confianza de 95% (0.05), las variables  $POB_t$  y  $PFMR_t$  también se consideraron, dado que el valor de  $t$  fue mayor a la unidad, así como para cumplir con la correcta especificación del modelo.

**Cuadro 1. Parámetros estimados para el primer modelo lineal de demanda de maíz grano en México, 1970-2020.**

	Intercepto	$PMMR_t$	$YNR_t$	$POB_t$	$PFMR_t$	$PAMR_t$	$D1_t$
Parámetro	14577725	-2329.51	896.659	0.09708	-84.6132	272.3908	7634108
Valor t	1.89	-4.43	4.44	1.44	-1.98	3.58	3.09
Pr >  t	0.0649	<0.0001	<0.0001	0.156	0.0544	0.0009	0.0034
F-valor							<0.0001
R <sup>2</sup>							0.9624
R <sup>2</sup> ajustada							0.9573

Modelo 1.  $PMMR_t$ = precio del maíz al mayoreo real;  $YNR_t$ = ingreso nacional disponible real;  $POB_t$ = población;  $PFMR_t$ = precio del frijol al mayoreo real;  $PAMR_t$ = precio del arroz al mayoreo real;  $D1_t$ = variable dicótoma 1.

El modelo presentó una  $F = 187.84$  ( $F < 0.0001$ ) lo que indica que las variables independientes incluidas en este explican correctamente a la variable dependiente. El coeficiente de determinación indica que el 96.24% de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables independientes.

Después de estimar los parámetros se verificaron los supuestos básicos del modelo de regresión lineal múltiple. En el primer modelo el estadístico Durbin-Watson fue de 2.07, presentó un valor  $p= 0.77$ , lo cual afirma que no existe autocorrelación en los residuales. El contraste de heteroscedasticidad de White presentó un valor  $p= 0.25$ , esto indica que los residuales son homoscedásticos. En el estadístico para normalidad de Shapiro-Wilk se obtuvo un valor  $p= 0.2025$ , quiere decir que los residuales provienen de una distribución normal.

A continuación, se muestran los resultados de la forma estructural del segundo modelo (Cuadro 2). Se observa que los signos de los parámetros estimados son los esperados con base en la teoría económica. La prueba de significancia global fue significativa, presentó una  $F= 294.96$  ( $F < 0.0001$ ). El coeficiente de determinación indica que el 97.57% de las variables independientes explican a la dependiente.

**Cuadro 2. Parámetros estimados para el segundo modelo lineal de demanda de maíz grano en México, 1970-2020.**

	Intercepto	PMMR <sub>t</sub>	YNR <sub>t</sub>	POB <sub>t</sub>	PTMR <sub>t</sub>	D1 <sub>t</sub>	D2 <sub>t</sub>
Parámetro	22756225	-2473.208	522.4323	0.0607	781.8638	7181357	5725541
Valor t	3.79	-5.56	2.96	1.16	2.48	3.61	5.77
Pr >  t	0.0005	<0.0001	0.005	0.2537	0.0171	0.0008	<0.0001
F-valor							<0.0001
R <sup>2</sup>							0.9757
R <sup>2</sup> ajustada							0.9724

Modelo 2. PMMR<sub>t</sub>= precio del maíz al mayoreo real; YNR<sub>t</sub>= ingreso nacional disponible real; POB<sub>t</sub>= población; PTMR<sub>t</sub>= precio del trigo al mayoreo real; D1<sub>t</sub>= variable dicótoma 1; D2<sub>t</sub>= variable dicótoma 2.

Respecto a la significancia de cada parámetro (prueba de t), seis de los siete coeficientes de regresión fueron significativos al 95% ( $p > 0.05$ ), la variable POB<sub>t</sub> no fue significativa pero su valor de t fue mayor a uno. Los resultados anteriores muestran que el modelo dos tiene el mejor ajuste en comparación con los modelos uno y tres.

En el modelo dos, el estadístico de Durbin-Watson fue:  $d= 1.9422$ , con un valor  $p= 0.8502$ , esto indica que no existe autocorrelación. El contraste de heteroscedasticidad de Breusch-Pagan generó un valor  $p= 0.06$ , se concluye que los residuales no presentan heteroscedasticidad. En la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se obtuvo un valor  $p= 0.3296$ , se afirma que los residuales provienen de una distribución normal, lo cual denota alta confiabilidad de los datos.

En el Cuadro 3 se observan los resultados del modelo doble logarítmico. Los parámetros estimados presentan con los signos esperados. El valor  $F= 277.98$  ( $F < 0.0001$ ) denota que el modelo es significativo, esto indica que las variables incluidas en el modelo explican de forma adecuada a la demanda de maíz. En la prueba de t los coeficientes de regresión fueron significativos a un nivel de 0.05 (LPMMR<sub>t</sub> y LYNR<sub>t</sub>) y 0.1 (LPSMR<sub>t</sub>). El coeficiente de determinación muestra que el 94.32% de la variación en la variable dependiente es descrita por las variables independientes.

**Cuadro 3. Parámetros estimados para el modelo log-log de demanda de maíz grano en México, 1970-2020.**

	Intercepto	LPMMR <sub>t</sub>	LYNR <sub>t</sub>	LPSMR <sub>t</sub>
Parámetro	16.7415	-0.75522	0.50164	0.10789
Valor t	8.86	-5.63	7.23	1.86
Pr >  t	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0695
F-valor				<0.0001
R <sup>2</sup>				0.9466
R <sup>2</sup> ajustada				0.9432

Modelo doble logarítmico. LPMMR<sub>t</sub>= logaritmo del precio del maíz al mayoreo real; LYNR<sub>t</sub>= logaritmo del ingreso nacional disponible real; LPSMR<sub>t</sub>= logaritmo del precio del sorgo al mayoreo real.

El estadístico de Durbin-Watson fue ( $d= 2.0482$ ) con una  $p= 0.3414$ , por lo que se comprueba que no existe autocorrelación. El contraste de heteroscedasticidad de White presentó una  $p= 0.0573$ , lo cual indica que el modelo no muestra problemas de heteroscedasticidad. En la prueba de normalidad se utilizó el estadístico de Kolmogórov-Smirnov, se obtuvo una  $D= 0.1216$  con una  $p= 0.0587$ , este valor denota que los residuales se ajustan a una distribución normal.

Con base en el análisis de regresión múltiple, se crearon modelos estadísticamente significativos y consistentes con la teoría de la demanda, estos permitieron generar predicciones a un año (Cuadro 4). Se observa que la diferencia porcentual en términos absolutos entre el valor reportado por la estadística oficial y el estimado, es menor al 5%, lo que demuestra que la capacidad predictiva de los tres modelos es aceptable. Los modelos uno y dos sobreestimaron la demanda, mientras que el modelo tres la subestimó. El segundo modelo presentó el mejor ajuste y predicción, cuya diferencia entre la demanda observada y la predicha fue equivalente a 0.36 millones de toneladas.

**Cuadro 4. Comparación entre el valor observado y el estimado de la demanda de maíz en México.**

Modelo	Valor observado 2021*	Valor estimado 2021	Diferencia porcentual
Modelo 1	43 403 477.82	44 046 898.17	1.48%
Modelo 2	43 403 477.82	43 770 629.36	0.85%
Modelo 3	43 403 477.82	41 247 270.27	4.97%

Predicción de los modelos. \* = FIRA (2022).

La magnitud de los parámetros estimados se complementó con el cálculo de las elasticidades. En el Cuadro 5 se observa que las elasticidades presentan el signo esperado. Las elasticidades precio propio fueron -0.753, -0.7994 y -0.7552 para los modelos 1, 2 y 3 respectivamente. De acuerdo con García *et al.* (2003) los valores menores a la unidad clasifican al producto como inelástico.

**Cuadro 5. Elasticidades de la demanda de maíz en México 1970-2020.**

Variable independiente	Modelo 1 (Lineal)	Modelo 2 (Lineal)	Modelo 3 (Log-log)
$PMMR_t$	-0.753	-0.7994	-0.7552
$YNR_t$	0.516	0.3007	0.5016
$PFMR_t$	-0.0871		
$PAMR_t$	0.2568		
$PTMR_t$		0.1755	
$PSMR_t$			0.1079
$POB_t$	0.4001	0.2505	

Con base en los coeficientes de los modelos estimados.  $PMMR_t$ = precio del maíz al mayoreo real;  $YNR_t$ = ingreso nacional disponible real;  $PFMR_t$ = precio del frijol al mayoreo real;  $PAMR_t$ = precio del arroz al mayoreo real;  $PTMR_t$ = precio del trigo al mayoreo real;  $PSMR_t$ = precio del sorgo al mayoreo real;  $POB_t$ = población.

La elasticidad precio del tercer modelo indica que, si el precio al mayoreo del maíz aumentara en 10%, la cantidad demandada disminuiría 7.55%, *ceteris paribus*. Resultados similares fueron estimados por Pérez y Venegas (2017), quienes reportaron una elasticidad precio de -0.799. Reyes *et al.* (2022) encontraron una de -0.78. Anindita *et al.* (2022) obtuvieron una de -0.964. Al comparar las elasticidades de este estudio con las de otros autores, se afirma que los coeficientes obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de la magnitud esperada.

Las elasticidades ingreso fueron 0.5160, 0.3007 y 0.5016. En el primer modelo la elasticidad calculada fue 0.516, esto implica que ante un aumento del 10% en el ingreso nacional disponible, la demanda de maíz grano se incrementaría en 5%, *ceteris paribus*. De acuerdo con García *et*

*al.* (2003) los bienes que tienen una elasticidad ingreso positiva y menor a la unidad se clasifican como bienes normales necesarios.

Estos resultados coinciden con los de Bautista *et al.* (2019), que obtuvieron una elasticidad de 0.4. La elasticidad ingreso estimada por Vargas (2017) fue de 0.42. La magnitud de la elasticidad ingreso fue consistente con la teoría de la demanda; asimismo, los estudios anteriores coinciden en que el maíz grano es un bien normal necesario. La elasticidad cruzada respecto al precio de frijol fue -0.0871, este valor indica que ante un aumento de 10% en el precio al mayoreo de frijol, la demanda de maíz se reduciría en 0.87%, *ceteris paribus*.

La elasticidad cruzada fue menor a cero, esto cataloga al frijol como un producto complementario del maíz. Un estudio realizado por Retes *et al.* (2013) encontraron una elasticidad cruzada de la demanda de tortilla de maíz respecto al precio del frijol igual a -0.29. Reyes *et al.* (2022) reportaron un coeficiente de elasticidad cruzada del maíz respecto al frijol igual a -0.23; asimismo, Bautista *et al.* (2019) obtuvieron una de -0.3.

Los estudios anteriores coinciden en el signo de la elasticidad. De acuerdo con la SADER (2019) el frijol y el maíz son productos complementarios, que han formado parte importante tanto de la dieta como de la economía mexicana, desde la época prehispánica hasta la actualidad. La elasticidad cruzada respecto al precio de arroz fue 0.2568, lo cual indica que por cada incremento de 10% en el precio al mayoreo del arroz, la cantidad demandada de maíz aumenta 2.56%, *ceteris paribus*.

La elasticidad estimada muestra una relación de sustitución entre maíz y arroz. Las elasticidades reportadas por Retes *et al.* (2013) de la tortilla de maíz respecto al arroz fueron 0.06 y 0.08, Anindita *et al.* (2022) obtuvieron una de elasticidad de maíz con arroz igual a 0.0357. La magnitud de las elasticidades de otros estudios es menor a la estimada en esta investigación, sin embargo, todas afirman que existe una sustitución entre estos granos.

La elasticidad precio cruzada de la demanda de maíz respecto al precio de trigo fue 0.1755; por lo tanto, se clasifica para estos productos como sustitutos. Este hallazgo coincide con el de Retes *et al.* (2013), quienes reportaron una elasticidad que vincula el precio de la tortilla de maíz con el pan de trigo igual a 0.18, en tanto que Anindita *et al.* (2022) obtuvieron una elasticidad cruzada de maíz con trigo igual a 0.0352.

Los estudios anteriores concuerdan en que existe una relación de sustitución entre estos cereales y en los productos derivados de ellos. De acuerdo con la SADER (2019), el desarrollo industrial del país demandará maíz y trigo en cantidades crecientes, ya sea para fabricar alimentos o transformarlos en diversos productos no alimenticios.

La magnitud de la elasticidad cruzada respecto al precio de sorgo fue 0.1079, esta elasticidad es notoriamente inferior a la reportada por Egwuma *et al.* (2019), cuyo valor fue 0.57, del mismo modo, en un estudio realizado por Carbajal *et al.* (2018), obtuvieron una elasticidad cruzada de 0.43. Con lo anterior se comprueba la relación de sustitución entre maíz y sorgo; no obstante, en este estudio se esperaba que la magnitud de la elasticidad fuera mayor, dado que durante los últimos años México ha sustituido gran parte de sus importaciones de sorgo por maíz para satisfacer la creciente demanda de alimentos balanceados por parte del sector pecuario.

Las elasticidades estimadas para la población humana fueron 0.4001 y 0.2505, esta variable tiene un efecto directo en el consumo del grano. Estos resultados son cercanos al obtenido por Bautista *et al.* (2019), donde la elasticidad que relaciona la cantidad demanda de maíz con la población fue 0.2. El aumento de la población ha incrementado la demanda de maíz para consumo humano, por medio del consumo de tortilla (Moreno *et al.*, 2016).

Por otra parte, el crecimiento de la población y la urbanización traen consigo el crecimiento en el consumo de productos de origen animal, esto ha ocasionado una parte de granos forrajeros se destinen al sector pecuario (Massieu y Lechuga, 2002). Las variables dicótomas D1 y D2 resultaron significativas. Esto se debió al impacto económico de la pandemia por COVID 19 y a la susceptibilidad de México a políticas agrícolas internacionales.



El efecto derivado de la política proteccionista de China fue la reducción en el precio internacional del maíz, lo cual repercutió en el aumento de las importaciones (Tran *et al.*, 2015). A partir de 2013 la variable dicótoma D2 permitió capturar el aumento en las importaciones de este, dando como resultado la sustitución del sorgo por maíz. Según datos de FAO (2022), entre los años 2013 y 2020 las importaciones pasaron de 7.1 a 15.9 millones de toneladas.

El mayor impacto de la pandemia se presentó en 2020 y 2021, la cual se modeló con la variable dicótoma D1. De acuerdo con datos de SNIIM (2022) ; FAO (2022), este evento causó aumento de 48% en el precio del grano, lo cual derivó en que la demanda no creciera y se mantuviera estable alrededor de los 43 millones de toneladas.

La variación en los valores de las elasticidades de esta investigación, respecto a otras investigaciones, se debe al uso de diferentes periodos de tiempo. Las elasticidades estimadas fueron similares a las reportadas en otros estudios, todos los signos fueron acordes con lo establecido por la teoría de la demanda. Lo anterior, permitió cumplir con el objetivo de analizar los determinantes de la demanda de maíz.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos de los modelos de regresión lineal múltiple reflejan que los determinantes que explican en mayor proporción a la variación de la cantidad demandada de maíz son el precio propio, el ingreso y la población. La demanda de maíz respondió de forma inversa e inelástica respecto a su precio, el ingreso tuvo un efecto directo, por lo que se considera como bien normal necesario.

Se encontró que el sorgo, trigo y arroz son productos sustitutos débiles del maíz, en tanto que el frijol se comportó como complementario débil. Los modelos y las elasticidades fueron congruentes y consistentes con la teoría de la demanda, además se obtuvieron pronósticos apropiados y significativos estadísticamente.

## Bibliografía

- 1 Anindita, R.; Amalina, F.; Sa'diyah, A. A.; Khoiriyah, N. and Muhaimin, A. W. 2022. Food demand for carbohydrate sources: linear approximation almost ideal demand system/ LA-AIDS Approach. *International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*. 6(2):11-19. Doi: <https://dx.doi.org/10.22161/ijhaf.6.2.3>.
- 2 Araujo, L. A. 2022 . Demanda, oferta y precio de maíz amarillo en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 26 (50):197-208. Doi: 10.22004/ag.econ.322014.
- 3 ASERCA. 2018. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. Maíz grano cultivado representativo de México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maizgranocultivorepresentativodemexico?idiom=es>
- 4 Banco Mundial. 2022 a. Población total de México, 1970-2020. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?end=2020&locations=MX&start=1970>.
- 5 Banco Mundial. 2022 b. PIB dólares a precios actuales México, 1970-2020. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MX>.
- 6 Bautista, M. F.; Reyes, S. E. y García, S. J. A. 2019. ¿Cómo afectan PROAGRO y el TLCAN el mercado de maíz en una región de autoconsumo? El caso de la huasteca hidalguense. *México. Acta Universitaria*. 29:1-14. Doi: <http://doi.org/10.15174.au.2019.2453>.
- 7 BANXICO. 2022a. Banco de México. Serie histórica diaria del tipo de cambio peso-dólar. <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF373&locale=es>.
- 8 BANXICO. 2022b. Banco de México. Precios al Consumidor (INPC). <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CP154&locale=es>.

- 9 Carbajal, G. M.; Rebollar, R. S.; Hernández, M. J.; Gómez, T. G. y Guzmán, S. E. 2018. Demanda de sorgo grano en México con la técnica de retrasos distribuidos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21(2):235-242.
- 10 CEDRSSA. 2020. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/57PAT%202020%20-%202020-08-10%20Precios%20al%20productor%20agropecuario.pdf>.
- 11 CEFP. 2007. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados. México: El mercado del maíz y la agroindustria de la tortilla. <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0042007.pdf>.
- 12 Egwuma, H.; Dutse, F.; Oladimeji, Y. U.; Ojeleye, O. A.; Ugbabe, O. O. and Ahmed, M. A. 2019. Demand and supply estimation of maize in Nigeria. *Nigeria. FUDMA Journal of Agriculture and Agricultural Technology*. 2(5):12-20.
- 13 FAO. 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s08.htm>.
- 14 FAO. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- 15 FIRA. 2022. Perspectivas 2022. <https://www.fira.gob.mx/Nd/NEstEcon.jsp>.
- 16 García, M. R.; García, S. J. A. y García, S. R. C. 2003. Teoría del mercado de productos agrícolas. Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía Estadística e Informática, Programa de Postgraduados en Economía. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 382 p.
- 17 Gujarati, D. N. y Porter, D. C. 2010. *Econometría*. McGraw-Hill. Interamericana editores, SA. de CV. 5<sup>ta</sup> Ed. México, DF. 914 p.
- 18 INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas históricas de México. Precios anuales al mayoreo. <https://www.inegi.org.mx>.
- 19 Martínez, D. M. A. y Hernández, O. J. 2012. Importaciones de granos básicos y precio interno en México: un enfoque de sistema de demanda inverso. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 4(9):401-410.
- 20 Massieu, T. Y. y Lechuga, M. J. 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*. 36 (17):281-303.
- 21 Moreno, S. L. I.; González, A. S. y Matus, G. J. A. 2016 . Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(7):115-126 .
- 22 Pérez, F. A. y Venegas, V. J. A. 2017. Producción de bioetanol en México: implicaciones socio-económicas. *Revista Internacional Administración y Finanzas*. 1(10):13-24.
- 23 Retes, M. R. F.; Torres, S. G. y Garrido R. S. 2013. Un modelo econométrico de la demanda de tortilla de maíz en México, 1996 -2008. Hermosillo, Sonora. *Estudios sociales*. 43(22):37-59.
- 24 Reyes, S. E.; Bautista, M. F. y García, S. J. A. 2022. Análisis del Mercado de maíz en México desde una perspectiva de precios. *México. Acta Universitaria* 32:1-16 . Doi: 10.15174/au.2022.3265.
- 25 SADER. 2019. Secretaría de Agricultura y Desarrollo. Granos básicos: alimentación, agricultura y comercio. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/granos-basicos-alimentacion-agricultura-y-comercio>.
- 26 Salís, R. R. 1990. Precios de garantía y política agraria, un análisis de largo plazo. *Revista Comercio Exterior*. 10(40):923-937.
- 27 SAS Institute Inc. 2014. *Statistical Analysis System. Version 9.4*. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA.

- 28 SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Maíz grano. <https://www.gob.mx/siap/maiz-grano/>.
- 29 SNIIM. 2022. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. Anuario Granos. Secretaría de Economía. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>.
- 30 Tomek, W. G. and Kaiser, H. M. 2014. Agricultural product prices. Fifth edition. Cornell University Press. 9-47 pp.
- 31 Tran, A.; Lee, T.; Motamed, M. and Hansen, J. 2015. China's agricultural policies reshape global sorghum trade. Amber Waves. <https://www.ers.usda.gov/amberwaves/2015/june/chinas-agricultural-policies-reshape-global-sorghumtrade/>.
- 32 Vargas, S. G. 2017. El mercado de harina de maíz en México. Una interpretación microeconómica. México. Economía Informa. 405:4-29. Doi: [https://doi.org/10.1016 / j.ecin.2017.07.001](https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.07.001).



## Determinantes de la demanda de maíz en México, 1970-2020

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 June 2024
Date accepted: 01 September 2024
Publication date: 14 November 2024
Publication date: Oct-Nov 2024
Volume: 15
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3325
DOI: 10.29312/remexca.v15i7.3325

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

consumo  
elasticidades  
regresión lineal múltiple

### Counts

Figures: 0

Tables: 5

Equations: 6

References: 32

Pages: 0