



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA DE MAÍZ (*Zea mayz L.*) EN MÉXICO

MAURICIO GARCÍA MATAMOROS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe, **“MAURICIO GARCÍA MATAMOROS”**, Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor **“DR. ROBERTO CARLOS GARCÍA SÁNCHEZ”**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **“ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN MÉXICO”**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco, Estado de México, a 23 de noviembre de 2018

Mauricio García Matamoros

Vo. Bo. del Dr. Roberto Carlos García Sánchez

La presente tesis titulada: “**Estimación de la función de demanda de maíz (*Zea mays L.*) En México**” realizada por el alumno: **Mauricio García Matamoros**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



Dr. Roberto Carlos García Sánchez

ASESOR (A)



Dr. Roberto García Mata

ASESOR (A)



Dr. Dora María Sangerman Jarquín

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2018

ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN MÉXICO

García Matamoros Mauricio, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

El maíz (*Zea mays L.*) es el cereal con mayor poder de transformación y el producto agrícola más consumido en el mundo. En México tiene gran importancia social, cultural y económica, sus derivados son considerados como alimentos indispensables en la dieta diaria por su contenido y aportación de nutrientes, además, es el soporte del sector pecuario. La demanda ha crecido más que la producción, por lo que en los últimos años se ha presentado un incremento de las importaciones de maíz. El objetivo de este trabajo fue elaborar tres modelos de regresión lineal múltiple con datos anuales, para identificar las principales variables económicas que determinan la demanda de maíz grano en México y, analizar el efecto de cada variable sobre cantidad demandada. El primer modelo se realizó con datos de 1970 a 2015. En este, se analizó el comportamiento de la demanda de maíz grano en el país. En los modelos dos y tres se usaron datos de 1990 a 2015. Se analizaron por separado los determinantes de la demanda de maíz blanco y amarillo. Las variables independientes de los modelos se eligieron con base a la teoría económica y se validaron con base a las pruebas estadísticas de “t”, “F” y “r cuadrada”. Los resultados en el primer modelo indicaron que el maíz es un bien inelástico (-0.23), un bien normal necesario (0.24), un grano sustituto del trigo (0.28) y un complementario del sorgo (-0.31). En el segundo modelo el maíz blanco fue un bien inelástico (-0.61), un bien normal necesario (0.48), un sustituto del maíz amarillo (0.61) y un complementario del frijol (-0.21). En el tercer modelo el maíz amarillo es más elástico (-1.21) que el maíz blanco, tuvo una elasticidad ingreso de 1.41 y fue un sustituto de la soya (0.5).

Palabras clave: maíz, demanda, elasticidades.

ESTIMATION OF THE CORN DEMAND FUNCTION (*Zea mays L.*) IN MEXICO

Mauricio García Matamoros

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Corn (*Zea mays L.*) is the cereal with the greatest transformation power and the most consumed agricultural product in the world. In Mexico it has great social, cultural and economic importance, its derivatives are considered as indispensable foods in the daily diet for its content and contribution of nutrients, also, it is the support of the livestock sector. Demand has grown more than production, so in recent years there has been an increase in corn imports. The objective of this research was to elaborate three models of multiple linear regression with annual data, to identify the main economic variables that determine the demand of grain corn in Mexico and to analyze the effect of each variable on quantity demanded. The first model was made with data from 1970 to 2015. In this, the behavior of the demand for grain corn in the country was analyzed. In models two and three, data from 1990 to 2015 were used. The determinants of demand for white and yellow corn were analyzed separately. The independent variables of the models were chosen based on economic theory and validated based on the statistical tests of “t”, “f” and “r square”. The results in the first model indicated that corn is an inelastic good (-0.23), a necessary normal good (0.24), a wheat substitute grain (0.28) and a sorghum complementary (-0.31). In the second model, white corn was an inelastic good (-0.61), a necessary normal good (0.48), a yellow corn substitute (0.61) and a bean complementary (-0.21). In the third model, yellow corn is more elastic (-1.21) than white corn, had an income elasticity of 1.41 and was a substitute for soy (0.5).

Key words: corn, demand, model, elasticities.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al Colegio Nacional de Ciencia y Tecnología a (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por haberme permitido a través de una maestría generar, difundir y aplicar mis conocimientos. Comprometiéndome así, con la sociedad, fomentando mi desarrollo personal, la eficiencia académica y la generación de conocimiento para beneficio de la sociedad

Agradezco a mis profesores, que se tomaron el arduo trabajo de transmitir diversos conocimientos, especialmente del campo y de los temas que corresponden a mi profesión, que supieron encaminarme por el camino correcto.

Agradezco a mi familia por su infinito apoyo y consejos, que destinaron su tiempo para enseñarme nuevas cosas, y por demostrarme que, el futuro pertenece a los que creen en la belleza de sus sueños.

Infinitas gracias a quienes estuvieron conmigo en este camino.

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi familia, por haber puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida.

A mis amigos: Jazmín, Eleazar, Fidel, Josué, Magda, Magnolia, Daniela, Efraín y Elia.

A Kira y Araceli por estar siempre preocupadas y atentas por mi desarrollo, tanto profesional como personal.

A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Contexto general	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis general.....	4
1.5 Metodología	5
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
CAPÍTULO III. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL MAÍZ.....	11
3.1 Contexto internacional del maíz.....	11
3.1.1 Producción mundial.....	11
3.1.2 Importaciones mundiales.....	12
3.1.3 Exportaciones mundiales.....	13
3.1.4 Consumo	14
3.2 Contexto nacional del maíz.....	15
3.2.1 Producción.....	15
3.2.2 Importaciones	16
3.2.3 Exportaciones	17
3.2.4 Consumo	18
3.3 Maíz blanco y amarillo.....	19
3.3.1 Maíz amarillo	19
3.3.2 Maíz blanco	20
CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO	22
4.1 Teoría de la demanda	22
4.1.1 Conceptos básicos de la teoría de la demanda	22
4.1.2 Derivación de la curva de demanda.	27
4.1.3 Demanda de consumidor individual.....	32
4.1.4 Demanda de mercado	32
4.1.5 Factores determinantes de la demanda de productos agrícolas	32
4.1.6 Demanda estática y demanda dinámica.....	33

4.2 Elasticidades de la demanda.....	40
4.3 El modelo de regresión lineal.....	46
4.3.1 Regresión lineal múltiple: notación.....	46
4.3.2 Supuestos del modelo de regresión lineal múltiple	47
4.3.3 Mínimos cuadrados ordinarios	48
4.3.4 El coeficiente múltiple de determinación.....	50
4.3.5 El coeficiente múltiple de correlación.....	51
4.3.6 R^2 y R^2 ajustada.....	51
CAPITULO V. MODELO EMPÍRICO DE DEMANDA DE MAÍZ	53
5.1 Clasificación de las variables del modelo	53
5.2 La elección de un modelo.....	54
5.3 Funciones de demanda de maíz.....	54
5.3.1 Función de demanda de maíz en México	55
5.3.2 Función de demanda de maíz blanco en México	56
5.3.3 Función de demanda de maíz Amarillo en México.....	57
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
6.1 Análisis estadístico.....	58
6.1.1 Modelo de demanda de maíz 1970 a 2015	59
6.1.2 Modelo de demanda de maíz blanco 1990 a 2015	62
6.1.3. Modelo de demanda de maíz amarillo 1990 a 2015.....	64
6.2. Análisis económico de los resultados.....	66
6.2.1. Elasticidades demanda de maíz 1970 a 2015	67
6.2.2. Elasticidades de la demanda de maíz blanco 1990 a 2015.....	69
6.2.3. Elasticidades de la demanda de maíz amarillo 1990 a 2015	70
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
7.1. Conclusiones	72
7.2. Recomendaciones.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	78
ANEXO 1. Programación para modelo 1.....	79
ANEXO 2. Programación para modelo 2.....	81
ANEXO 3. Programación para modelo 3.....	82
ANEXO 4. Salida del modelo 1	83
ANEXO 5. Salida del modelo 2	89

ANEXO 6. Salida del modelo 3	94
ANEXO 7. Elasticidades.....	99

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.	12
Cuadro 2. Principales países importadores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.	13
Cuadro 3. Principales países exportadores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.....	13
Cuadro 4. Principales países consumidores de maíz (millones de toneladas) 2006 a 2015.	15
Cuadro 5. Resumen sobre las elasticidades de la demanda.	46
Cuadro 6. Modelo de regresión lineal múltiple.	60
Cuadro 7. Modelo de regresión lineal múltiple para maíz blanco.	63
Cuadro 8. Modelo de regresión lineal múltiple para maíz amarillo.	65
Cuadro 9. Coeficientes de las elasticidades de la demanda de maíz por variedad.	67

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Producción de maíz en México, 1970 a 2015.....	16
Gráfica 2. Importaciones de maíz en México, 1970 a 2015.....	17
Gráfica 3. Exportaciones de maíz en México, 1970 a 2015.....	18
Gráfica 4. Consumo aparente de maíz en México, 1970 a 2015.....	19
Gráfica 5. Consumo de maíz amarillo en México (millones de toneladas) de 1990 a 2015.	20
Gráfica 6. Consumo de maíz blanco en México (millones de toneladas) de 1990 a 2015.....	21
Gráfica 7. Demanda anual observada y predicha de maíz, 1971-2015.	61
Gráfica 8. Demanda observada y predicha de maíz blanco, 1991-2015.	63
Gráfica 9. Demanda observada y predicha de maíz blanco, 1971-2015.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de indiferencia.	24
Figura 2. Línea de presupuesto.....	25
Figura 3. Equilibrio del consumidor.....	26
Figura 4. Curva de ingreso-consumo y curva de Engel.....	28
Figura 5. Curvas de Engel.	29
Figura 6. Curva de precio-consumo y Curva de Demanda.....	31
Figura 7. Demanda estática en relación al precio del bien.	34
Figura 8. Demanda estática en relación al precio del bien.	35
Figura 9. La demanda estática cruzada.....	35
Figura 10. Desplazamiento simple o paralelo de la curva de demanda.....	36
Figura 11. Cambios estructurales de la curva de demanda.....	37

LISTA DE ACRÓNIMOS

CEFP:	Centro de Estudios de las Finanzas Públicas
CIMMYT:	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
EE. UU.:	Estados Unidos de América
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FAOSTAT:	Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FIRA:	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura.
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
MCO:	Mínimos Cuadrados Ordinarios
PIB	Producto Interno Bruto
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SAS	Sistema de Análisis Estadístico
SIAP:	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
SIAVI	Sistema de Información Arancelaria Vía Internet
SNIIM:	Secretaría de Economía Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados.
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual
USDA:	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto general

México es centro de origen y diversidad de maíz (*Zea mays L.*), un cultivo de importancia global. Es un alimento básico que provee carbohidratos, conformando el elemento central de las dietas de consumidores urbanos y rurales. Adicionalmente, este cultivo tiene un gran valor cultural, representando el origen de la vida en muchas cosmologías de los grupos indígenas de México y otros países de América Central (FAO, 2018).

El maíz es el cereal con mayor poder de transformación, es decir, es el ingrediente esencial de cerca de cuatro mil productos que conocemos, los cuales tienen como base los subproductos del maíz (SAGARPA, 2018), y junto con el trigo y el arroz son los cereales más importantes del mundo. Contiene elementos nutritivos útiles para los seres humanos y para los animales, se usa como materia prima en la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, como combustible (FAO, 2017).

La producción se divide en maíz blanco y maíz amarillo, el primero representa el 87% del total nacional, cubriendo completamente la demanda para la alimentación humana que requiere el país, por otra parte, el grano amarillo, que se destina a la industria y fabricación de alimentos balanceados para producción pecuaria, satisface sólo el 24% de los requerimientos nacionales (SAGARPA, 2018).

El maíz amarillo es uno de los principales productos que proporciona la pigmentación requerida para la industria avícola, que le da la coloración a la yema del huevo y a la carne de pollo. Otro producto, el color de caramelo, contribuye a la coloración de la cerveza. También tenemos el caso del almidón de maíz que se utiliza para acelerar el proceso de fermentación de la cerveza, la cual México exporta más de mil millones de dólares al año (AgroSíntesis, 2016).

El maíz blanco sin lugar a duda contribuye a la seguridad alimentaria, pues tiene como principal destino el consumo humano. Este grano se transforma para la elaboración de insumos para alimentos, ya sea a través de la nixtamalización para generar masa o bien, por medio de la

deshidratación y molienda para obtener harina, y posteriormente todos sus derivados (SAGARPA, 2016).

El cultivo del maíz grano representa el 11.53% del PIB agrícola, se estima que cada habitante de México cuenta para su consumo con 188 kilogramos al año de este grano, lo que equivale a poco más de medio kilo por día, considerando diferentes presentaciones como harinas, tortillas y botanas, entre otras. El maíz y frijol, se considera la base de la alimentación en México (INEGI, 2015).

En las últimas décadas en México se ha incrementado el consumo de carnes, principalmente la de aves, la carne de pollo es la preferida por el consumidor mexicano, seguida de la de bovino y porcino, obliga a la expansión de los cultivos que se requieren para elaborar alimentos balanceados. El incremento en la población y los cambios en los hábitos de consumo que distingue a la dieta contemporánea ha incidido en buena medida en la conformación del abasto con relación a los diferentes cultivos básicos, proceso que en México ha generado una creciente demanda de maíz, sorgo y soya (Cruz, 2013).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) estima un crecimiento sostenido en la demanda de granos para uso humano y forrajero. La demanda de granos se estructura bajo las siguientes categorías. Primero, el consumo de granos del sector pecuario está en función de la producción de carne y productos lácteos, así como de los precios reales de los cultivos. Segundo, el consumo per cápita y el uso industrial de granos están en función de los precios reales de productos agrícolas y el ingreso per cápita.

1.2 Planteamiento del problema

El maíz es el cultivo más importante de México, es uno de los logros agronómicos más grandes de la humanidad, es el cultivo que más se produce en el mundo. Actualmente, pese a las políticas económicas que han ocasionado que México importe más del 33% del maíz que consume, la producción de este cereal sigue estando estrechamente ligada a las tradiciones y la cultura de

las comunidades rurales. Además, la producción y los precios del maíz son importantes tanto para la seguridad alimentaria como para la estabilidad política en México (CIMMYT, 2017).

La industria del maíz en su conjunto tiene una demanda estimada de 36.5 millones de toneladas al año, frente a una oferta de tan sólo 23.5. Esto significa que se necesitan importar alrededor de 13 millones de toneladas al año. Los maiceros ven que su problema se agrava con esta importación (AgroSíntesis, 2016).

El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional. Por otra parte, el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal. México siempre ha sido deficitario en maíz amarillo y actualmente es uno de los mayores importadores a nivel mundial, El sector pecuario ocupa el 54% de las importaciones de maíz amarillo, en segundo lugar, se ubica el sector almidonero con 36%, después el sector de la harina con el 6% y finalmente los sectores de cereales y botanas que ocupan el 2% cada uno (AgroSíntesis, 2016).

De acuerdo con datos de SIAP, USDA y FAO, la tasa de crecimiento media anual de la demanda crece más que la producción, si bien, se ha presentado escasez de maíz en el mercado interno se ha llegado a asociar al aumento en los precios de los insumos necesarios para producir, al acaparamiento de algunos productores y distribuidores del grano, en los últimos años se ha presentado un incremento de las importaciones, lo cual indica problemas en la soberanía alimentaria en el país y una mala planeación del agrícola en granos básicos.

El cultivo y transformación del maíz es fuente de empleo y alimento para un número importante de personas dada su importancia económica y social, en México es superior a la de cualquier otro cultivo. Se espera que la población siga creciendo, con esto el consumo, por lo tanto, constituye un instrumento analítico y la base estadística fundamental para para analizar la actividad del sector agroalimentario.

Adicionalmente, se espera que la actividad pecuaria continúe en aumento, principalmente la carne de pollo y la producción de huevo, por lo cual, el consumo de maíz amarillo mantenga

una tendencia al alza. Ante este escenario es necesario conocer el comportamiento del consumo o demanda de maíz grano.

Por la demanda en aumento y debido a que el maíz se considera un producto agrícola de consumo principal en la dieta mexicana, como grano forrajero para el sector pecuario y materia prima de la industria de transformación. Se planteó realizar un estudio sobre la demanda de maíz, para los periodos de 1970 a 2015 y 1990 a 2015, con la finalidad de analizar los principales factores en el consumo de este grano.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Elaborar tres modelos de regresión lineal múltiple con datos anuales, para identificar las principales variables económicas que determinan la demanda de maíz grano en México y, analizar la magnitud del efecto de cada variable sobre cantidad demandada.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estimar un modelo uniecuacional de demanda de maíz grano para el periodo de 1970 a 2015.
- Estimar dos modelos de regresión lineal múltiple para las variedades de maíz blanco y maíz amarillo para el periodo de 1990 a 2015.
- Realizar un análisis económico mediante elasticidades, para cuantificar los efectos de cada variable sobre la cantidad demanda, en cada modelo estimado.

1.4 Hipótesis general

Las principales variables que determinan la cantidad demandada de maíz son los precios al mayoreo, el ingreso real disponible y la población humana. Se espera que el maíz grano se comporte como un bien inelástico, por sus cualidades de tener pocos productos sustitutos y barios complementarios, por la importancia social y cultural del maíz en México, se considera a este cereal como bien normal necesario.

1.5 Metodología

Para analizar el consumo de maíz en México se elaboran tres modelos econométricos con series de tiempo anuales. La serie de tiempo para cada modelo se determinó por la disponibilidad de datos. El primer modelo comprende un periodo de estudio del año 1970 hasta el 2015, con la finalidad de analizar el comportamiento de la demanda de maíz grano en el país. El segundo y tercer modelo comprenden una serie de datos del año 1990 hasta el 2015, se analiza los determinantes de la demanda de maíz blanco y amarillo por separado.

Para estimar los parámetros de cada función fue necesario contar con series de tiempo anual para cada variable, es decir, cantidad demandada del producto, su precio propio, la población, el ingreso nacional disponible, precios de bienes relacionados, el índice nacional de precios al consumidor.

Para poder hacer un correcto análisis de datos en el tiempo, los datos que representan a estas variables del modelo son: consumo aparente, precio real del maíz al mayoreo, ingreso real per cápita, precios reales al mayoreo de bienes relacionados. Los datos se obtuvieron directamente de fuentes oficiales, los valores atípicos de las series de tiempo, fueron sustituidos por datos creados con operaciones aritméticas.

Para calcular la cantidad demandada de maíz, se realizó el siguiente procedimiento, a la producción nacional se sumaron las importaciones y se le restaron las exportaciones. El valor de la producción nacional, las importaciones y las exportaciones, se obtuvieron de la página oficial de las Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT), los datos correspondientes a los años más recientes se obtuvieron de la página oficial del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Para calcular la cantidad demandada de maíz blanco y amarillo, se realizó el proceso antes mencionado. Se recopiló información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP); los datos de las importaciones y exportaciones la página de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el apartado Cosechando

Números del Campo. Otros datos se obtuvieron Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI), y en diversas publicaciones de SAGARPA.

Los precios al mayoreo de frijol, soya, sorgo, trigo, y maíz se obtuvieron de diversas publicaciones del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). Se usó el software Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 en español, para estimar los coeficientes de las variables en cada modelo.

Partiendo de la información estadística recabada, se procedió a estimar los coeficientes influyen en la demanda de maíz. Se programó y ejecutó cada modelo con PROC GLM y PROC REG, para obtener y analizar los estadísticos que dieran validez al modelo.

Para elegir el modelo estadísticamente adecuado se hizo hincapié en los supuestos del modelo de regresión lineal múltiple, a continuación se describen (Gujarati, 2010):

- Supuesto 1. El modelo de regresión es lineal en los parámetros.
- Supuesto 2. Los valores de las regresoras, las X , son fijos, o los valores de X son independientes del término de error. Aquí, esto significa que se requiere covarianza cero entre u_i y cada variable X .
- Supuesto 3. Para X dadas, el valor medio de la perturbación u_i es cero
- Supuesto 4. Para X dadas, la varianza de u_i es constante u homoscedástica.
- Supuesto 5. Para X dadas, no hay autocorrelación, o correlación serial, entre las perturbaciones.
- Supuesto 6. El número de observaciones n debe ser mayor que el número de parámetros por estimar.
- Supuesto 7. Debe haber variación suficiente entre los valores de las variables X
- Supuesto 8. No hay colinealidad exacta entre las variables X .
- Supuesto 9. El modelo está correctamente especificado, por lo que no hay sesgo de especificación.
- Supuesto 10. El término estocástico (de perturbación) u_i está normalmente distribuido.

Una vez elegido el modelo se realizó un análisis de varianza (ANOVA), es decir, cada modelo se validó de acuerdo tomando como referencia diferentes pruebas estadísticas: el coeficiente de determinación (R^2), R cuadrada ajustada (\bar{R}^2), la prueba global de significancia con la “razón de F de Fisher”, prueba de significancia individual para cada coeficiente estimado con la “razón de t ”.

Se realizaron procesos iterativos hasta encontrar el modelo que cumpliera con todo lo anterior. Una vez elegido el mejor modelo se tomó cada coeficiente para calcular elasticidades y efectuar un análisis económico del fenómeno.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

Rebollar-Samuel (1999) realizó un estudio sobre un modelo de demanda de maíz en México para el periodo 1975 a 1996 a través de la técnica de retrasos distribuidos. Los resultados obtenidos señalan que, el consumo de maíz a nivel nacional en el corto plazo se ve poco influenciado ante cambios en su precio. El maíz se comporta como un bien inelástico, es decir, que el consumidor o la demanda de este grano responde menos que proporcionalmente a los cambios porcentuales en su precio. El aumento en el ingreso tiene muy poco impacto sobre el aumento en el consumo de maíz (0.0004). El resultado de la elasticidad lo caracteriza como un bien de primera necesidad, como lo señala la teoría económica. El maíz respecto al trigo y al sorgo se comporta como un bien sustituto, esto es, el valor de la elasticidad cruzada de la demanda es mayor que cero (0.028 y 0.08 respectivamente).

Figuroa-Esther *et al.*, (2014), elaboraron un modelo econométrico sobre la demanda de maíz en México para el periodo 1980 a 2010. El estudio plantea que la cantidad demandada de maíz está en función del precio real internacional del maíz, cantidad exportada, cantidad importada, precio medio rural del maíz real, producto interno bruto real y la población. Los resultados obtenidos en la investigación indican que la demanda de maíz depende negativamente del precio internacional del maíz, de las exportaciones y de la población. Depende positivamente de las importaciones, del precio propio y del Producto Interno Bruto. Sin embargo, la demanda no se ve afectada significativamente ante algunos escenarios como cambios en las exportaciones, el precio medio rural, precio internacional y la población. Un aspecto importante de los resultados, son los coeficientes del precio propio del maíz que salió con signo positivo y la población, presentaron signo negativo, lo cual no es acorde a la teoría económica.

García-Eutimio *et al.*, (1993), realizaron un estudio sobre la demanda de algunos productos agrícolas mediante un modelo de regresión lineal múltiple. Para el caso de maíz, concluyen que la demanda está relacionada directamente con los cambios en la población. Este factor es el que presenta mayor impacto en la demanda. Está relacionada inversamente con los cambios del precio del arroz, es decir, que el precio del arroz y la cantidad demandada de maíz presentan una relación de complementariedad. Por otra parte; los cambios en el precio del frijol y la lenteja inciden positivamente en la demanda de maíz, así que, el frijol y la lenteja se comportan como

productos sustitutos. El PIB agrícola presenta una relación directa de con la demanda de maíz, con una elasticidad de 0.04, lo cual indica que el maíz se comporta como un bien normal necesario.

Jiménez-Susana (1996) elaboró un estudio sobre funciones de oferta y demanda de maíz en México. Referente al modelo de demanda, se reporta que está en función de: el precio medio rural real del maíz, frijol, sorgo, trigo, arroz, del Producto Interno Bruto Nacional y, de la población. De acuerdo con las conclusiones obtenidas se presenta una relación directa del precio del maíz sobre la demanda, lo cual no es acorde con la teoría económica, este fenómeno fue provocado por la inestabilidad económica durante el periodo de análisis, referente a su elasticidad precio propia en términos absolutos lo clasifica como un bien inelástico. El parámetro del precio del frijol presentó una relación directa, por lo tanto, se comporta como un bien sustituto. Se obtuvo relación directa entre el precio del trigo y el consumo de maíz, es decir, el trigo se comporta como bien sustituto del maíz. Los coeficientes del arroz y el sorgo salieron con signo negativo, por lo cual dichos bienes se comportan como bienes complementarios del maíz. Lo anterior se explica porque el maíz y el arroz se usan en diversos platillos para la alimentación humana, el sorgo se usa en la alimentación del ganado, a través de la elaboración de dietas especiales El coeficiente del ingreso presento una relación inversa con la demanda de maíz, lo cual no corresponde con la teoría económica.

Vázquez *et al.* (2011) Realizaron un estudio sobre elasticidades de oferta y demanda de los principales productos agropecuarios de México. En cuanto a los resultados de la demanda, la mayoría de los productos estudiados presentaron una elasticidad precio inelástica, los resultados son congruentes con la realidad ya que, por ser alimentos básicos, perecederos y abundantes en época de cosecha, ante cambios en el precio, la cantidad comprada es menos que proporcional. Para el caso de maíz gano se estimó una función de regresión lineal, sin embargo, el resultado en este estudio del coeficiente de elasticidad precio fue mayor de uno en términos absolutos (-5.8038273), es decir, presentó una demanda muy elástica.

Palma-Juan (2001) realizó un estudio sobre el mercado de maíz en México para el periodo de 1970 a 1999. La demanda de maíz para alimento balanceado está en función de población consumidora de alimentos balanceados y los precios reales al mayoreo de maíz, sorgo, carne de

res, leche. En los resultados se obtuvo una elasticidad negativa del precio real al mayoreo maíz para alimentos balanceados, por lo tanto, se clasifica al maíz para este uso como un bien inelástico. Por otro lado, en la elasticidad precio cruzada del sorgo, se obtuvo un valor y negativo y bajo, por lo tanto, el sorgo se comporta como un producto complementario débil. Los factores, precio real de la carne de res y precio real de la leche, reaccionan inversamente con la demanda. Finalmente, la población animal consumidora de alimentos balanceados presenta una relación directa.

Lagunes-Edgar (2013), realizó un análisis sobre el consumo anual de maíz grano en México para el periodo 1990 a 2009. Para hacer el estudio se empleó un modelo de regresión lineal múltiple con cinco variables. Las variables son: precio promedio del maíz grano, precio promedio del sorgo grano, precio promedio de la carne de res, ingreso nacional disponible y, PIB ganadero. De acuerdo con los resultados obtenidos, el precio propio del maíz manifiesta una relación inversa con la cantidad demandada, el sorgo se comporta como un bien sustituto del maíz forrajero. El precio de la carne de res se comporta como uno de los principales determinantes del consumo de maíz grano. Se considera que el maíz es utilizado como base principal en las dietas de los bovinos, en las cuales se utiliza de forraje para bovinos de engorda y bovinos producción de leche. El coeficiente negativo del ingreso nacional disponible no concuerda con la teoría.

CAPÍTULO III. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL MAÍZ

En este capítulo se presenta situación actual del maíz dentro del contexto nacional e internacional, identificando a los principales países productores, exportadores, importadores y consumidores.

Mientras que la mayor parte del mundo produce y consume maíz amarillo, México y Sudáfrica son los únicos países en los que domina la producción de maíz blanco. En México, es una tradición prehispánica elaborar las tortillas con maíz blanco. Mientras tanto, el maíz amarillo sirve más para la elaboración de alimentos para animales y para todos los productos derivados como el alta fructuosa y el etanol (AgroSíntesis, 2016).

3.1 Contexto internacional del maíz

3.1.1 Producción mundial

De acuerdo con datos de FAO, la producción mundial se ha incrementado en los últimos años gracias a su importancia económica, su gran variedad de usos y por la aplicación de ciencia y tecnología para incrementar el rendimiento por unidad de superficie. Generalmente los países subdesarrollados destinan mayor superficie para la producción de este cereal, en comparación con los países desarrollados.

El mayor porcentaje de la producción mundial de maíz grano se utiliza para la alimentación animal; sin embargo, en algunos países en vías de desarrollo se usa como alimento humano en proporciones altas. Con base en datos de FAOSTAT, la producción mundial promedio de maíz durante el periodo de 2006 a 2015, los principales países que dominan la producción de maíz son Estados Unidos con una participación de 36.41% en la producción mundial, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 2.88%. China con 21.13% y una TCMA de 4.47%. Brasil con 7.08% y una TCMA de 8%. Argentina con 2.65% y una TCMA de 2.65%. México con 2.56% del total de producción mundial y una TCMA de 2.56%. Continúa Ucrania (1.90%), India (2.27%), Indonesia (1.94%) y Francia (1.73%).

Durante este periodo la producción mundial de maíz ha ido al alza con una tasa de crecimiento media anual de 4.03%, de acuerdo con USDA y SAGARPA, el aumento en la producción, fue

ocasionado por el incremento en la demanda de maíz a consecuencia de la caída en la producción de trigo. Asimismo, por las condiciones climatológicas han sido favorables en las principales regiones productoras del mundo.

Cuadro 1. Principales países productores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Estados Unidos	267.50	331.18	305.91	331.92	315.62	312.79	273.19	351.27	361.09	345.49
China	151.60	152.30	165.91	163.97	177.43	192.78	205.61	218.49	215.65	224.63
Brasil	42.66	52.11	58.93	50.72	55.36	55.66	71.07	80.27	79.88	85.28
Argentina	14.45	21.76	22.02	13.12	22.66	23.80	21.20	32.12	33.09	33.82
México	21.89	23.51	24.32	20.14	23.30	17.64	22.07	22.66	23.27	24.69
Ucrania	6.43	7.42	11.45	10.49	11.95	22.84	20.96	30.95	28.50	23.33
India	9.67	18.96	19.73	16.72	21.73	21.76	22.26	24.26	24.17	22.57
Indonesia	11.61	13.29	16.32	17.63	18.33	17.64	19.39	18.51	19.01	19.61
Francia	12.90	14.51	16.04	15.51	13.98	15.91	15.39	15.04	18.34	13.72
Resto de mundo	169.22	158.03	188.60	179.84	191.00	205.19	203.09	221.82	235.33	217.47
Mundial	707.93	793.06	829.24	820.07	851.35	886.01	874.24	1015.40	1038.33	1010.61

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT y USDA, 2018.

3.1.2 Importaciones mundiales

De acuerdo con datos de FAOSTAT y USDA, durante el periodo de 2006 a 2015, Japón y México lideran las importaciones mundiales de maíz, Japón importa maíz de Brasil para cubrir sus requerimientos de este grano, México tiene autosuficiencia en maíz blanco, pero presenta déficit en maíz amarillo cuyo origen principal es de Estados Unidos.

Del total de importaciones de maíz, Japón ocupa la primera posición de este sector, en promedio importa el 14%, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de -1.52%. México se encuentra en segundo lugar con 7.73%, con una TCMA de 5.33%. En tercer lugar, se encuentra Corea del Sur, importa el 7.62% y mantiene una TCMA de 1.99%. Después se encuentra Egipto (5.16%), Vietnam (4.12%), España (4.71%), Irán (3.61%), Colombia (3.13%) y Taiwán (3.9%). Las importaciones anuales han presentado una TCMA de 3.28%.

Cuadro 2. Principales países importadores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Japón	16.88	16.63	16.46	16.29	16.19	15.28	14.90	14.40	15.03	14.71
México	7.61	7.95	9.15	7.26	7.85	9.48	9.52	7.15	10.41	12.15
Corea del Sur	8.67	8.58	9.02	7.33	8.54	7.76	8.22	8.72	10.22	10.35
Egipto	3.77	5.26	3.98	5.42	6.17	7.05	6.06	5.77	8.23	7.95
Vietnam	0.45	0.54	0.67	1.47	1.66	0.88	1.62	2.63	4.76	7.34
España	4.21	6.67	5.44	4.05	3.96	4.82	6.09	5.52	6.30	6.93
Irán	2.58	2.83	2.99	3.74	5.79	3.64	4.68	4.01	6.18	5.35
Colombia	3.24	3.32	3.32	3.25	3.61	3.22	3.45	3.64	3.96	4.72
Taiwán	5.08	4.49	4.18	4.59	5.01	4.15	4.36	4.06	4.21	4.21
Resto del Mundo	43.50	51.31	47.92	46.78	48.96	52.04	58.93	64.23	70.80	71.15
Total	95.99	107.58	103.14	100.18	107.74	108.33	117.82	120.13	140.11	144.85

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2018.

3.1.3 Exportaciones mundiales

De acuerdo con FAOSTAT, durante el periodo de 2006 a 2015, Estados Unidos, Brasil, Ucrania y Argentina, en promedio exportan el 73.8% del volumen de maíz a nivel mundial. Del volumen total de exportaciones, Estados Unidos aporta el 41.3% con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de -2.84%. En segundo lugar, se encuentra Brasil, con una participación del 11.9% y una alta TCMA de 24.8%. En tercer lugar, se encuentra Ucrania con 7.42 % y una TCMA de 30.9%. la cuarta posición la ocupa Argentina con 13.23% y una TCMA de 5.42%.

Durante este periodo de 10 años México ocupa la posición 14 en cuanto a volumen exportado, con una participación de 0.34% y una TCMA de 17%, debido a que en 2015 exportó 1.7 millones de toneladas. Las exportaciones mundiales de maíz presentan una TCMA de 4.86%.

Cuadro 3. Principales países exportadores de maíz (millones de toneladas), 2006 a 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EE. UU.	57.88	57.01	54.09	47.81	50.91	45.89	31.53	24.18	49.70	44.66
Brasil	3.94	10.93	6.43	7.78	10.82	9.49	19.80	26.62	20.65	28.92
Ucrania	1.68	0.95	2.81	7.18	2.89	7.81	15.63	16.73	17.56	19.05
Argentina	10.40	14.99	15.38	8.54	17.55	15.81	17.86	20.07	15.90	16.73
Francia	6.02	4.75	6.14	6.73	6.61	6.25	6.29	6.28	5.85	7.19
Rumania	0.24	0.31	0.69	1.69	2.05	2.31	2.27	3.23	3.71	5.13
Hungría	2.34	4.98	3.37	4.18	3.91	3.64	4.36	2.15	2.45	4.26

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rusia	0.06	0.05	0.20	1.36	0.23	0.72	2.20	2.60	3.49	3.70
Paraguay	1.89	2.11	1.06	1.87	1.42	1.58	2.48	2.83	2.37	3.29
México (14)	0.18	0.26	0.06	0.29	0.56	0.10	0.77	0.58	0.50	0.78
Resto del Mundo	10.82	13.67	11.86	12.90	11.79	16.36	17.26	18.94	19.02	12.62
Total	95.46	110.03	102.10	100.32	108.73	109.94	120.45	124.22	141.21	146.33

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2018.

3.1.4 Consumo

En los últimos 10 años el consumo mundial de maíz se ha incrementado significativamente y de manera sostenida, impulsado por el consumo pecuario, el consumo humano y el industrial. Los países que encabezan la producción de maíz destinan por diferentes medios recursos públicos y privados a la producción, con el objetivo de fortalecer la competitividad (FAO, 2018).

De acuerdo con datos de USDA durante los últimos 10 años, Estados Unidos se ha caracterizado por ser el principal consumidor de maíz, su producción es suficiente para cubrir su demanda interna, un alto volumen de la producción es destinado a la elaboración de etanol. Además de ser el principal país exportador, abarca el 30% del consumo mundial, presenta una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 4.13%. China es el segundo consumidor de maíz en el mundo, presenta una TCMA de 4.94% y abarca un consumo promedio de 21.18%, además de tener superávit comercial en este grano. Estados Unidos y China abarcan el 52.2% del consumo mundial.

Brasil se encuentre en el tercer lugar con una participación de 5.6% y una TCMA de 4.05%. En la cuarta posición se encuentra México, abarca un 3.52% del consumo mundial de maíz, y presenta una TCMA de 2.34%.

Los países productores también demandan grandes volúmenes de maíz para la producción de biocombustibles y alcohol. Se estima que, en los países en vías de desarrollo, aproximadamente de 60% de las calorías consumidas provienen de los granos. Mientras que, en países desarrollados, solamente 30% (FAO, 2018).

Cuadro 4. Principales países consumidores de maíz (millones de toneladas) 2006 a 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EE. UU.	209.82	274.50	252.36	284.38	265.09	267.54	243.47	330.40	312.07	301.97
China	148.60	147.42	165.71	163.93	178.87	194.40	210.56	221.68	218.22	229.35
Brasil	39.68	42.27	53.27	44.08	45.01	46.83	52.10	54.56	60.00	56.73
México	29.32	31.20	33.41	27.11	30.59	27.01	30.81	29.23	33.27	36.09
India	9.04	16.23	16.20	14.14	19.44	17.82	17.99	19.52	20.61	21.68
Egipto	10.14	11.50	11.38	13.08	13.20	13.92	14.15	13.73	16.29	15.72
Japón	16.88	16.63	16.46	16.29	16.19	15.28	14.90	14.40	15.04	14.71
Canadá	10.66	13.74	12.41	11.28	12.44	10.70	13.01	13.32	10.72	14.44
Vietnam	4.30	4.84	5.23	5.85	6.27	5.71	6.58	7.81	9.91	12.62
Otros países	228.96	237.16	261.77	240.07	265.24	288.41	273.30	314.84	343.28	308.77
Consumo Total	707.40	795.50	828.20	820.21	852.34	887.62	876.87	1019.49	1039.43	1012.09

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2018.

3.2 Contexto nacional del maíz

México se encuentra entre los cuatro principales productores del mundo. En los últimos cinco años comerciales la producción de maíz blanco en México ha resultado suficiente para satisfacer la demanda interna. En producción de maíz amarillo México es deficitario, las importaciones llegan a superar hasta en cuatro veces a la producción nacional. Para satisfacer la demanda tanto pecuaria como industrial, casi la totalidad del cereal (99%) se importa de Estados Unidos (SIAP, 2017).

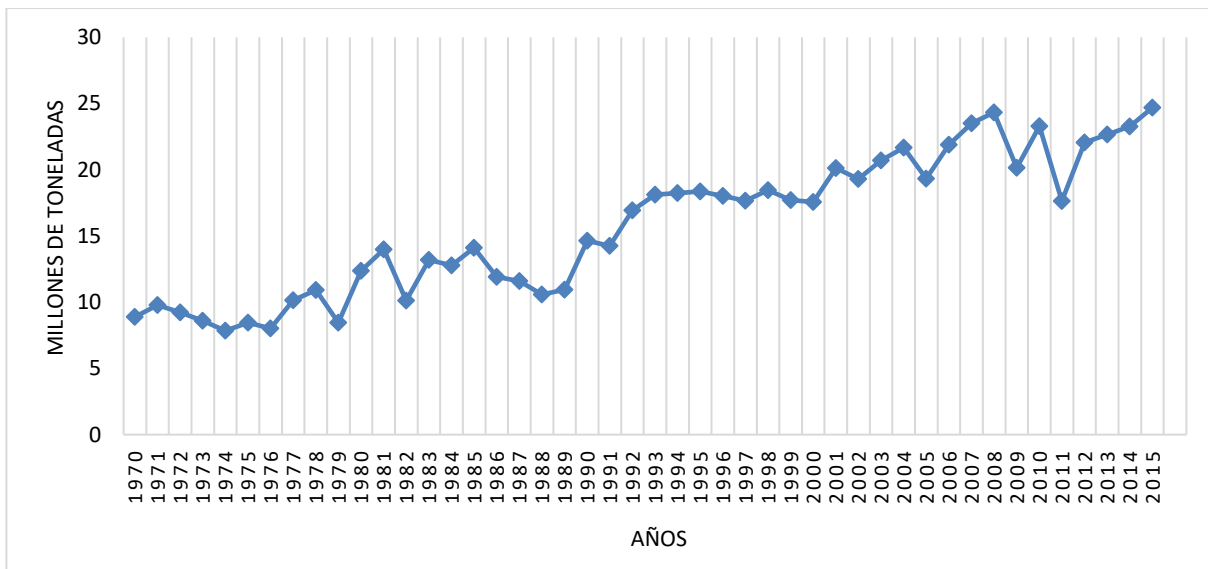
3.2.1 Producción

De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el maíz es un cultivo que se cosecha en las 32 entidades del país durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, en este último, se obtiene la mayor parte de la producción de la variedad amarillo (para consumo pecuario e industrial) y en el primero la variedad blanca (para consumo humano).

Con base en datos de FAOSTAT durante el periodo de 1970 a 2015, la producción nacional de maíz, que incluye las variedades de maíz blanco y amarillo, dicha producción presenta altibajos causados por cambios climáticos y crisis económicas principalmente. Muestra una tendencia creciente originada por desarrollo tecnológico y recursos gubernamentales destinados al sector

agrícola. La tasa de crecimiento media anual es de 2.3%, en 1970 la producción fue 8.8 millones de toneladas y en 2015 la producción fue 24.6 millones de toneladas de maíz.

Gráfica 1. Producción de maíz en México, 1970 a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2017.

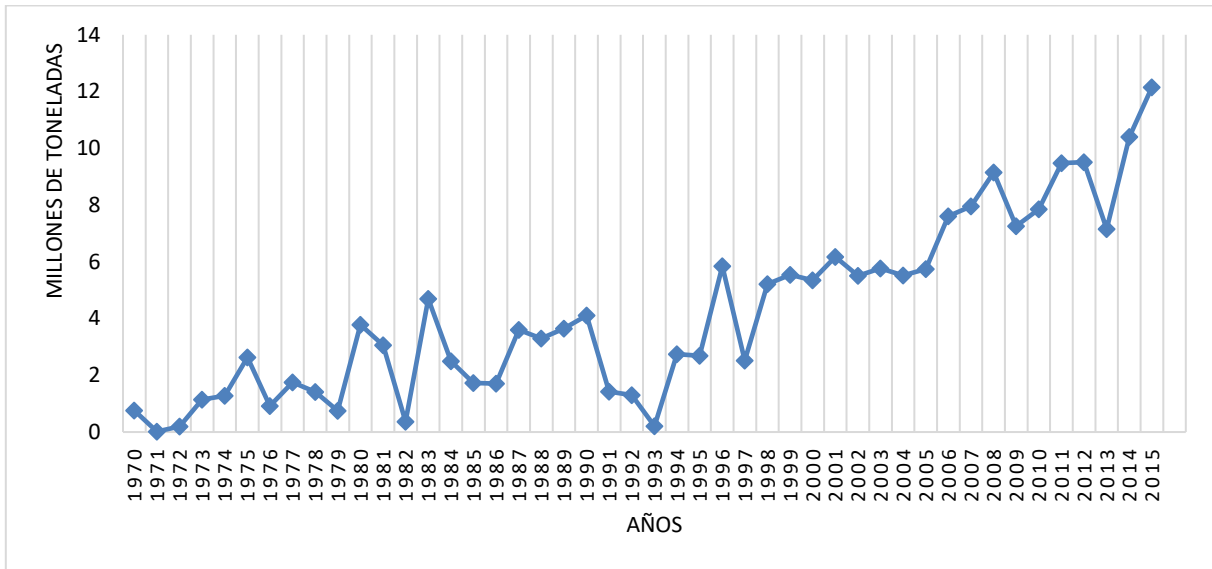
La composición por tipo de maíz muestra que el 85.9 por ciento de la producción nacional correspondió a maíz blanco, 13.6 por ciento a maíz amarillo y el restante 0.5 por ciento a otros tipos de maíz (FIRA, 2016).

2.2.2 Importaciones

Se considera que las importaciones del grano han ido en aumento a partir de la apertura comercial, con el Tratado de Libre Comercio entre de América del Norte (TLCAN). Se pronostica que en los próximos años las importaciones sigan creciendo, como consecuencia del incremento en el consumo del sector pecuario e industrial.

De acuerdo con datos de FAOSTAT durante el periodo de análisis de 1970 a 2015, se aprecia una tendencia al alza de las importaciones, presentan una tasa de crecimiento media anual de 6.35% al pasar de 0.76 a 12.1 millones de toneladas. La variación en el volumen de las importaciones es debido al incremento la demanda por parte del sector almidonero y pecuario.

Gráfica 2. Importaciones de maíz en México, 1970 a 2015.



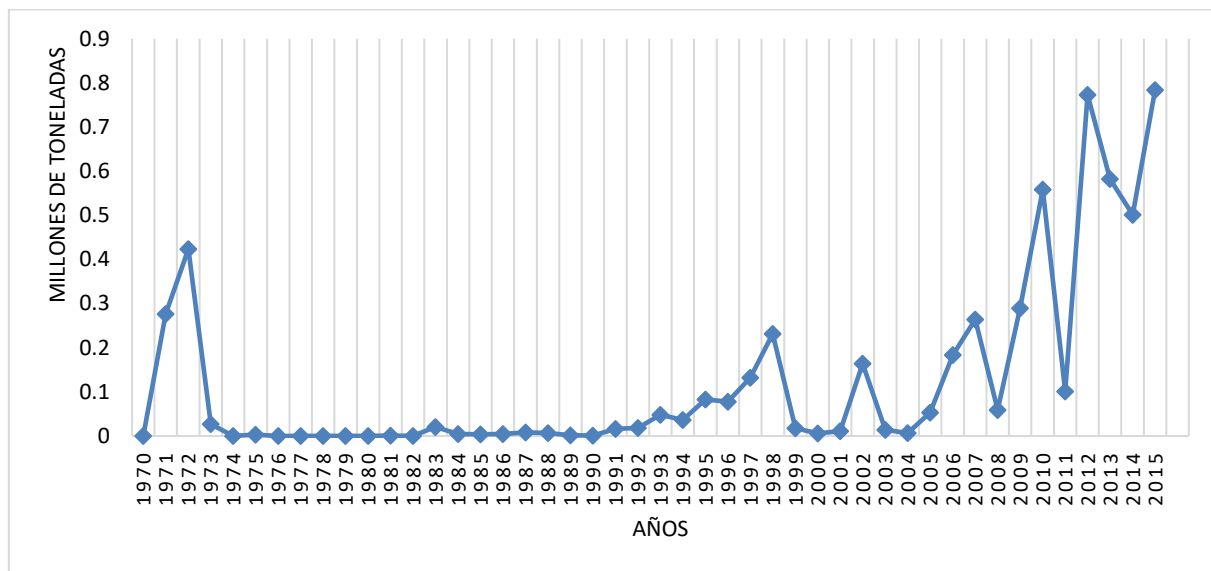
Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2018.

3.2.3 Exportaciones

El mayor volumen exportado se ha dado en los últimos cinco años, de acuerdo con datos de FAOSTAT y UDSA en 2015 se presenta el mayor volumen exportado 784 mil de toneladas, durante el periodo de 1970 a 2015 las exportaciones mexicanas de maíz presentan una tasa de crecimiento media anual de 21.08%.

Las exportaciones de maíz de México han sido variables y poco significativas y a través de los años, principalmente se exporta maíz blanco. Los países hacia los que destinan las exportaciones de México de maíz son principalmente a Centroamérica.

Gráfica 3. Exportaciones de maíz en México, 1970 a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT y USDA (2018).

3.2.4 Consumo

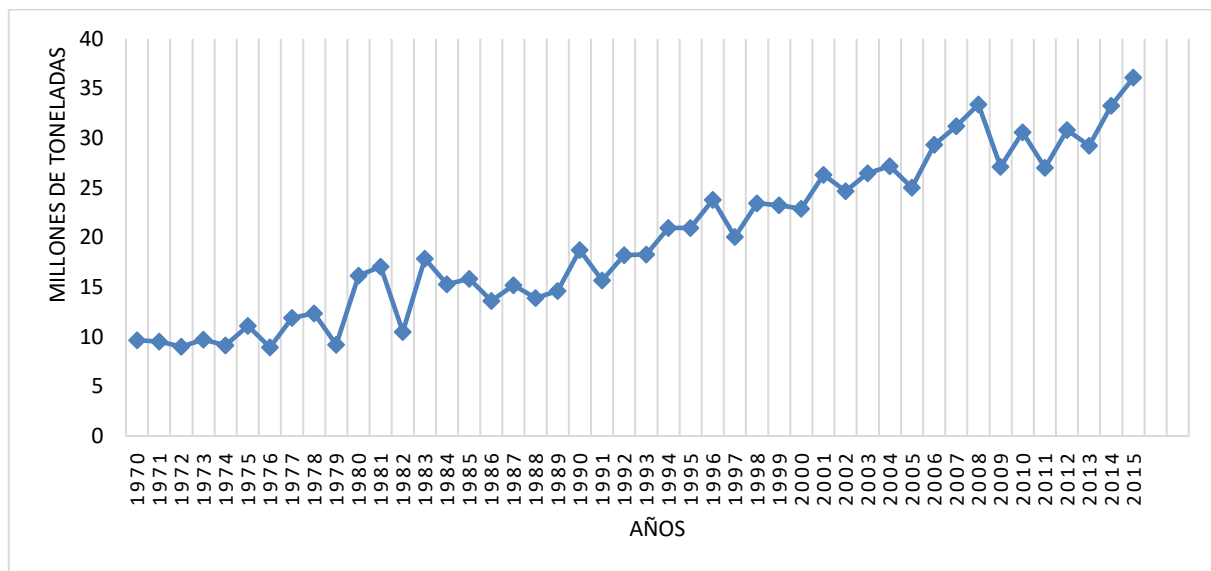
El maíz es un cereal con diversos usos, nutricionales e industriales principalmente, lo cual ha convertido a este producto en el grano más demandado en México.

El consumo de maíz grano muestra una tendencia al alza. Al desagregar el consumo por tipo de maíz, se calcula que durante los últimos años el principal uso del maíz blanco es el consumo humano, el cual se estima representaría el 54.3 del consumo total de maíz blanco en 2015, seguido por el consumo pecuario y finalmente el autoconsumo (FIRA, 2016).

Por otro lado, el principal uso del maíz amarillo en el país es el consumo pecuario, pues en 2016 representa el 75.7 por ciento del total consumido. El segundo uso del maíz amarillo, que abarca el 18.3 por ciento del total consumido, es la industria almidonera (FIRA, 2016).

El consumo aparente o demanda de maíz grano en México pasó de 9.6 millones de toneladas en 1970, a 36 millones de toneladas en 2015. La tasa de crecimiento media anual para el consumo de maíz es de 2.98%.

Gráfica 4. Consumo aparente de maíz en México, 1970 a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, 2018.

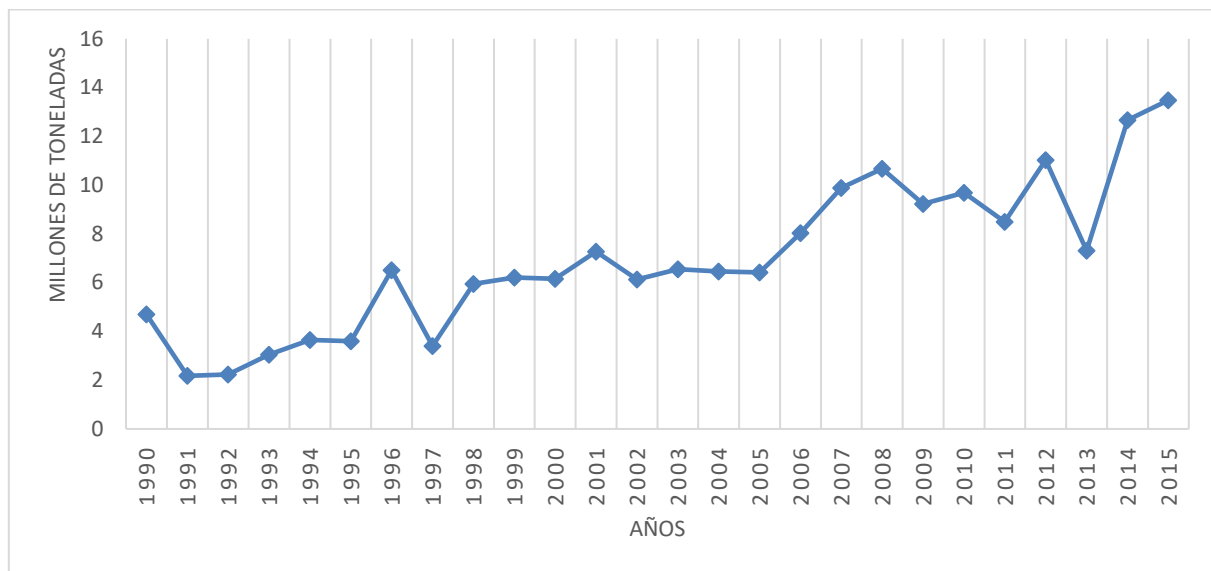
3.3 Maíz blanco y amarillo

3.3.1 Maíz amarillo

La importancia del maíz amarillo en el sector pecuario radica en el aporte nutricional y color amarillo tan apreciado por el consumidor que da a la carne de las aves, la grasa animal y la yema de huevo (FAO, 1997).

De acuerdo con datos de SAGARPA, SIAVI y SIAP, para el periodo de 1990 a 2015. La demanda maíz amarillo ha presentado una tendencia al alza, al pasar de 4.6 a 13.4 millones de toneladas. Estados Unidos se ha caracterizado por ser el principal abastecedor de maíz amarillo para México. La demanda de maíz amarillo presenta una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 4.31%, mayor a la del maíz blanco.

Gráfica 5. Consumo de maíz amarillo en México (millones de toneladas) de 1990 a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, USDA, SIAP, 2018.

3.3.2 Maíz blanco

México es el principal productor de maíz blanco en el mundo. Asimismo, éste es el cultivo más importante del país ya que representa aproximadamente el 35% de la superficie sembrada durante un año agrícola, tanto para cultivos cíclicos como perennes. Además, se consumen anualmente alrededor de 20 millones de toneladas (SAGARPA, 2015).

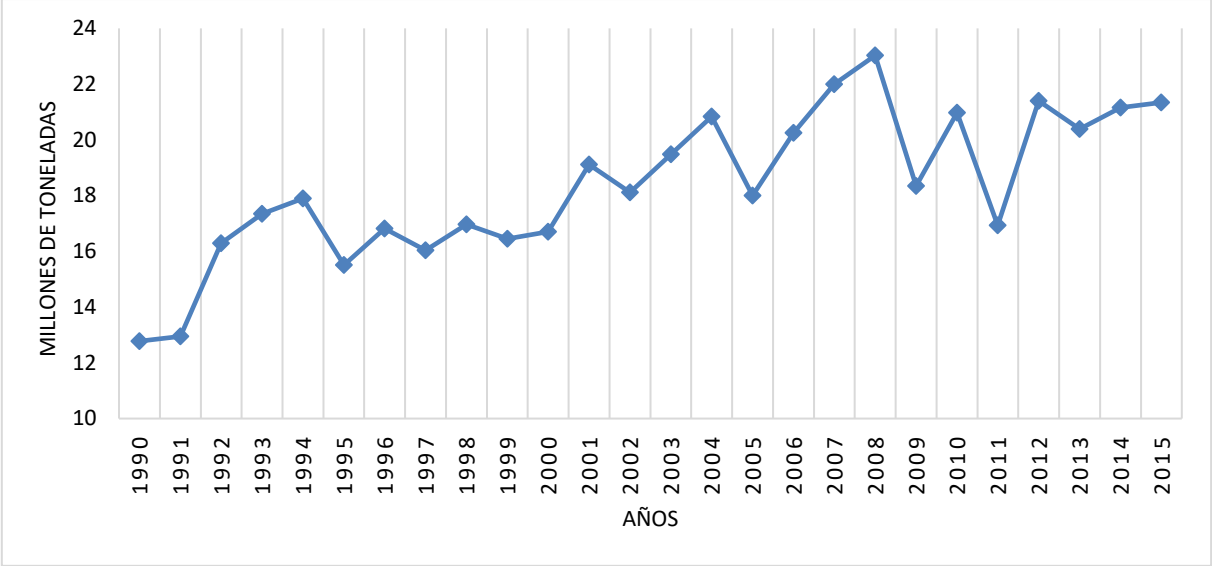
El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2016 reporta que, el 52% del maíz blanco se destinó al consumo humano, el 19% al consumo pecuario, el 18% al autoconsumo, el 6% a las explotaciones, el 1% a semilla para siembra y el resto a mermas (4%).

El maíz blanco es muy importante en países subdesarrollados, su principal destino el consumo humano, el cual se transforma para la elaboración de alimentos, ya sea a través de la nixtamalización para generar masa o bien por medio de la cocción, deshidratación y molienda para obtener harina, y posteriormente todos sus derivados (SAGARPA, 2016).

De acuerdo con datos de SAGARPA, SIAVI y SIAP, para el periodo de 1990 a 2015. La demanda maíz blanco ha presentado una tendencia al alza, al pasar de 12.7 a 21.3 millones de

toneladas. La demanda de maíz blanco presenta una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 2.07%.

Gráfica 6. Consumo de maíz blanco en México (millones de toneladas) de 1990 a 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT, USDA, SIAP, 2018.

CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abordan los elementos teóricos sobre la demanda de productos agrícolas, que le dan sustento al modelo formulado, con énfasis en los determinantes de la demanda de maíz en México. En la segunda parte de este capítulo se aborda la teoría del modelo de regresión lineal múltiple.

4.1 Teoría de la demanda

La unidad básica de la teoría de la demanda es el consumidor individual. Cada consumidor se enfrenta a un problema de elección. Una gran cantidad de deseos que surgen de las necesidades básicas (por ejemplo, alimento y refugio), las características personales, el entorno social y físico. Por otro lado, el consumidor tiene un ingreso limitado (I). Por lo tanto, el problema es elegir los bienes (X) y servicios (Y) específicos que "mejor" satisfacen estos deseos dentro de los límites impuestos por los ingresos. (Tomek y Kaiser, 2014).

La función de utilidad se utiliza como un dispositivo conceptual para ilustrar la teoría del consumo. Un consumidor tiende a preferir más a menos de un bien, pero comprará más solo a un precio más bajo. Es decir, existe una relación inversa entre la cantidad demandada y el precio. Además, se han derivado varios teoremas generales útiles sobre las relaciones entre elasticidades a partir de la idea de maximizar una función de utilidad sujeta a un conjunto de restricciones (Tomek y Kaiser, 2014).

4.1.1 Conceptos básicos de la teoría de la demanda

La economía se basa en la construcción de modelos de los fenómenos sociales, entendemos por modelo una representación simplificada de la realidad. La teoría económica del consumidor supone que los consumidores eligen la mejor combinación de bienes que está a su alcance (Varian, 2010).

Utilidad total y marginal. La utilidad es la propiedad de un bien de consumo para satisfacer un deseo o necesidad de un consumidor. Una persona demanda un bien determinado por la satisfacción o utilidad que recibe al consumirlo. Hasta cierto punto, mientras más unidades de un satisfactor consume la persona por unidad de tiempo, mayor será la utilidad total que reciba.

Aun cuando la utilidad total aumente, la utilidad marginal (UM) o extra que se recibe al consumir cada unidad adicional del satisfactor suele disminuir. En algún nivel de consumo, la utilidad total que recibe la persona al consumir el satisfactor alcanza un máximo y la utilidad marginal es cero. Éste es el punto de saturación. Unidades adicionales del satisfactor hacen que disminuya la utilidad total y la utilidad marginal llegue a ser negativa debido a los problemas de almacenamiento o de eliminación de sobrantes. (Salvatore, 2009).

Una función de utilidad es simplemente una forma de representar o de resumir una ordenación de las preferencias. Las magnitudes numéricas de los niveles de utilidad no tienen ningún significado intrínseco (Varian, 2010).

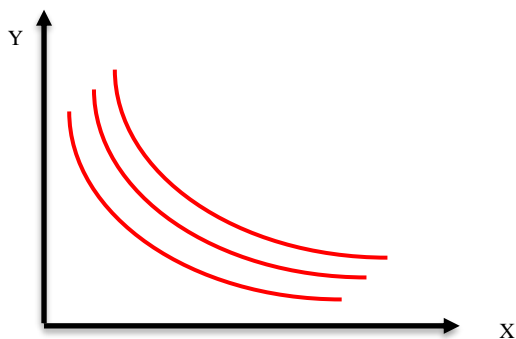
Curvas de indiferencia. Los gustos y el equilibrio del consumidor también pueden mostrarse por medio de las curvas de indiferencia. Una curva de indiferencia muestra las diferentes combinaciones del satisfactor X y el satisfactor Y que generan igual utilidad o satisfacción al consumidor. Una curva de indiferencia superior muestra un mayor grado de satisfacción y una inferior, menor satisfacción. Así, las curvas de indiferencia constituyen una medida de utilidad ordinal, más que una medida cardinal (Salvatore, 2009).

Las curvas de indiferencia tienen tres características básicas:

1. Pendiente es negativa.
2. Son convexas con respecto al origen.
3. No pueden intersectarse.

Todos los puntos sobre la misma curva de indiferencia proporcionan la misma satisfacción al consumidor. (Figura 1).

Figura 1. Curvas de indiferencia.



Fuente: Salvatore, 2009

Debido a que se está tratando con bienes económicos (es decir, escasos), si la persona consume más de X , debe consumir menos de Y para permanecer en el mismo nivel de satisfacción (es decir, en la misma curva de indiferencia). Por tanto, la pendiente de una curva de indiferencia debe ser negativa. También debe ser convexa con respecto al origen porque presenta una tasa marginal de sustitución (TMS_{xy}) decreciente (Salvatore, 2009).

La tasa marginal de sustitución. La tasa marginal de sustitución de X por Y (TMS_{xy}) se refiere a la cantidad de Y que un consumidor está dispuesto a renunciar para obtener una unidad adicional de X (y permanecer en la misma curva de indiferencia). A medida que la persona se mueve hacia abajo en una curva de indiferencia, la TMS_{xy} disminuye (Salvatore, 2009).

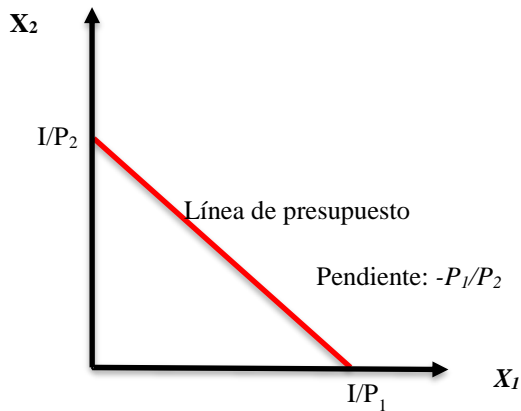
La línea de restricción presupuestal. Esta línea muestra todas las diferentes combinaciones de los dos satisfactores que un consumidor puede comprar dados su ingreso monetario y los precios de ambos satisfactores (Salvatore, 2009).

Se parte del supuesto de que sólo hay dos bienes, ya que este supuesto simplifica las operaciones. La línea de presupuesto se expresa de la forma siguiente: $P_1X_1 + P_2X_2 = I$, Tiene una pendiente de $-P_1/P_2$, una ordenada en el origen de I/P_2 y una abscisa en el origen de I/P_1 (Varian, 2010).

La ecuación de la recta presupuestaria se obtiene al despejar X_2 de la ecuación anterior

$$X_2 = \frac{I}{P_2} - \frac{P_1}{P_2} X_1$$

Figura 2. Línea de presupuesto.



Fuente: Varian, 2010.

El incremento en el ingreso desplaza la recta presupuestaria hacia derecha. La subida del precio del bien 1 hace que ésta sea más inclinada y la subida del precio del bien 2 que sea más horizontal. Los impuestos, las subvenciones y el racionamiento alteran la pendiente y la posición de la recta presupuestaria alterando, en consecuencia, los precios que paga el consumidor (Varian, 2010).

Preferencias del consumidor. Las preferencias del consumidor parten del supuesto de dos cestas de consumo cualesquiera, (x_1, x_2) y (y_1, y_2) el consumidor puede ordenarlas según su atractivo. Normalmente parten de una serie de supuestos sobre las relaciones de preferencia, llamados los “axiomas” de la teoría del consumidor (Varian, 2010).

- Completas. Suponemos que es posible comparar dos cestas cualesquiera. Es decir, dada cualquier cesta X y cualquier cesta Y , suponemos que $(x_1, x_2) \geq (y_1, y_2)$ o $(y_1, y_2) \geq (x_1, x_2)$ o las dos cosas, en cuyo caso, el consumidor es indiferente entre las dos cestas.
- Reflexivas. Suponemos que cualquier cesta es al menos tan buena como ella misma: $(x_1, x_2) \geq (x_1, x_2)$

- Transitivas. Si $(x_1, x_2) \geq (y_1, y_2)$ y $(y_1, y_2) \geq (z_1, z_2)$, suponemos que $(x_1, x_2) \geq (z_1, z_2)$. En otras palabras, si el consumidor piensa que la cesta X es al menos tan buena como la Y y que la Y es al menos tan buena como la Z , piensa que la X es al menos tan buena como la Z .

Equilibrio del consumidor: el objetivo de un consumidor racional es maximizar la utilidad total o la satisfacción derivada del gasto de su ingreso personal. Este objetivo se alcanza y se dice que el consumidor está en equilibrio, cuando gasta su ingreso personal de manera que la utilidad o satisfacción del último peso gastado en los diferentes satisfactores es la misma (Salvatore, 2009).

Esto puede expresarse matemáticamente como

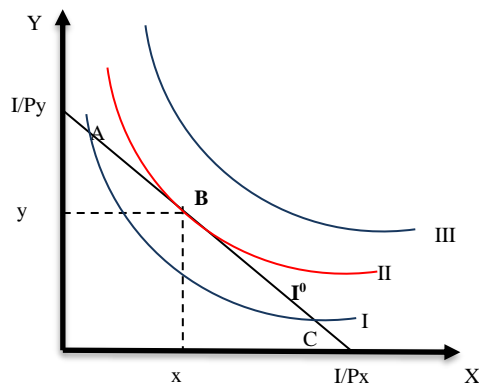
$$\frac{UM_x}{P_x} = \frac{UM_y}{P_y}$$

Sujeto a la restricción (el ingreso de la persona) de que

$$P_1X_1 + P_2X_2 = I$$

Gráficamente se observa que el equilibrio del consumidor se alcanza en el punto B , al consumir (y) y (x) unidades de cada bien.

Figura 3. Equilibrio del consumidor.



Fuente: Salvatore, 2009.

Al consumidor le gustaría alcanzar la curva de indiferencia III , pero no puede debido a las restricciones de su ingreso limitado y de los precios. La persona puede realizar su consumo en

el punto *A* o en el punto *C* de la curva de indiferencia *I* pero, de hacerlo así, no maximiza la satisfacción total de sus gastos. La curva de indiferencia *II* es la curva más alta que esta persona puede alcanzar con la línea de restricción presupuestal. El equilibrio ocurre donde la línea del presupuesto es tangente a una curva de indiferencia. Así, en el punto *B*, la pendiente de la línea del presupuesto es igual a la pendiente de la curva de indiferencia *II* (Salvatore, 2009).

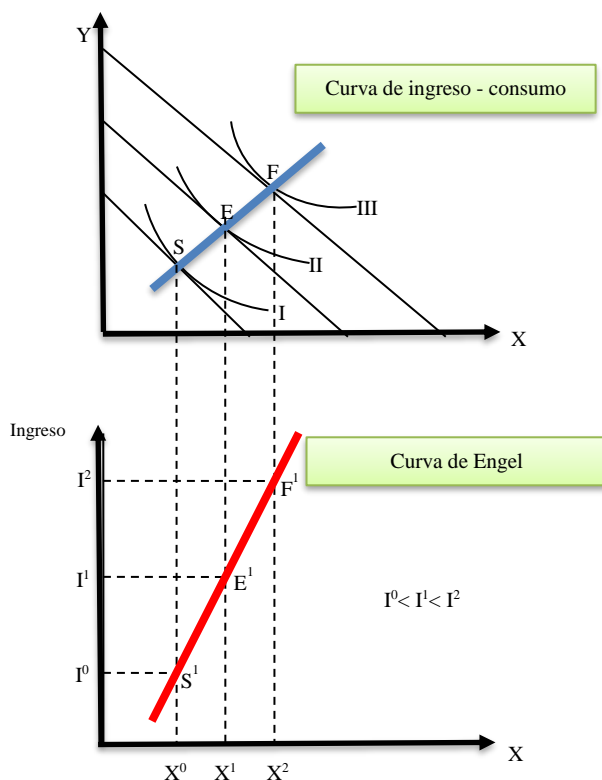
4.1.2 Derivación de la curva de demanda.

Existen diferentes tipos de curvas importantes en la teoría del consumidor, a continuación, se describa cada una.

La curva ingreso-consumo y la curva de Engel: “si el ingreso monetario del consumidor varía y sus gustos personales, así como los precios de *X* y *Y* permanecen constantes, es posible obtener la curva ingreso-consumo y la curva de Engel del consumidor. La curva ingreso-consumo es el lugar geométrico de los puntos de equilibrio del consumidor que resultan cuando sólo varía el ingreso de éste. La curva de Engel indica la cantidad de un satisfactor que un consumidor compraría por unidad de tiempo a diferentes niveles de ingreso total” (Salvatore, 2009).

La curva de ingreso-consumo representa las combinaciones óptimas de consumo a cada nivel de ingreso, une los diferentes puntos de equilibrio del consumidor dado diferentes niveles de ingreso y permaneciendo constantes los precios de *X* y *Y*, se deriva de ésta la Curva de Engel.

Figura 4. Curva de ingreso-consumo y curva de Engel.

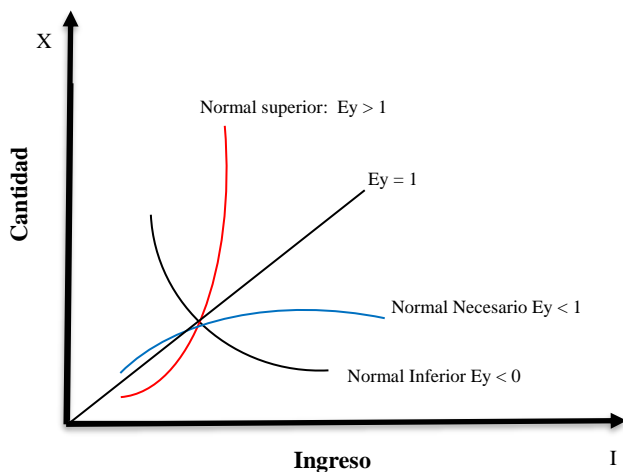


Fuente: Salvatore, 2009.

Existen variaciones significativas en la cantidad demandada principalmente cuando varía el ingreso nominal y se mantienen constantes a los precios de los bienes X y Y , así como los gustos. En este caso a medida que aumenta el ingreso monetario el consumidor maximiza su utilidad en curvas de indiferencia más alejadas del origen del espacio de bienes (García *et al*, 2003).

Las curvas de Engel son importantes en estudios aplicados de la economía del bienestar y en el análisis del gasto familiar. Existen curvas de Engel para cada tipo de bienes, es decir, para bienes normales superiores que pueden ser de lujo con elasticidad ingreso de la demanda mayor que uno, para bienes normales necesarios con elasticidad ingreso de la demanda menor que uno, para bienes normales inferiores con elasticidad ingreso negativa (García *et al*, 2003).

Figura 5. Curvas de Engel.



Fuente: García *et al.*, 2003.

Por otro lado, la curva precio-consumo y la curva de la demanda del consumidor, “se derivan cuando el precio de X varía y tanto el precio de Y como los gustos y el ingreso monetario del consumidor permanecen constantes, es posible obtener la curva precio-consumo del consumidor y la curva de la demanda para el satisfactor X . La curva precio-consumo para el satisfactor X es el lugar geométrico de los puntos de equilibrio del consumidor que resulta cuando sólo varía el precio de X . La curva de la demanda del consumidor para el satisfactor X muestra la cantidad de X que el consumidor compraría a los diferentes precios de X , *ceteris paribus*” (Salvatore, 2009).

El precio y la cantidad varían inversamente, esto es la curva de demanda tiene pendiente negativa. A esta relación inversa algunas veces se le llama ley de la demanda y ésta puede explicarse en términos de los efectos de sustitución e ingreso de un cambio en el precio. (García *et al.*, 2003).

De acuerdo con lo anterior, en competencia perfecta la curva de demanda para un consumidor se puede obtener con base en los siguientes supuestos:

- a) Se tienen sólo dos bienes X y Y , X son los alimentos y Y el conjunto agregado de los otros bienes.

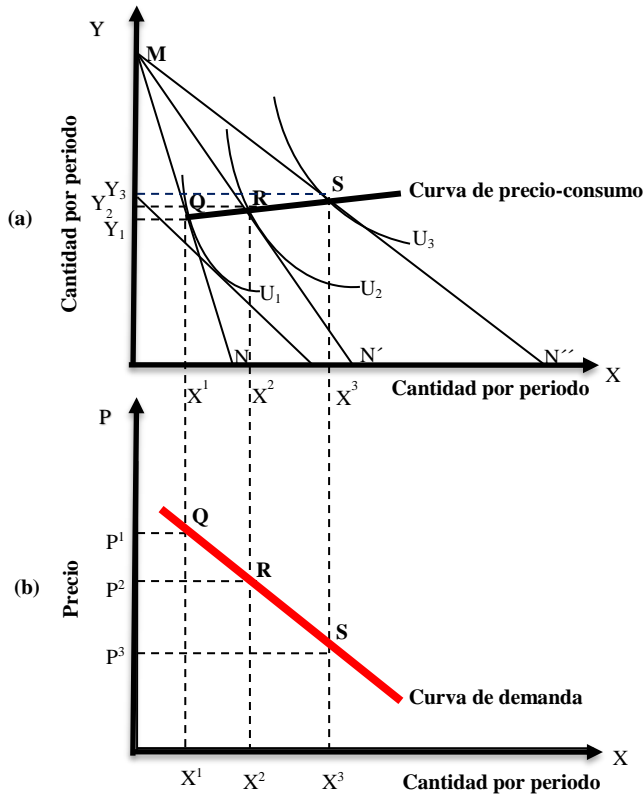
- b) El consumidor trata de maximizar su satisfacción al asignar su presupuesto para gasto a la compra de X y Y .
- c) El presupuesto nominal monetario para gastos del consumidor, sus gustos y el precio de Y se mantienen constantes.

De acuerdo con estos supuestos se varía el precio de X y se observa qué sucede con la cantidad demandada de este bien.

Con base en estos supuestos, la curva de demanda de un bien para un consumidor puede obtenerse de la curva de precio-consumo, que representa el lugar geométrico de las combinaciones de maximización de la satisfacción, que se obtiene de la compra de (x) y (y) de los bienes (X) y (Y) , que se produce al variar la relación de precios, cuando el presupuesto nominal para gastos, los gustos o preferencias del consumidor y el precio de (Y) permanecen constantes (García *et al.*, 2003).

La figura 6 muestra la deducción de la curva de demanda para un consumidor a partir de las combinaciones óptimas cuando varía la relación de precios. Parte (a), la cantidad de (X) (digamos alimentos) se muestra en el eje horizontal, y la cantidad agregada de todos los otros bienes (Y) , en el eje vertical. Cada curva del mapa de indiferencia o de isoutilidad (U_1 , U_2 y U_3) identifica las distintas combinaciones de X y Y que darán al consumidor igual satisfacción o utilidad. El punto de tangencia de la curva de indiferencia con las líneas de presupuesto (MN , MN' y MN'') identifica las distintas combinaciones óptimas de los bienes X y Y que darán al consumidor la máxima satisfacción o bienestar (García *et al.*, 2003).

Figura 6. Curva de precio-consumo y Curva de Demanda.



Fuente: García *et al.*, 2003.

La curva de demanda para un consumidor algebraicamente puede deducirse del análisis de la maximización de la utilidad. Suponiendo sólo dos bienes, una función de utilidad específica sería: $U = xy$, y la ecuación de presupuesto $I^0 = P_x x + P_y y$; formando la función de Lagrange $L = xy + \delta (I^0 - P_x x + P_y y)$, e igualando a cero las derivadas parciales respecto a x , y , y δ , y suponiendo que se cumplen las condiciones de segundo orden se llega a la función de demanda para un consumidor para los bienes x y y : $x = I^0 / 2P_x$, y $y = I^0 / 2P_y$. Estas curvas de demanda son un caso especial en el que la cantidad demandada de un producto depende solamente de su precio y del ingreso. El caso general de demanda para un consumidor se obtendría maximizando $U = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, sujeta a $I^0 - \varphi p_i x_i = 0$, o sea $L = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \delta (I^0 - \varphi p_i x_i)$ (García *et al.*, 2003).

Si un descenso en el precio de X provoca un aumento en el consumo de Y , entonces la demanda precio de X es inelástica, en consecuencia, el gasto total en X declina con la disminución del precio. Si el consumo de Y permanece igual, entonces la demanda precio de X es de elasticidad unitaria, y si el consumo de Y baja, entonces la demanda precios de X es elástica. En consecuencia, el gasto total de este bien permanece constante cuando la demanda es de elasticidad unitaria y aumenta cuando es elástica (García *et al.*, 2003).

4.1.3 Demanda de consumidor individual

La demanda del consumidor se define como las diversas cantidades de un bien particular que un consumidor individual está dispuesto y es capaz de comprar, ya que el precio de ese bien varía, y todos los demás factores que afectan la demanda se mantienen constantes. La relación de demanda del consumidor puede describirse como una tabla de precios y cantidades (un cronograma de demanda) o como un gráfico o función algebraica de precios y cantidades (una curva de demanda). La relación de demanda simplemente define la relación entre el precio y la cantidad demandada por unidad de tiempo mientras se mantienen constantes los otros factores (Tomek y Kaiser, 2014).

4.1.4 Demanda de mercado

La demanda del mercado se define como las cantidades alternativas de un producto que todos los consumidores en un mercado en particular están dispuestos a comprar ya que los precios varían y los demás factores se mantienen constantes. Una relación de demanda de mercado puede considerarse como una suma de las relaciones de demanda individuales. Esto incluye a los consumidores que ingresan al mercado a medida que disminuyen los precios o que abandonan a medida que aumentan los precios. Por lo tanto, un cambio en el precio influye tanto en el número de consumidores como en la cantidad que cada uno consume (Tomek y Kaiser, 2014).

4.1.5 Factores determinantes de la demanda de productos agrícolas

En términos generales (Tomek y Kaiser, 2014, p. 17) y (García *et al.*, 2003, p. 23), señalan que los principales determinantes de la demanda de un producto agrícola (D_X) en el periodo (t) se pueden agrupar de la siguiente manera:

- 1) El precio del producto (P_X);
- 2) El número de habitantes de un país, su crecimiento y su distribución por edad, área geográfica y género (N);
- 3) El ingreso disponible y su distribución (I);
- 4) Los precios y la disponibilidad de otros productos sustitutos (P_S) y complementarios (P_C);
- 5) Los gustos y preferencias del consumidor (G);
- 6) Expectativas (E);
- 7) La promoción de los productos (K)

En forma funcional la demanda del bien (D_X) y sus factores determinantes se expresan como sigue:

$$D_X = f (P_X, N, I, P_S, P_C, G, E, K)$$

De los determinantes antes mencionados, el precio del bien (P_X), suponiendo a los demás constantes, provoca cambios en la cantidad demandada, mientras que la curva de demanda permanece fija, los otros factores (2, 3, 4, 5, 6 y 7) establecen el nivel o posición de dicha curva, por ello se les denomina los factores de cambio de la demanda. Esto da lugar a los aspectos estáticos y dinámicos de la demanda. A continuación, se analizan los efectos de cada factor determinante sobre la cantidad demandada y sobre la curva de demanda.

4.1.6 Demanda estática y demanda dinámica

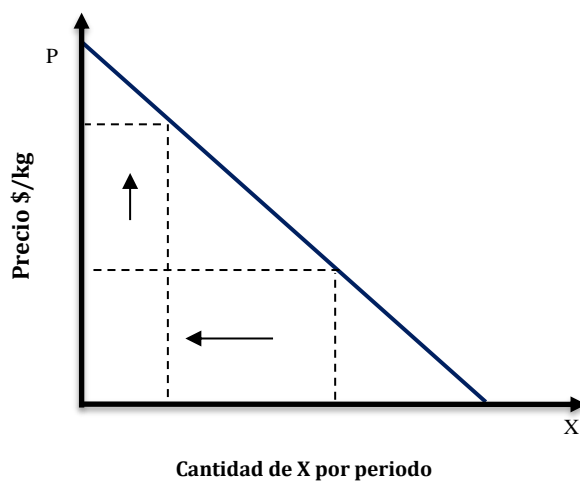
El concepto de demanda estática se refiere a los movimientos a lo largo de una curva de demanda; esto se llama un cambio en la cantidad demandada. Es estática en el sentido de que solo estamos mirando la respuesta cuantitativa al precio, y todos los demás factores que pueden influir en la demanda se consideran constantes. Con el paso del tiempo, sin embargo, otras cosas no permanecen constantes. Por lo tanto, la curva de demanda estrictamente definida de la teoría económica muestra cuánto están dispuestos a comprar los consumidores a precios alternativos en un momento particular en el tiempo. También está implícito que los consumidores pueden y responderán instantáneamente a un cambio en el precio (Tomek y Kaiser, 2014).

El concepto estático, como se acaba de delinear, puede parecer artificial, pero permite pensar de forma lógica sobre los factores que influyen en la demanda y los precios. La suposición de *ceteris paribus* permite determinar el efecto de una variable a la vez.

El precio del producto (P_x). Demanda estática

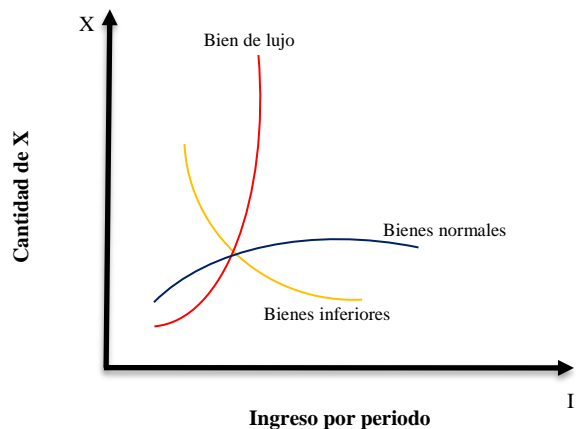
La demanda estática se refiere a los cambios de la cantidad demandada a lo largo de la curva de demanda que provocan las variaciones del precio del bien permaneciendo constantes los demás factores (figura 7, 8 y 9). Esta definición muestra que tan listos están los consumidores para comprar a precios alternativos en un determinado momento. También se supone que los consumidores pueden y suspender instantáneamente a un cambio en el precio. A continuación, se presenta la demanda estática en relación con las variaciones del precio del producto (figura 7), del ingreso (Figura 8) y de los precios de bienes relacionados (Figura 9), suponiendo en cada caso todo lo demás constante.

Figura 7. Demanda estática en relación con el precio del bien.



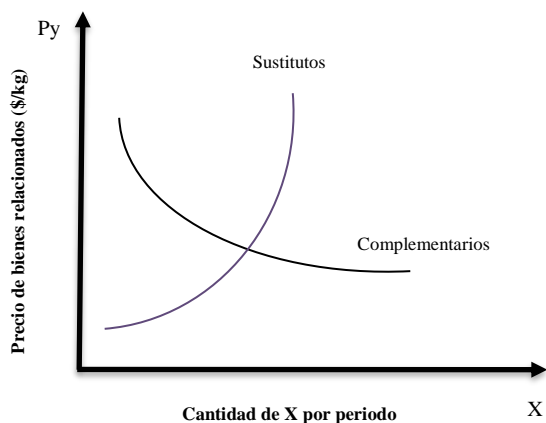
Fuente: García *et al.*, 2003.

Figura 8. Demanda estática con relación al precio del bien.



Fuente: García *et al.*, 2003.

Figura 9. La demanda estática cruzada



Fuente: García *et al.*, 2003.

Ley de la demanda. La cantidad demandada y el precio de un bien, *ceteris paribus*, varían inversamente; es decir, la curva de demanda tiene pendiente negativa. Esto es, al subir el precio de un producto agrícola, *ceteris paribus*, la cantidad demandada disminuye, un efecto contrario se observa si baja el precio. Estos cambios en los precios provocan movimientos de la cantidad demandada a lo largo de la curva de demanda-precio, permaneciendo esta fija (García *et al.*, 2003).

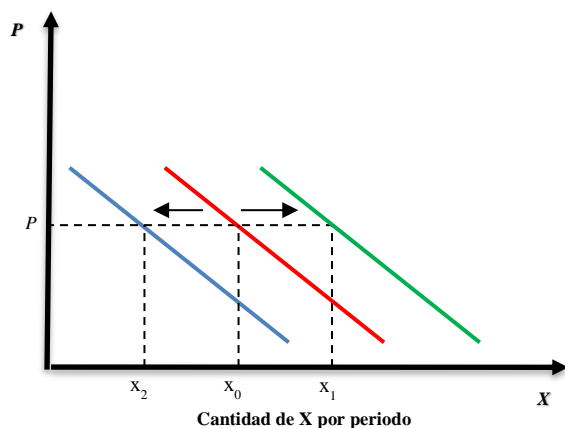
Demanda dinámica. Las variaciones de los distintos al precio del producto considerado, *ceteris paribus*, dan origen a los aspectos dinámicos de ésta, provocando cambios en dicha curva, los cuales pueden ser simples o paralelos y estructurales

El término dinámico se usa de dos maneras en la teoría de la demanda. En primer lugar, puede referirse a los cambios en la demanda que están asociados con factores que influyen en el nivel de demanda y que es probable que cambien con el paso del tiempo. En segundo lugar, puede referirse a retrasos en el ajuste. Los ajustes de cantidad a los cambios en los precios (o los ajustes de precios a los cambios en las cantidades, según el modelo) no tienen lugar instantáneamente debido a los costos de ajuste y los efectos de las expectativas de los consumidores sobre el futuro (Tomek y Kaiser, 2014).

Demanda en el largo plazo es definida como la cantidad que será comprada después del tiempo suficiente que se ha permitido para que todos los ajustes se completen. El concepto de ajuste retrasado asociado con el paso del tiempo conduce a diferenciar a la demanda de corto y largo plazo (García et al, 2003).

Desplazamiento simple o paralelo. Estos se presentan cuando al variar uno de los factores de cambio de la demanda (ingreso, precios relacionados, población), permaneciendo los demás constantes, ésta se desplaza paralelamente modificando únicamente su intercepto (Figura 10).

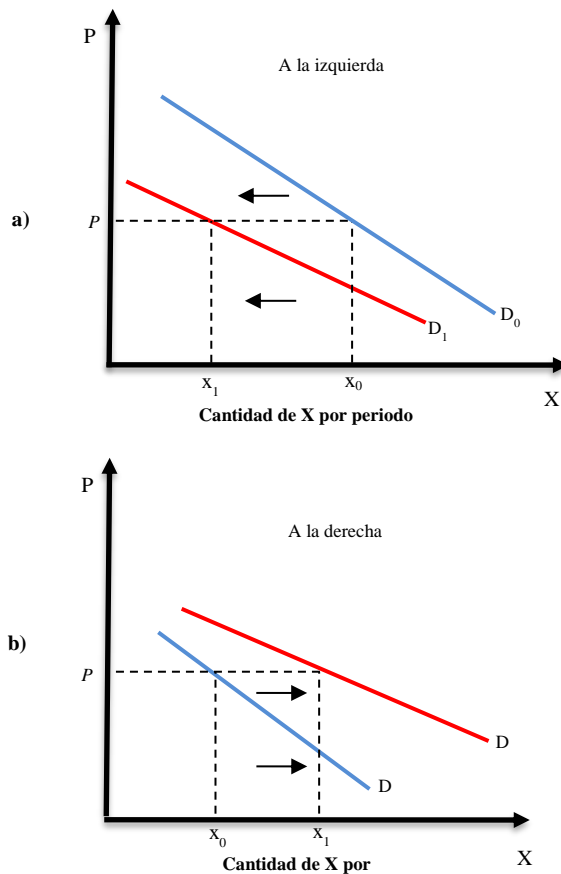
Figura 10. Desplazamiento simple o paralelo de la curva de demanda.



Fuente: García *et al.*, 2003.

Cambios estructurales en la demanda. Estos se presentan cuando al variar uno de los factores de cambios estructurales de la demanda, *ceteris paribus*, ésta se desplaza modificando su pendiente. En este caso, los gustos de los consumidores, la distribución del ingreso, la introducción al mercado de nuevos productos, los cambios en la estructura de la población y la promoción, son los principales factores que provocan desplazamientos estructurales de la demanda. Si los gustos por el bien aumentan, entonces, *ceteris paribus*, la demanda se desplaza estructuralmente a la derecha, y a la izquierda cuando disminuyen (García *et al*; 2003, p. 44). Un cambio estructural también se tiene cuando la función se modifica, por ejemplo, de lineal a curva (Figura 11).

Figura 11. Cambios estructurales de la curva de demanda.



Fuente: García *et al.*, 2003

Una vez definidos los conceptos de cambio simple o paralelo y estructural de la demanda, se pasa a revisar los efectos que en lo individual causan sobre la demanda agrícola los cinco factores desplazadores de esta antes mencionados.

a) La población humana por tamaño, edad y área geográfica (N)

La población humana con su ingreso para gastos constituye los mercados, por ello se sabe que para su análisis es de gran importancia para los ejecutivos de mercadeo de las empresas agropecuarias. La base más común para la segmentación de los mercados (selección de mercados objetivo) es alguna categoría demográfica como la edad, el sexo, la etapa del ciclo de vida de la familia, la educación, la ocupación, la religión y el origen étnico.

El número de habitantes de un país, su ritmo de crecimiento, la estructura de la población por edades, la distribución geográfica o regional y la proporción urbano-rural de la población, son aspectos que generalmente modifican a la demanda de productos agropecuarios.

b) Ingreso y su distribución (I)

Las personas con deseos y necesidades que satisfacer por sí solas no constituyen un mercado; necesitan tener dinero para gastar. La satisfacción de las necesidades de los consumidores está limitada por la cantidad de dinero disponible que está en la economía doméstica para ser gastada, es decir, por el presupuesto para consumo, el cual se determina por el nivel de ingresos percibidos menos el ahorro. Por regla general se emplea para el consumo una parte del ingreso, el resto se ahorra y, por tanto: *presupuesto para consumo = ingreso disponible – ahorro*. Por consiguiente, el ingreso y su distribución junto con la población son una base que se utiliza mucho para la segmentación de los mercados de consumidores.

En términos generales el nivel de ingreso de un consumidor determina la cantidad y la calidad de los alimentos y servicios que puede comprar. Un alto nivel de ingreso permite comprar mayor cantidad y calidad de bienes y servicios y por tanto mejor calidad de vida y viceversa.

La respuesta de la cantidad demandada a cambios en el ingreso, *ceteris paribus*, es directa para un gran número de productos agropecuarios llamados bienes normales superiores (frutas,

hortalizas, carnes, leche, huevo, aceites, etc.), en los que la cantidad demandada por un consumidor será mayor cuanto mayor sea su nivel de ingreso. Un cambio en este factor, *ceteris paribus* provoca desplazamientos simples o paralelos en la demanda precio, a la derecha cuando el ingreso aumenta y la izquierda cuando disminuye, con lo que la cantidad demandada aumenta o disminuye. Sólo para unos cuantos productos (los llamados bienes inferiores) como el maíz y el frijol, que en el caso de México un aumento en el ingreso puede dar lugar a disminuciones en la cantidad consumida.

c) Precios y disponibilidad de nuevos productos [sustitutos (*Ps*), y complementarios (*Pc*)]

La demanda de cada producto es una función no sólo de su precio, sino también de los precios de otros bienes y servicios relacionados. En teoría, los precios de todos los bienes de una economía están relacionados en un sistema interdependiente. Una variación en el precio de un bien provoca cambios en la demanda de otros bienes y servicios. La dirección del cambio en la demanda dependerá de la dirección del cambio en el precio del bien relacionado y de si bien es sustituto o complementario.

En los bienes sustituto, el cambio en el precio del sustituto, manteniendo lo demás constante, y el de la demanda del bien considerado es generalmente positiva. Para los productos que se complementan en el consumo, la variación del precio del bien complementario, manteniendo a lo demás constante, y el cambio en la demanda del bien considerado están generalmente relacionados inversamente.

d) Gustos y necesidades del consumidor (*G*)

Los cambios en los gustos o preferencias de los consumidores, *ceteris paribus*, desplazan estructuralmente la demanda del bien en cuestión. Así si los gustos del bien aumentan, *ceteris paribus*, entonces la demanda y la cantidad demandada aumentan y por el contrario si los gustos del bien disminuyen.

Una variación de la estructura de las necesidades significa que las economías domésticas demandan más o menos de un bien determinado, aunque los precios y los ingresos permanezcan

constantes. Si la cantidad demandada aumenta a consecuencia de la variación de la estructura de las necesidades, es probable que la curva de demanda-precio se desplace estructuralmente hacia la derecha, y si la cantidad demandada disminuye, la curva de demanda-precio se desplaza hacia la izquierda.

Estos gustos y necesidades difieren frecuentemente de uno a otro consumidor debido a varias causas, como clima, edad, sexo, peso y estructura de la población por edades, costumbres, tradición, religión, miedo a las enfermedades o esperanza de que aumente la salud a consecuencia de consumir un determinado bien, por la variación de la moda, por la oferta de nuevos productos y por la publicidad.

e) Promoción (*K*)

En términos económicos, el propósito básico de la promoción es cambiar la ubicación y la forma de la curva de demanda-precio (en forma paralela o estructural) para un producto de la empresa. A través de la promoción, la empresa lucha por aumentar el volumen de ventas de un producto a cualquier precio determinado.

4.2 Elasticidades de la demanda

En los estudios empíricos de mercado no es suficiente saber que las variaciones de los factores determinantes de la demanda (por ejemplo, del precio del producto, de los precios de producto relacionados, del ingreso, de los gustos, etc.) afectan a la demanda, sino que es necesario conocer en qué magnitud aumenta o disminuye la cantidad demandada, cuando varía uno de sus factores determinantes y los demás se mantienen constantes. La magnitud de tales cambios se mide con el llamado "coeficiente de elasticidad" (García *et al.*, 2003).

El concepto de "elasticidad" nos permite medir el cambio porcentual en una variable dependiente en correspondencia con un cambio porcentual en alguna variable independiente, permaneciendo las demás constantes. El "coeficiente de elasticidad" posee la ventaja de ser un número sin dimensiones, independiente de las unidades de medida y, por consiguiente, directamente comparable entre productos y entre países (García *et al.*, 2003).

a) Elasticidad precio propia de la demanda (E_{ii})

El más común de estos porcentajes de relación es el precio propio elasticidad de la demanda, que es una relación que expresa el cambio porcentual en la cantidad demandada asociada con un cambio porcentual dado en el precio.

La ley de la demanda establece que la cantidad demandada de un producto varía de manera inversa a los cambios en el precio. Sin embargo, por sí sola esta relación inversa no dice nada acerca de la magnitud del efecto del cambio en el precio sobre la cantidad demandada, y es probable que este efecto varíe de un producto a otro.

La elasticidad precio propia de la demanda es un cociente que expresa el cambio porcentual en la cantidad demandada de un producto por unidad de tiempo asociada con un cambio porcentual dado en el precio del mismo, *ceteris paribus*. Una forma más conveniente de definirla es considerar que la elasticidad precio de la demanda es el cambio porcentual en la cantidad demandada en respuesta a un cambio de 1% en el precio, manteniendo constantes a los demás determinantes de la demanda. Así definida, ésta es usualmente negativa y es representada frecuentemente como un número positivo, referido a su valor absoluto y no a su signo.

Es decir:

$$E_{ii} = \frac{\text{Variación porcentual de la cantidad demandada}}{\text{Variación porcentual en el precio}}$$

La elasticidad precio (E_p) está definida para un punto de la curva de demanda; por tanto, para la mayoría de las curvas la magnitud del coeficiente de elasticidad varía a lo largo de las mismas. Utilizando a " Δ " para definir un cambio muy pequeño; entonces la definición matemática de la elasticidad precio (E_p) es:

$$E_{ii} = \frac{\frac{\Delta Q_i}{Q_i}}{\frac{\Delta P_i}{P_i}} = \left[\frac{\Delta Q_i}{\Delta P_i} \right] \left[\frac{P_i}{Q_i} \right] = \frac{\Delta \% Q_i}{\Delta \% P_i}$$

En este caso la primera (i) se refiere a la cantidad demandada del producto y la segunda (i) a su precio.

O sí se conoce la función:

$$E_{ii} = \frac{dQ_i}{dP_i} \circ \frac{\Delta P_i}{Q_i}$$

Donde, Q y P indican la cantidad y el precio del producto, Δ un cambio muy pequeño y (d) un cambio infinitesimal (García *et al.*, 2003).

La E_{ii} tiene signo negativo y teóricamente su rango en valor absoluto va desde cero hasta menos infinito $(0, -\infty)$. Este rango está dividido tradicionalmente en tres partes:

$$E_{ii} > | - 1 |, \quad E_{ii} = | - 1 |, \quad E_{ii} < | - 1 |$$

De acuerdo con el valor absoluto de E_p se tiene:

- Si el valor absoluto del coeficiente de elasticidad $E_{ii} > | - 1 |$, esto implica que el cambio porcentual en la cantidad demandada es mayor que el correspondiente cambio porcentual en el precio, es decir, $\Delta\%Q_i > \Delta\%P_i$. El caso extremo es una curva de demanda horizontal: la demanda es **perfectamente elástica** ($E_{ii} = | - \infty |$). Para un mismo precio se demanda cualquier cantidad. Este es el caso cuando en el eje de las ordenadas se pone el precio, y será una línea vertical, cuando en las ordenadas aparece la cantidad;
- Si el valor absoluto del coeficiente de elasticidad $E_{ii} < | - 1 |$, la demanda es inelástica. El cambio porcentual en la cantidad demandada es menor que el cambio porcentual del precio $\Delta\%Q_i < \Delta\%P_i$. El caso extremo es una elasticidad igual a cero ($E_p = 0$); la curva de demanda es una línea vertical: la demanda es **perfectamente inelástica**. Para cualquier precio se demanda la misma cantidad. Este es el caso cuando el precio se reporta en el eje de las ordenadas, y será una curva horizontal, cuando la cantidad se reporta en este eje;

- Si el valor absoluto del coeficiente de elasticidad $E_{ii} = | - 1 | \Rightarrow \Delta\%Q_i = \Delta\%P_i$. La demanda es **unitaria**. El cambio porcentual en la cantidad demandada es igual que el cambio porcentual del precio.

$$\frac{\Delta\%Q_i}{\Delta\%P_i} = | - 1 |$$

b) La elasticidad-ingreso de la demanda (E_{ii})

El coeficiente de la elasticidad-ingreso de la demanda (E_{ii}) 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*. Se interpreta como el cambio porcentual en la cantidad demandada ante un cambio porcentual de 1% en el ingreso, *ceteris paribus* (García *et al.*, 2003). Es decir:

$$E_{ii} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad demandada por unidad de tiempo}}{\text{Cambio porcentual en el ingreso}}$$

En este caso (I) se refiere al ingreso.

La definición matemáticamente de la elasticidad-ingreso en un punto es la siguiente:

$$E_{ii} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta I}{I}} = \left[\frac{\Delta Q}{\Delta I} \right] \left[\frac{I}{Q} \right] = \frac{\Delta\%Q}{\Delta\%I}$$

O sí se conoce la función:

$$E_{ii} = \frac{dQ}{dI} \circ \frac{I}{Q}$$

En la mayoría de los casos el coeficiente es positivo; es decir, el cambio porcentual de la cantidad y en el ingreso varían en el mismo sentido, es decir, cuando aumenta el ingreso de un consumidor, *ceteris paribus*, se incrementa la cantidad demandada y ocurre lo contrario cuando el ingreso disminuye.

Se dan los siguientes casos:

1. Si $E_{iI} > 1$, implica que el $\Delta\%Q > \Delta\%I$. La demanda es elástica respecto al ingreso. Este es el caso de los bienes denominados normales superiores o de lujo.
2. Si $E_{iI} < 1$, implica que el $\Delta\%Q < \Delta\%I$. La demanda es inelástica respecto al ingreso. Aquí se tienen los denominados bienes normales necesarios.
3. Si $E_{iI} = 1$, implica que el $\Delta\%Q = \Delta\%I$. La demanda es de elasticidad-ingreso unitaria. Se está en caso de un bien normal necesario.
4. Si $E_{iI} = 0$, la demanda ingreso es perfectamente inelástica, para cualquier nivel de ingreso se demanda la misma cantidad. Se tiene completa saturación de las necesidades y se está en el caso de un bien normal inferior:

$$\frac{\Delta\%Q}{\Delta\%I} = \frac{0}{\Delta\%I} = 0.$$

5. Si $E_{iI} < 0$, se trata de un bien inferior. Los bienes inferiores pueden presentar curvas de demanda inelástica ($E_{iI} > -1$) y elástica ($E_{iI} < -1$). En el primer caso la demanda ingreso es elástica. El cambio porcentual en la cantidad demandada es mayor que el correspondiente cambio porcentual en el ingreso, lo cual implica que, si el ingreso sube o baja en 1%, entonces, *ceteris paribus*, la cantidad disminuye o aumenta en más de 1%. En cambio, cuando $E_{iI} < -1$ un aumento (disminución) de 1% ocasionaría una disminución (aumento) de menos de 1%.

c) La elasticidad cruzada (E_{ij})

Se define como 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*.

Es decir:

$$E_{ij} = \frac{\text{Cambio porcentual en la cantidad demandada } (Q_i) \text{ por unidad de tiempo}}{\text{Cambio porcentual en el precio del bien relacionado } (P_j)}$$

Se interpreta como el cambio porcentual en la cantidad demandada del bien i en respecto a un cambio de 1% en el precio de bien j , *ceteris paribus* (García *et al.*, 2003).

Matemáticamente la fórmula de la elasticidad-precio cruzada para un punto de la curva de la demanda se expresa como sigue:

$$E_{ij} = \frac{\frac{\Delta Q_i}{Q_i}}{\frac{\Delta P_j}{P_j}} = \left[\frac{\Delta Q_i}{\Delta P_j} \right] \left[\frac{P_j}{Q_i} \right] = \frac{\Delta \% Q_i}{\Delta \% P_j}$$

Cuando se conoce la función de demanda:

$$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} \circ \frac{\Delta P_j}{Q_i}$$

En este caso, (*i*) se refiere al producto como antes fue indicado y (*j*) se refiere al precio de un producto sustituto o complementario.

En teoría hay los siguientes tipos de relaciones cruzadas:

- Productos sustitutos: $E_{ij} > 0$.
 Si $+\Delta P_j \Rightarrow -\nabla Q_j \Rightarrow \Delta D_i \Rightarrow +\Delta Q_i$ Cuando P_i constante.
 Si $-\nabla P_j \Rightarrow +\Delta Q_j \Rightarrow -\nabla D_i \Rightarrow -\nabla Q_i$ Cuando P_i constante.
- Productos complementarios: $E_{ij} < 0$.
 Si $+\Delta P_j \Rightarrow -\nabla Q_j \Rightarrow -\nabla D_i \Rightarrow -\nabla Q_i$ Cuando P_i constante.
 Si $-\nabla P_j \Rightarrow +\Delta Q_j \Rightarrow \Delta D_i \Rightarrow +\Delta Q_i$ Cuando P_i constante.
- Productos independientes: Si $E_{ij} = 0$ significa que no hay relaciones de sustitución ni de complementariedad entre los dos productos.

Cuadro 5. Resumen sobre las elasticidades de la demanda.

FÓRMULA		Posible resultado	Causa	Clasificación del producto	
Tipo	No se conoce la función				Sí se conoce la función
E_{ii} Elasticidad precio	$E_{ii} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \cdot \frac{\bar{P}}{\bar{Q}}$	$E_{ii} = \frac{dQ}{dP} \left[\frac{\bar{P}}{\bar{Q}} \right]$	$E_{ii} = \infty$ $E_{ii} > | -1 |$ $E_{ii} = | -1 |$ $E_{ii} < | -1 |$ $E_{ii} = 0$	$\%Q > \Delta\%P$ $\Delta\%Q = \Delta\%P$ $\Delta\%Q < \Delta\%P$	Perfectamente elástica Elástico Unitario Inelástico Perfectamente Inelástico
E_{iI} Elasticidad Ingreso	$E_{iI} = \frac{\Delta Q}{\Delta I} \cdot \frac{\bar{I}}{\bar{Q}}$	$E_{iI} = \frac{dQ}{dI} \left[\frac{\bar{I}}{\bar{Q}} \right]$	$E_{iI} > 1$ $0 < E_{iI} < 1$ $E_{iI} < 0$	$\Delta\%Q > \Delta\%I$ $\Delta\%Q < \Delta\%I$ $\uparrow I \Rightarrow \downarrow Q$ $\downarrow I \Rightarrow \uparrow Q$	Normal de lujo Normal necesario Normal inferior
E_{ij} Elasticidad Cruzada	$E_{ij} = \frac{\Delta Q_i}{\Delta P_j} \cdot \frac{\bar{P}_j}{\bar{Q}_i}$	$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} \left[\frac{\bar{P}_j}{\bar{Q}_i} \right]$	$E_{ij} > 0$ $E_{ij} = 0$ $E_{ij} < 0$	$\uparrow P_j \Rightarrow \uparrow Q_i$ $\downarrow P_j \Rightarrow \downarrow Q_i$ No existe relación $\uparrow P_j \Rightarrow \downarrow Q_i$ $\downarrow P_j \Rightarrow \uparrow Q_i$	Sustituto Independiente Complementario

Fuente: García *et al.*, 2003.

4.3 El modelo de regresión lineal.

El análisis de regresión trata del estudio de la dependencia de una variable (variable dependiente) respecto de una o más variables (variables explicativas) con el objetivo de estimar o predecir la media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocidos o fijos (en muestras repetidas) de las segundas (Gujarati, 2010).

4.3.1 Regresión lineal múltiple: notación

El modelo de regresión múltiple más sencillo posible es la regresión de tres variables, con una variable dependiente y dos variables explicativas.

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i$$

Donde Y es la variable dependiente, X_2 y X_3 las variables explicativas (o regresoras), u es el término de perturbación estocástica, e i la i -ésima observación; β_1 es el término del intercepto, como es usual, este término da el efecto medio o promedio sobre Y de todas las variables

excluidas del modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando X_2 y X_3 se igualan a cero. Los coeficientes β_2 y β_3 se denominan coeficientes de regresión parcial coeficientes parciales de pendiente (Gujarati, 2010).

El significado del coeficiente de regresión parcial es el siguiente: β_2 mide el cambio en el valor de la media de Y , $E(Y)$, por unidad de cambio en X_2 , con X_3 constante. Expresado de otra forma, proporciona el efecto “directo” o “neto” que tiene una unidad de cambio de X_2 , sobre el valor medio de Y , neto de cualquier efecto que X_3 pueda ejercer en la media Y . De igual forma, β_3 mide el cambio en el valor medio de Y por unidad de cambio en X_3 , cuando el valor de X_2 se conserva constante. Es decir, da el efecto “directo” o “neto” de una unidad de cambio en X_3 sobre el valor medio de Y , neto de cualquier efecto que X_2 pudiera tener sobre la media Y .

4.3.2 Supuestos del modelo de regresión lineal múltiple

Operando dentro del marco del modelo clásico de regresión lineal (MCRL). Específicamente se plantean los siguientes supuestos (Gujarati 2010):

1. Modelo de regresión lineal, o lineal en los parámetros. Se entiende que el término lineal se refiere a linealidad en los parámetros y no necesariamente en las variables.
2. Valores fijos de X o valores de X independientes del término de error. En este caso, esto significa que se requiere covarianza cero entre u_i y cada variable X .

$$cov(u_i, X_{2i}) = cov(u_i, X_{3i}) = 0$$

3. Valor medio de la perturbación u_i igual a cero.

$$E(u_i | X_{2i}, X_{3i}) = 0 \text{ por cada } i$$

4. Homoscedasticidad o varianza constante de u_i .

$$var(u_i) = \sigma^2$$

5. No autocorrelación, o correlación serial, entre las perturbaciones.

$$cov(u_i, u_j) = 0 \quad i \neq j$$

6. El número de observaciones n debe ser mayor que el de parámetros por estimar.
7. Debe haber variación en los valores de las variables X .
8. No debe haber colinealidad exacta entre las variables X . No hay relación lineal exacta entre X_2 y X_3 .
9. No hay sesgo de especificación. El modelo está especificado correctamente.

Para la interpretación de la ecuación de regresión múltiple con los supuestos del modelo de regresión clásico, se cumple que, al tomar la esperanza condicional de Y en ambos lados de la ecuación:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i$$

Obtenemos:

$$E(Y_i | X_{2i}, X_{3i}) = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i}$$

Expresado en palabras, se obtiene la media condicional o el valor esperado de Y condicionado a los valores dados o fijos de las variables X_2 y X_3 . Por consiguiente, el análisis de regresión múltiple es el análisis de regresión condicional sobre los valores fijos de las variables explicativas, y lo que obtenemos es el valor promedio o la media de Y , o la respuesta media de Y a los valores dados de las regresoras X (Gujarati, 2010).

Ahora bien, para el significado de los coeficientes de regresión parcial β_2 y β_3 se conocen como coeficientes de regresión parcial o coeficientes parciales de pendiente. El significado del coeficiente de regresión parcial es el siguiente: β_2 mide el cambio en el valor de la media de Y , $E(Y)$, por unidad de cambio en X_2 , con X_3 constante. Expresado de otra forma, proporciona el efecto “directo” o “neto” que tiene una unidad de cambio de X_2 sobre el valor medio de Y , neto de cualquier efecto que X_3 pueda ejercer en la media Y . De igual forma, β_3 mide el cambio en el valor medio de Y por unidad de cambio en X_3 , cuando el valor de X_2 se conserva constante. Es decir, da el efecto “directo” o “neto” de una unidad de cambio en X_3 sobre el valor medio de Y , neto de cualquier efecto que X_2 pudiera tener sobre la media Y .

4.3.3 Mínimos cuadrados ordinarios

Partiendo de la función de regresión muestral correspondiente a la función de regresión poblacional:

$$Y_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{2i} + \hat{\beta}_3 x_{3i} + \hat{u}_i$$

donde \hat{u}_i es el término residual, la contraparte muestral del término de perturbación estocástico u_i .

El procedimiento MCO consiste en seleccionar los valores desconocidos de los parámetros de forma que la suma de cuadrados de los residuos (SCR) $\sum \widehat{u}_i^2$ sea lo más pequeña posible. Simbólicamente,

$$\min \sum \widehat{u}_i^2 = \sum (Y_i - \hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_2 x_{2i} - \hat{\beta}_3 x_{3i})^2$$

Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios

Los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), son aquellos valores de los parámetros que minimizan en promedio los residuos al cuadrado. De acuerdo con Gujarati y Porter (2010), las propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios del modelo de regresión múltiple son:

1. La línea de regresión de tres variables pasa a través de las medias de \bar{Y} , \bar{X}_2 y \bar{X}_3 . Esta propiedad generalmente se mantiene. Así, en el modelo de regresión lineal con k variables [una regresada y $(k - 1)$ regresoras],

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i$$

Se tiene que:

$$\widehat{\beta}_1 = \bar{Y} - \beta_1 + \beta_2 \bar{X}_2 + \beta_3 \bar{X}_3 + \dots + \beta_k \bar{X}_{ki}$$

2. El valor medio de Y_i estimado $\widehat{Y}_i (= \widehat{Y}_i)$ es igual al valor medio de Y_i observado:

Donde:

$$y_i = \widehat{Y}_i + \bar{y}$$

La función de regresión muestral se expresa en forma de desviaciones como:

$$y_i = \widehat{y}_i + \widehat{u}_i = \widehat{\beta}_2 x_{2i} + \widehat{\beta}_3 x_{3i} + \widehat{u}_i$$

3.

$$\sum \widehat{u}_i = \bar{\widehat{u}} = 0$$

4. Los residuos \widehat{u}_i no están correlacionados con X_{2i} y X_{3i} , es decir,

$$\sum \widehat{u}_i X_{2i} = \sum \widehat{u}_i X_{3i} = 0$$

5.- Los residuos \widehat{u}_i no están correlacionados con \widehat{Y}_i ; es decir,

$$\sum \hat{u}_i \hat{Y}_i = 0$$

6. A medida que el coeficiente de correlación entre X_2 y X_3 , se acerca a 1, las varianzas de $\hat{\beta}_2$ y $\hat{\beta}_3$ aumentan para los valores dados de σ^2 y $\sum x_{2i}^2$ o $\sum x_{3i}^2$. En el límite, cuando el coeficiente de correlación = 1 (es decir, la colinealidad perfecta), estas varianzas se hacen infinitas.

7. Para valores dados del coeficiente de correlación y $\sum x_{2i}^2$ o $\sum x_{3i}^2$, las varianzas de los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios son directamente proporcionales a σ^2 ; es decir, aumentan a medida que lo hace σ^2 . En forma similar, para valores dados de σ^2 y el coeficiente de correlación, la varianza de $\hat{\beta}_2$ es inversamente proporcional a $\sum x_{2i}^2$; es decir, entre mayor sea la variación de los valores muestrales de X_2 , menor será la varianza de $\hat{\beta}_2$ y, por consiguiente, β_2 se estima en forma más precisa. Una afirmación similar vale respecto de la varianza de $\hat{\beta}_3$.

8. Con los supuestos del modelo clásico de regresión lineal se demuestra que los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios de los coeficientes de regresión parcial no solamente son lineales e insesgados, sino que también tienen varianza mínima dentro de la clase de todos los estimadores lineales insesgados. En resumen, son MELI (mejor estimador lineal insesgado). Dicho de otra forma, satisfacen el teorema de Gauss-Márkov.

4.3.4 El coeficiente múltiple de determinación

En el modelo de tres variables se busca conocer la proporción de la variación en Y explicada por las variables X_2 y X_3 conjuntamente. La medida que da esta información se conoce como coeficiente de determinación múltiple, y se denota por R^2 ; conceptualmente se asemeja a r^2 (Gujarati, 2010).

Por definición,

$$R^2 = \frac{SCE}{SCT}$$

$$R^2 = \frac{\hat{\beta}_2 \sum y_i x_{2i} + \hat{\beta}_3 \sum y_i x_{3i}}{\sum y_i^2}$$

4.3.5 El coeficiente múltiple de correlación

En el caso de dos variables, definimos r como el coeficiente de correlación que mide el grado de asociación (lineal) entre las dos variables. El análogo de r para tres o más variables es el coeficiente de correlación múltiple, denotado por R , el cual es una medida del grado de asociación entre Y y todas las variables explicativas en conjunto. Aunque r puede ser positivo o negativo, R siempre se considera positivo (Gujarati, 2010).

4.3.6 R^2 y R^2 ajustada

Una propiedad importante de R^2 es que es una función no decreciente del número de variables explicativas o de regresoras presentes en el modelo; a medida que aumenta el número de regresoras, R^2 aumenta casi invariablemente y nunca disminuye. Planteado de otra forma, una variable adicional X no reduce R^2 (Gujarati, 2010).

Por definición,

$$R^2 = \frac{SCE}{SCT} = 1 - \frac{\sum \widehat{u}_i^2}{\sum y_i^2}$$

Ahora $\sum y_i^2$ es independiente del número de variables X en el modelo porque es sólo $\sum (Y_i - \bar{Y})^2$. SCE , $\sum \widehat{u}_i^2$, sin embargo, depende del número de regresoras presentes en el modelo. Por intuición, es claro que, a medida que aumenta el número de variables X , es más probable que disminuya $\sum \widehat{u}_i^2$ (al menos, que no aumente); por tanto, R^2 aumenta. En vista de esto, al comparar dos modelos de regresión con la misma variable dependiente pero un número diferente de variables X , se debe tener mucho cuidado al escoger el modelo con la R^2 más alta.

Para comparar dos términos R^2 se debe tener en cuenta el número de variables X presentes en el modelo. Esto se verifica con facilidad si consideramos un coeficiente de determinación alternativo, que es el siguiente:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum \hat{u}_i^2 / (n - k)}{\sum y_i^2 / (n - 1)}$$

donde k = el número de parámetros en el modelo incluyendo el término de intercepto.

R^2 definida así se conoce como R^2 **ajustada**, designada por \bar{R}^2 . El término ajustado significa ajustado por los grados de libertad asociados a las sumas de cuadrados que se consideran en $\sum \hat{u}_i^2$ tiene $n - k$ grados de libertad en un modelo con k parámetros, el cual incluye el término del intercepto y $\sum \hat{u}_i^2$ tiene $n - 1$.

La ecuación anterior también se escribe como

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\hat{\sigma}^2}{S_Y^2}$$

donde $\hat{\sigma}^2$ es la varianza residual, un estimador insesgado de la verdadera σ^2 , y S_Y^2 es la varianza muestral de Y .

Se observa que el \bar{R}^2 y el R^2 están relacionados porque:

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - k}$$

Se comprende que: para $k > 1$, $\bar{R}^2 < R^2$, lo cual implica que, a medida que aumenta el número de variables X , R^2 ajustada aumenta menos que R^2 no ajustada; y que 2) \bar{R}^2 puede ser negativa, aunque R^2 es necesariamente no negativa. En caso de que \bar{R}^2 resulte ser negativa en una aplicación, su valor se toma como cero.

CAPITULO V. MODELO EMPÍRICO DE DEMANDA DE MAÍZ

En este capítulo se presenta la estructura de los modelos de regresión múltiple. Se definen las variables explicativas, que deben ser incluidas en cada modelo. La teoría económica y la estadística fueron fundamentales para tomar decisiones al momento de la selección de las variables.

La econometría puede definirse como el análisis cuantitativo de fenómenos económicos reales, basados en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación, relacionados mediante métodos apropiados de inferencia (Samuelson, *et al.*, 1954).

5.1 Clasificación de las variables del modelo

Las variables económicas se clasifican según dos amplias categorías: endógenas y exógenas.

- a. **Variables endógenas.** Son variables dependientes y sus valores van a ser estimados por la solución de las ecuaciones que comprende el modelo.
- b. **Variables exógenas.** Son aquellas que contribuyen a explicar la conducta de las variables endógenas. Comprende dos tipos:
 - i) *Variables exógenas.* Son las variables explicativas en el modelo; no son objeto de análisis y explicación en dicho modelo, pero sirven para determinar a las variables endógenas; para el modelo son las siguientes:
 - ii) *Variables endógenas rezagadas.* Son variables que sirven para explicar a las endógenas. Están constituidas por los valores del año anterior de las variables endógenas del modelo. Los modelos planteados a continuación no cuentan con este tipo de variables.
- c. **Variables aleatorias o estocásticas.** Son los errores estimados del modelo, ϵ , y resultan básicas para realizar el análisis econométrico. No son observables y su introducción distingue a los modelos estocásticos o probabilísticos, en oposición a los modelos

matemáticos o determinísticos. Tienen como función caracterizar el comportamiento de las variables endógenas.

5.2 La elección de un modelo

De acuerdo con Hendry y Richard (1983), la elección de un modelo para el análisis empírico debe satisfacer los siguientes criterios:

1. *Ser adecuado para los datos*; es decir, las predicciones basadas en el modelo deben ser lógicamente posibles.
2. *Ser consistente con la teoría*; es decir, debe tener un sentido económico pertinente.
3. *Tener regresoras exógenas débiles*; es decir, las variables explicativas, o regresoras, no deben estar correlacionadas con el término de error. Puede añadirse que, en algunas situaciones, las regresoras exógenas tal vez sean estrictamente exógenas. Una variable estrictamente exógena es independiente de los valores actuales, futuros y pasados del término de error.
4. *Mostrar constancia en los parámetros*; es decir, los valores de los parámetros deben ser estables. De otra forma el pronóstico se dificultará. Ante la ausencia de la constancia en los parámetros, tales predicciones no serán confiables.
5. *Exhibir coherencia en los datos*; es decir, los residuos estimados a partir del modelo deben ser puramente aleatorios (técnicamente, ruido blanco). En otras palabras, si el modelo de regresión es adecuado, los residuos obtenidos de este modelo deben ser de ruido blanco. Si no es el caso, existe un error de especificación en el modelo.
6. *Ser inclusivo*; es decir, el modelo debe abarcar o incluir todos los modelos contendientes, en el sentido de que debe poder explicar sus resultados. En resumen, otros modelos no pueden ser mejores que el elegido.

5.3 Funciones de demanda de maíz

En este trabajo se analiza la estructura de la demanda de maíz grano. Con base en la teoría económica las principales variables que influyen en la función de la demanda son: el precio del bien, el ingreso real per cápita, el precio de los bienes complementarios y sustitutos.

5.3.1 Función de demanda de maíz en México

El maíz es el grano de mayor producción y consumo a nivel mundial. México es un país donde la evolución de la demanda del total de maíz muestra un incremento considerable en el periodo de estudio, existe una tendencia creciente de la diversificación en el uso del maíz, por lo cual se ha generado una creciente dependencia del país respecto a las importaciones para satisfacer la demanda total.

El sorgo y el maíz son una materia prima fundamental en la producción de alimentos balanceados, se considera el precio de los insumos como un criterio para decidir qué tipos de insumos usar en mayor proporción. La función de la demanda de maíz incluye el precio de estos dos granos. Se utiliza del precio al mayoreo, dado que es el precio pagado cuando se compran grandes volúmenes de granos.

Otro factor que influye en la demanda de maíz es el trigo. Este producto actúa como sustituto, debido a que la principal característica es que tienen demandas relacionadas entre sí, es decir, que el consumidor sabe que puede sustituir uno por otro cuando lo considera necesario. La relación de sustitución se da por los productos que de ellos se derivan, en este caso, la tortilla y el pan.

En la demanda de granos para la elaboración de alimentos balanceados o en la alimentación animal, se consideran como principales consumidores a las aves. Incluye la producción de huevo y carne.

El modelo econométrico de regresión lineal múltiple propuesto para la cantidad demandada de maíz es el siguiente:

$$QDM_t = \beta_0 PMMR_t + \beta_1 YNDPERR_t + \beta_2 PTMR_t + \beta_3 PSMR_t + \beta_4 POBA_t + e_i$$

Donde:

QDM_t : Cantidad Demandada de Maíz Grano en el Año t.

$PMMR_t$: Precio del Maíz al Mayoreo Real en el Año t.

$YNDPERR_t$: Ingreso Nacional Disponible Per Cápita Real en el Año t.

$PTMR_t$: Precio del Trigo al Mayoreo Real en el Año t.

$PSMR_t$: Precio del Sorgo al Mayoreo Real en el Año t

$POBA_t$: Población Avícola en el Año t.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: Coeficientes de regresión

e_i : Terminio aleatorio o estocástico.

Se considera una relación directa con $YNDPERR_t$, $PTMR_t$ y $POBA_t$. Mientras que para $PMMR_t$ y $PSMR_t$ se espera una relación inversa.

5.3.2 Función de demanda de maíz blanco en México

El maíz blanco es uno de los productos agrícolas más comerciales dada la diversidad de usos que ostenta, ocupa la mayor superficie sembrada de los cultivos. Desde el punto de vista económico, el maíz es la materia prima de la industria de la harina y la tortilla. En ocasiones puede ser usado para la alimentación animal.

El maíz blanco y maíz amarillo pueden verse simultáneamente como complementos o sustitutos. En un estudio realizado con datos de precios y cantidad por tipo de maíz, se obtuvo el resultado de nula elasticidad de sustitución, concluyendo por tanto que ambos tipos de maíz son ajenos o bien complementarios (Martínez, *et al.*, 2018).

Se plantea el siguiente modelo de demanda para maíz blanco grano:

$$QDMB_t = \beta_0 PMMBR_t + \beta_1 YNDPERR_t + \beta_2 PMMAR_t + \beta_3 PSMR_t + e_i$$

Donde:

$QDMB_t$: Cantidad Demandada de Maíz Blanco Grano en el Año t.

$PMMBR_t$: Precio del Maíz Blanco al Mayoreo Real en el Año t.

$YNDPERR_t$: Ingreso Nacional Disponible Per Cápita Real en el Año t.

$PMMAR_t$: Precio del Maíz Amarillo al Mayoreo Real en el Año t.

$PFMR_t$: Precio del Frijol al Mayoreo Real en el Año t.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes de regresión.

e_i : Terminio aleatorio o estocástico.

De acuerdo con el modelo propuesto se espera una relación directa con $YNDPERR_t$ y $PMMAR_t$. Mientras que para $PMMBR_t$ y $PFMR_t$, se espera una relación inversa.

5.3.3 Función de demanda de maíz Amarillo en México

En los años recientes la producción nacional de maíz amarillo ha sido insuficiente para cubrir la demanda interna, se importan grandes volúmenes de este grano procedentes de Estados Unidos para solventar los requerimientos. El precio nacional del maíz amarillo depende del precio internacional, debido a que gran parte de este grano proviene de las importaciones de Estados Unidos. Además, frecuentemente hay variaciones considerables en el precio.

Los principales usos del maíz amarillo son el consumo animal por sus características, al igual que la soya de son insumos importantes en la industria alimenticia, principalmente para: de la extracción de almidones, aceites, elaboración de cereales, entre otros.

Se plantea el siguiente modelo de demanda para maíz amarillo grano:

$$QDMA_t = \beta_0 PMMAR_t + \beta_1 YNDPERR_t + \beta_2 PSJMR_t + e_i$$

Donde:

$QDMA_t$: Cantidad Demandada de Maíz Amarillo Grano en el Año t.

$PMMAR_t$: Precio del Maíz Amarillo al Mayoreo Real en el Año t.

$YNDPERR_t$: Ingreso Nacional Disponible Per Cápita Real en el Año t.

$PSJMR_t$: Precio de la Soya al Mayoreo Real en el Año t

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Coeficientes de regresión.

e_i : Terminio aleatorio o estocástico.

De acuerdo con el modelo propuesto se espera una relación directa pala las variables $YNDPERR_t$ y $PSJMR_t$. Mientras que para la variable $PMMAR_t$ se espera una relación inversa.

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los datos obtenidos al estimar las funciones demanda. Se realizaron tres modelos tomando como base las series de tiempo de 46 años (1970 a 2015) y 26 años (1990 a 2015). En la primera parte del capítulo se mencionan los resultados estadísticos obtenidos y en segunda parte un análisis económico mediante cálculo de elasticidades de la demanda.

Tomando como la información recabada para las series de tiempo se implementó el método de estimación con mínimos cuadrados ordinarios para estimar los modelos de demanda. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico para probar la significancia de los parámetros en la regresión y la validez de cada modelo.

6.1 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se toma en cuenta el coeficiente de determinación (R^2) y \bar{R}^2 para la correcta selección de un modelo, con la finalidad de que éste explique el fenómeno económico adecuadamente, en otras palabras, debe existir un ajuste adecuado entre las variables explicativas y el fenómeno a explicar (variable dependiente).

Para el análisis estadístico se toma en cuenta \bar{R}^2 es una medida de bondad de ajuste corregida (precisión de modelo) para los modelos de regresión lineal; comparado con R^2 que tiende a estimar de forma optimista el ajuste de la regresión lineal múltiple, que por lo general aumenta cada que se incrementa el número de variables independientes en el modelo. \bar{R}^2 intenta corregir esta estimación excesiva. \bar{R}^2 disminuye si una variable específica no mejora el modelo. Finalmente, entre más cercano se encuentre el valor de \bar{R}^2 y R^2 mejor será el modelo, \bar{R}^2 siempre es menor o igual que R^2 ; Cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será la bondad de ajuste del modelo a la variable que se está intentando explicar. De forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos confiable será.

En cuanto al estadístico R^2 y \bar{R}^2 no existe criterios de selección definidos. Para el caso de fenómenos económicos, una \bar{R}^2 superior a 0.60 se considera aceptable, es decir, como un punto

de referencia solamente. Con la aclaración de que es un enfoque empírico y aun no existe un sustento teórico definido.

El estadístico F calculada o F de *Fisher*, esta prueba muestra la validez del modelo en conjunto, y contrasta dos tipos de hipótesis: la hipótesis nula (H_0) la cual infiere que todos los estimadores son iguales a cero, contra la hipótesis alterna (H_a) que establece que al menos un valor es diferente de cero. Para rechazar la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna, necesariamente la F calculada (F_{value}) del modelo debe ser mayor que la F tabulada (valor en la tabla de la distribución de F).

El otro estadístico importante es la *t* de *student* que sirve para probar la significancia estadística individual de los coeficientes de las variables independientes. Para cada estimador la hipótesis nula (H_0) infiere que el coeficiente de la variable es igual a cero, contra la hipótesis alterna (H_a) que establece que el coeficiente de la variable es diferente de cero. Finalmente se emplean para generar intervalos de confianza.

6.1.1 Modelo de demanda de maíz 1970 a 2015

Los resultados estadísticos van acorde a la teoría, los coeficientes cumplen con los signos. Las pruebas de validez del modelo se describen a continuación. El modelo estimado no presentó problemas de heteroscedasticidad y multicolinealidad, sin embargo, presentó problemas de autocorrelación que se corrigieron.

El análisis de homoscedasticidad se realizó al graficar los residuales del modelo contra los valores esperados, no se encontró ningún patrón de distribución claro, lo cual indica que los errores del modelo se encuentran distribuidos normalmente (Anexo 4). No existen problemas de multicolinealidad exacta en el modelo, se obtuvo una \bar{R}^2 alta y los valores de la razón de t de los coeficientes estimados en la regresión son estadísticamente significativos (Anexo 4).

Inicialmente el modelo presentó leves problemas de autocorrelación, los cuales no influyen significativamente en el modelo, sin embargo, respetando la teoría estadística se corrigió dicho

problema. La prueba empleada para detectar autocorrelación serial fue la desarrollada por el estadístico Durbin-Watson (d).

En éste estadístico no hay un valor crítico único que lleve al rechazo o a la aceptación de la hipótesis nula de que no existe correlación serial en los datos, sin embargo se define un límite inferior (dl) y un límite superior (du), tales que si el valor " d " calculado se encuentra fuera de estos valores críticos, puede tomarse una decisión con respecto a la presencia de autocorrelación serial positiva o negativa, los límites van de 0 a 4 y como regla práctica si es igual a 2 se puede suponer que no hay autocorrelación de primer orden.

Se obtuvo un valor del estadístico " d " de Durbin-Watson de 2.36, este valor no se encontró dentro de los límites permitidos (1.776 a 2.224), a un nivel de significancia del 5 % indicando problemas de autocorrelación negativa de primer orden. Se empleó el coeficiente de correlación ρ (rho) con un valor de -0.192111923 para corregir la autocorrelación negativa en primeras diferencias. Finalmente se obtuvo una $d = 2.0871$, cuyo valor se encuentra dentro de los límites permitidos de no autocorrelación.

El análisis estadístico se llevó acabo sobre los resultados del modelo corregido. A continuación, se describe el modelo.

Cuadro 6. Modelo de regresión lineal múltiple.

VARIABLES	COEFICIENTES	ERROR ESTÁNDAR	VALOR T	PR >|T|	\bar{R}^2	F-VALOR
Intercepto	12262417	4163796	2.95	0.0054		
PMMR	-885.30974	522.44564	-1.69	0.0981		
YNDPERR	56.75627	34.20775	1.66	0.1051		
PTMR	1286.46867	539.02226	2.39	0.0219		
PSMR	-2190.38609	801.30632	-2.73	0.0094		
POBA	0.03243	0.00707	4.59	< .0001		
					0.9609	217.05

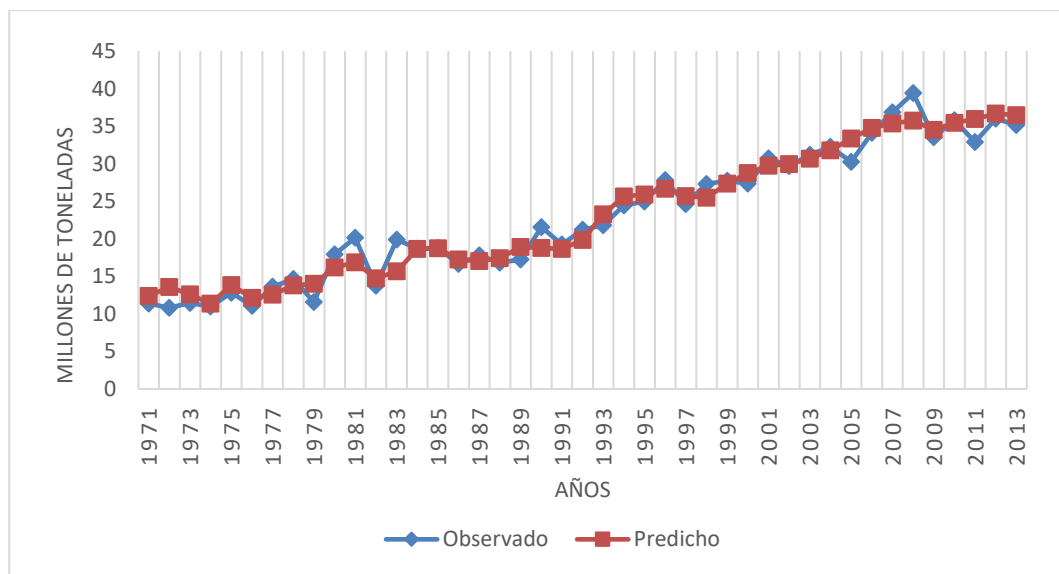
Fuente: elaboración propia.

Los factores que explican la cantidad demandada de maíz grano (QDM) son: el precio del maíz al mayoreo real ($PMMR$), el ingreso nacional disponible per cápita real ($YNDPERR$), el precio

del trigo al mayoreo real (PTMR), el precio del sorgo al mayoreo real (*PSMR*), población avícola (*POBA*).

La siguiente grafica muestra el ajuste del modelo de demanda estimada en comparación con la demanda observada durante el periodo 1971 a 2015, se aprecia que no ajusta al 100% por la presencia de un pequeño error de estimación. En términos generales el modelo predice de forma aceptable a la demanda de maíz en México.

Gráfica 7. Demanda anual observada y predicha de maíz, 1971-2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP y FAO.

Con base al modelo obtenido el primer paso fue realizar un análisis de varianza. Permite apreciar los principales elementos estadísticos para validar los coeficientes y el modelo. Se obtuvo $\bar{R}^2 = 0.9609$ otorgando validez estadística al modelo. Indica el porcentaje explicado por la varianza de la regresión, en relación con la varianza de la variable explicada. El valor del coeficiente de determinación es 0.9653, representa la bondad de ajuste de la línea de regresión del modelo y quiere decir que el 96% de la variación de la variable dependiente esta explicada por las variables independientes.

Para realizar la prueba de significancia global de la línea de regresión. Se empleó el estadístico F , para contrastar la hipótesis nula ($H_0: \beta = 0$), es decir, se infiere que todos los coeficientes

son iguales a cero, en contra de la hipótesis alterna ($H_a: \beta \neq 0$), que indica que por lo menos un coeficiente es diferente de cero. La regla de decisión es si F (calculada) $>$ F (tablas) rechazar la hipótesis nula. En este caso la F calculada (217.05) es mayor a F de tablas (2.6896). El coeficiente de variación es relativamente bajo (7.45032) y aceptable. El modelo estimado es altamente significativo.

La prueba t se usó para determinar si cada uno de los coeficientes estimados son significativos es analizando su valor $pr > |t|$. Este indica en que porcentaje cada coeficiente se acerca a cero (entre más cercano a cero, existe menor relación entre la variable independiente con la dependiente). Los valores que debe tomar la son: $|t| > 1$, en estudios empíricos de fenómenos económicos se consideran significativas para el modelo.

6.1.2 Modelo de demanda de maíz blanco 1990 a 2015

Las pruebas de validez del modelo se describen a continuación. Se obtuvo un valor del estadístico “ d ” de Durbin-Watson de 2.578, cuyo valor no se encontró dentro de los límites permitidos (1.759 a 2.241) a un nivel de significancia del 5 %, indicando problemas de autocorrelación negativa de primer orden.

Se empleó un método iterativo para estimar el coeficiente de correlación ρ (rho) con un valor de -0.42142 para corregir la autocorrelación negativa en primeras diferencias. Finalmente se obtuvo una $d = 2.1251$, cuyo valor se encuentra dentro de los límites permitidos para la no existencia de autocorrelación.

El análisis de homoscedasticidad se realizó al graficar los residuales del modelo contra los valores esperados, no se encontró ningún patrón de distribución claro, lo cual indica que los errores del modelo se encuentran distribuidos normalmente (Anexo 5).

No existen problemas de multicolinealidad exacta en el modelo, se empleó el factor de inflación de varianza (VIF) donde no se encontraron valores mayores que 10.0 que indicaran un problema de colinealidad. Se obtuvo una \bar{R}^2 alta y los valores de la razón de t de los coeficientes estimados en la regresión son estadísticamente significativos (Anexo 5).

Cuadro 7. Modelo de regresión lineal múltiple para maíz blanco.

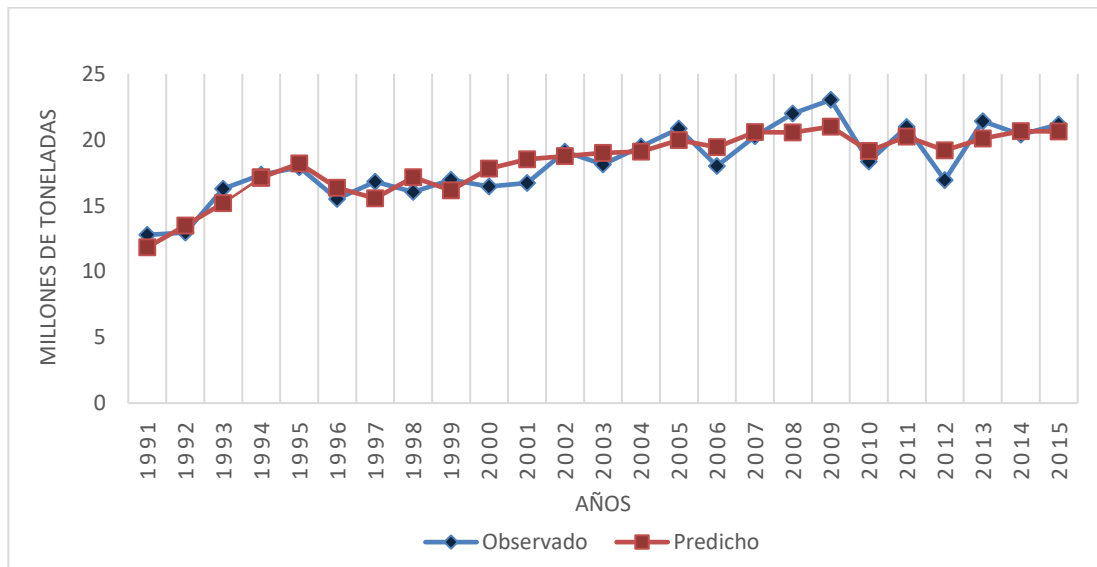
Variables	Coefficientes	Error estándar	Valor t	Pr >|t|	\bar{R}^2	F-Valor
<i>Intercepto</i>	19381417.52	4542412.173	4.27	0.0004		
<i>PMMBR</i>	-1901.70	422.504	-4.50	0.0002		
<i>YNDPERR</i>	84.63	15.700	5.39	< .0001		
<i>PMMAR</i>	2086.17	530.157	3.94	0.0008		
<i>PFMR</i>	-181.60	117.546	-1.54	0.1380		
					0.8892	49.15

Fuente: elaboración propia.

Los factores que explican la cantidad demandada de maíz blanco grano (*QDMB*) son: el precio del maíz blanco al mayoreo real (*PMMBR*), el ingreso nacional disponible per cápita real (*YNDPERR*), el precio del maíz amarillo al mayoreo real (*PMMAR*), y el Precio del frijol al mayoreo real (*PFMR*).

En la siguiente grafica se observa el ajuste del modelo de demanda estimada en comparación con la demanda observada, con un pequeño error de estimación. En términos generales el modelo predice de forma aceptable a la demanda de maíz blanco en México.

Gráfica 8. Demanda observada y predicha de maíz blanco, 1991-2015.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP y FAO.

Con base al modelo obtenido el primer paso fue realizar un análisis de varianza para validar los coeficientes y el modelo. Se obtuvo $\bar{R}^2 = 0.8892$ otorgando significancia estadística al modelo. El valor del coeficiente de determinación es 0.9077, representa la bondad de ajuste de la línea de regresión del modelo, quiere decir que el 90% de la variación de la variable dependiente esta explicada por las variables independientes.

Para realizar la prueba de significancia global de la línea de regresión, se empleó el estadístico F para contrastar la hipótesis nula ($H_0: \beta = 0$), que infiere que todos los coeficientes son iguales a cero, en contra de la hipótesis alterna ($H_a: \beta \neq 0$) que indica que por lo menos un coeficiente es diferente de cero. La regla de decisión es si $F(\text{calculada}) > F(\text{tablas})$ rechazar la hipótesis nula. En este caso la F calcula (49.15) es mayor a F de tablas (2.60). El coeficiente de variación es aceptable (4.14172). Por lo tanto, el modelo estimado es altamente significativo.

La prueba t se usó para determinar si cada uno de los coeficientes estimados son significativos. Los valores t fueron mayores a 1, oscilaron entre 1.54 a 5.39.

6.1.3. Modelo de demanda de maíz amarillo 1990 a 2015

Inicialmente el modelo presentó un bajo nivel de autocorrelación positiva, se empleó la prueba Durbin-Watson (d) para detectar correlación serial. Se obtuvo un valor del estadístico “ d ” de Durbin-Watson de 1.7584, cuyo valor no se encontró dentro de los límites permitidos (1.759 a 2.241) a un nivel de significancia del 5 %, indicando problemas de baja autocorrelación negativa de primer orden.

Se empleó el coeficiente de correlación ρ (rho) con un valor de 0.0065153443 para corregir la autocorrelación negativa en primeras diferencias. Finalmente se obtuvo una $d = 1.861860$, cuyo valor se encontró dentro de los límites permitidos para la no existencia de autocorrelación.

El análisis de homoscedasticidad se realizó al graficar los residuales del modelo contra los valores esperados, no se encontró ningún patrón de distribución claro, lo cual indica que los errores del modelo se encuentran distribuidos normalmente (Anexo 6).

No existen problemas de multicolinealidad exacta en el modelo, se empleó el factor de inflación de varianza (*VIF*) donde no se encontraron valores mayores que 10.0 que indicaran un problema de colinealidad. Se obtuvo una \bar{R}^2 alta y los valores de la razón de *t* de los coeficientes estimados en la regresión son estadísticamente significativos (Anexo 6).

Cuadro 8. Modelo de regresión lineal múltiple para maíz amarillo.

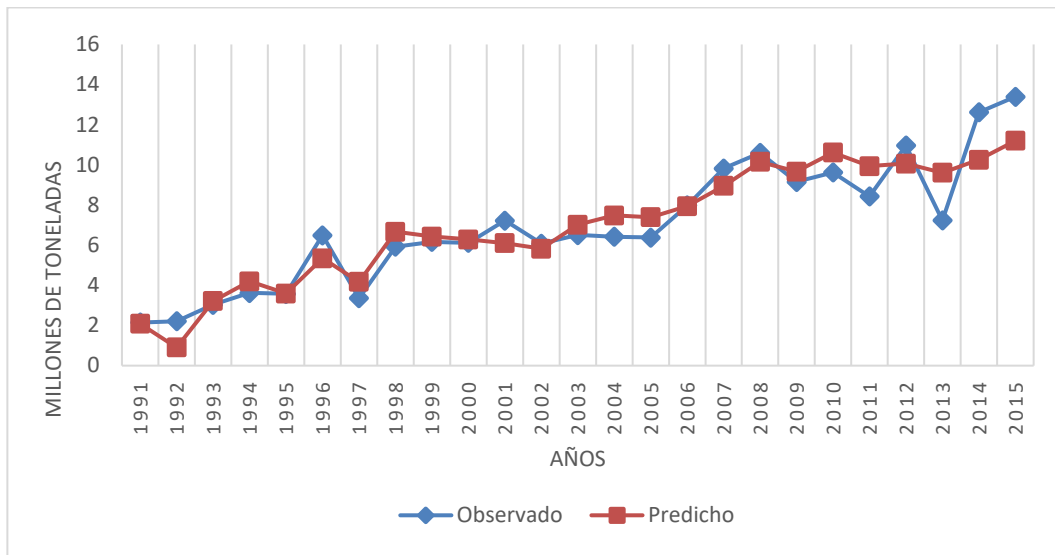
Variabes	Coefficientes	Error estándar	Valor t	Pr >|t|	\bar{R}^2	F-Valor
<i>Intercepto</i>	1505363.275	4305833.157	0.35	0.7301		
<i>PMMAR</i>	-1523.449	471.992	-3.23	0.0040		
<i>YNDPERR</i>	96.040	24.865	3.86	0.0009		
<i>PSJMR</i>	654.681	208.221	3.14	0.0049		
					0.8499	46.30

Fuente: elaboración propia.

Los factores que explican la cantidad demandada de maíz blanco grano (*QDMA*) son: el precio del maíz amarillo al mayoreo real (*PMMBR*), el ingreso nacional disponible per cápita real (*YNDPERR*), y el precio de la soya al mayoreo real (*PSJMR*).

La siguiente grafica se observa el ajuste del modelo de demanda estimada en comparación con la demanda observada, no existe ajuste total por la volatilidad en la demanda durante el periodo analizado y por la presencia del error de estimación presente en estudios empíricos. Se aprecia que el modelo predice de forma aceptable a la demanda de maíz amarillo en México.

Gráfica 9. Demanda observada y predicha de maíz blanco, 1971-2015.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP y FAO.

En el análisis de varianza del modelo se obtuvo $\bar{R}^2 = 0.8499$, indicó significancia estadística al modelo, representa el porcentaje explicado por la varianza de la regresión en relación con la varianza de la variable explicada. El valor del coeficiente de determinación es 0.8687, representa la bondad de ajuste de la línea de regresión del modelo, quiere decir que el 86% de la variación de la variable dependiente está explicada por las variables independientes.

Para realizar la prueba de significancia global de la línea de regresión, se emplea el estadístico F o permite contrastar la hipótesis nula ($H_0: \beta = 0$), es decir, se infiere que todos los coeficientes son iguales a cero, en contra de la hipótesis alterna ($H_a: \beta \neq 0$) que indica que por lo menos un coeficiente es diferente de cero. La regla de decisión es si $F(\text{calculada}) > F(\text{tablas})$ rechazar la hipótesis nula. En este caso la F calculada (46.30) es mayor a F de tablas (2.60). El coeficiente de variación fue aceptable (17.01156).

La prueba t indicó que valores de t , fueron significativos para los coeficientes de las variables.

6.2. Análisis económico de los resultados.

Con base en los modelos estimados se observa que los coeficientes y el signo de las variables son los esperados de acuerdo con la teoría económica. En este apartado se realiza un análisis

para cuantificar la magnitud de los cambios que ocurren en la demanda ante las variaciones en cada una de las variables explicativas del modelo. Las elasticidades se calcularon de acuerdo con su fórmula correspondiente y con base a la información de los anexos.

Elasticidad precio propia de la demanda:

$$E_{ii} = \frac{dQ_i}{dP_i} * \frac{P_i}{Q_i}$$

Elasticidad ingreso de la demanda:

$$E_{ii} = \frac{dQ}{dI} * \frac{I}{Q}$$

Elasticidades cruzadas de la demanda:

$$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{P_j}{Q_i}$$

Cuadro 9. Coeficientes de las elasticidades de la demanda de maíz por variedad.

Variable	Elasticidades		
	Maíz (1970 a 2015)	Maíz Blanco (1990 a 2015)	Maíz amarillo (1990 a 2015)
Precio propia	-0.238948575	-0.62814299	-1.21732205
Ingreso	0.249073858	0.48059201	1.48439921
<i>Elasticidades cruzadas</i>			
Trigo	0.283031609		
Sorgo	-0.31866606		
Maíz amarillo		0.61245826	
Frijol		-0.21570899	
Soya			0.5063069
Población avícola	0.499851829		

Fuente: Elaboración propia con datos de anexos 1 a 7.

6.2.1. Elasticidades demanda de maíz 1970 a 2015

Las elasticidades de la demanda se calculan a partir de las funciones lineales estimadas, se obtienen multiplicando los coeficientes obtenidos de las derivadas parciales de cada modelo, por el valor promedio de cada variable.

Modelo de demanda estimado:

$$QDM = 12262417 - 885.30974PMMR + 56.75627YNDPERR + 1286.46867PTMR - 2190.38609PSMR + 0.03243POBA$$

Elasticidad precio propia de la de la demanda E_{ii} :

Los resultados obtenidos concuerdan con elasticidades estimadas con datos anuales en otros trabajos de investigación fueron:

Elasticidad precio estimada	Lagunes Fortiz, 2012	Rebollar R. 1999	Esther Figueroa et al.,
	-0.0305	-0.1600	-0.0526

El coeficiente de la elasticidad precio propia de la demanda fue: $E_{ii} = -0.2389$, por lo tanto, la demanda de maíz es muy inelástica. Es congruente con la teoría, es decir, se encuentra dentro de la clasificación: $E_{ii} = < | - 1 |$. El maíz tiene muchos productos complementarios y pocos sustitutos. Ante un incremento porcentual del 10% en el precio del maíz, por unidad de tiempo asociado, la cantidad demandada disminuye 2.38%, *ceteris paribus*.

Elasticidad ingreso de la demanda E_{iI} :

El valor de elasticidad obtenida es acorde a la teoría económica y similar con elasticidades calculadas con datos anuales en otras investigaciones.

Elasticidad ingreso estimada	Esther Figueroa et al., 2014.	Garcia Morales, et al., 1993.
	0.1935	0.04

El coeficiente de la elasticidad ingreso de la demanda fue: $E_{iI} = 0.249$. Por lo tanto, el maíz grano, se clasifica como un bien normal necesario. Los granos básicos suelen tener elasticidad ingreso entre 0 y 1. Esto indica que ante un aumento en el ingreso del 10% por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz aumenta en 2.49%, *ceteris paribus*.

Elasticidad cruzada E_{ij} :

La elasticidad precio cruzada de la demanda respecto al precio del trigo fue: $E_{iI} = 0.249$, es decir, el trigo se comporta como un bien sustituto del maíz grano. Ante un aumento en el precio

del trigo de 10%, por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz aumenta en 2.49%, *ceteris paribus*.

El coeficiente de la elasticidad precio cruzada respecto al precio del sorgo tuvo un valor de: $E_{il} = -0.319$, lo cual quiere decir que, el sorgo se comporta como un producto complementario del maíz grano. Ante un incremento en el precio del sorgo de 10%, por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz disminuye en 3.19%, *ceteris paribus*.

Por otro lado, la elasticidad de la demanda con respecto a la población avícola se obtuvo un valor de 0.499. En esta variable se consideraron la población avícola destinada a consumo en carne y la población avícola para huevo. Ante un aumento del 10% en la población avícola, por unidad de tiempo asociada, se espera que la cantidad demandada de maíz se incremente en 4.9%, *ceteris paribus*.

6.2.2. Elasticidades de la demanda de maíz blanco 1990 a 2015

Modelo de demanda estimado:

$$QDMB = 19381418 - 1901.70088PMMBR + 84.63058YNDPERR \\ + 2086.16902PMMAR - 181.60064PFMR$$

Elasticidad precio propia de la de la demanda E_{ii} :

El coeficiente de la elasticidad precio propia de la demanda fue: $E_{ii} = -0.6281$, esto indica que la demanda es inelástica, lo cual es congruente con la teoría. Ante un incremento porcentual del 10% en el precio del maíz blanco, por unidad de tiempo asociado, la cantidad demandada disminuye 6.28%, *ceteris paribus*.

Elasticidad ingreso de la demanda E_{il} :

La elasticidad ingreso de la demanda fue: $E_{il} = 0.4806$. Por lo tanto, el maíz grano se clasifica como un bien normal necesario. Generalmente el valor de la elasticidad ingreso para los granos básicos se encuentra entre 0 y 1. Ante un aumento en el ingreso del 10% por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz aumenta en 4.8%, *ceteris paribus*.

Elasticidad cruzada E_{ij} :

La elasticidad precio cruzada de la demanda respecto al precio del maíz amarillo fue: $E_{ij} = 0.6124$, es decir, esta variedad de maíz se comporta como un producto sustituto del maíz blanco. Ante un incremento en el precio del maíz amarillo de 10%, por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz blanco aumenta en 6.1%, *ceteris paribus*.

El coeficiente de la elasticidad precio cruzada respecto al precio del frijol tuvo un valor de: $E_{ij} = -0.2157$, lo cual quiere decir que, el frijol es un producto complementario del maíz blanco. Estos productos se encuentran muy relacionados en la dieta de los mexicanos. Ante un aumento en el precio del frijol de 10%, por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz blanco disminuye en 2.1%, *ceteris paribus*.

6.2.3. Elasticidades de la demanda de maíz amarillo 1990 a 2015

Modelo de demanda estimado:

$$QDMA = 1505363.275 - 1523.449PMMAR + 96.04YNDPERR + 654.681PSJMR$$

Elasticidad precio propia de la de la demanda E_{ii} :

El coeficiente de la elasticidad precio propia de la demanda fue: $E_{ii} = -1.2173$, por lo tanto, la demanda de maíz amarillo se considera elástica. Se considera que la demanda elástica de este producto es provocada por el gran incremento en su consumo, al pasar de 4.6 a 13.6 millones de toneladas, en relación con la poca variación del precio real de esta variedad de maíz durante el periodo de análisis (1990 a 2015).

Un estudio realizado por Vázquez (2015) obtuvo un valor de la elasticidad igual -5.8, clasificando al maíz como un producto elástico.

El valor de esta elasticidad indica que, ante un incremento porcentual del 10% en el precio del maíz amarillo, por unidad de tiempo asociado, la cantidad demandada disminuiría en 12 %, *ceteris paribus*.

Elasticidad ingreso de la demanda E_{ii} :

El coeficiente de la elasticidad ingreso de la demanda fue: $E_{II} = 1.484399206$. Por lo tanto, el maíz amarillo, se clasifica como un bien normal lujo. Esto pudo ser provocado porque incremento más el consumo de esta variedad en comparación con el aumento ingreso disponible real per cápita durante el periodo de análisis (1990 a 2015). Ante un aumento en el ingreso del 10% por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz amarillo aumentaría en 14.8%, *ceteris paribus*.

Elasticidad cruzada E_{ij} :

La elasticidad precio cruzada de la demanda respecto al precio de la soya fue: $E_{II} = 0.5063$, es decir, durante el periodo de análisis la soya se comporta como un bien sustituto del maíz amarillo. Ante un aumento en el precio de la soya de 10%, por unidad de tiempo asociada, la demanda de maíz amarillo se incrementaría en 5%, *ceteris paribus*.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Con base a los objetivos planteados, la información de series de tiempo utilizada y los resultados obtenidos en la investigación, se concluye lo siguiente:

1. Se plantearon tres modelos empíricos para estudiar el comportamiento de la demanda general de maíz y a las dos variedades principales de este cereal en México. Los modelos que cumplieron con los supuestos básicos del modelo de regresión lineal múltiple se validaron con base en diferentes pruebas estadísticas: el coeficiente de determinación (R^2), R cuadrada ajustada (\bar{R}^2), la prueba global de significancia con la “razón F de Fisher” y, la prueba de significancia individual para cada coeficiente estimado con la “razón de t ”.
2. En el periodo 1970 a 2015 las principales variables que determinaron la cantidad demandada de maíz son: el precio del maíz al mayoreo real ($PMMR$), el ingreso nacional disponible real per cápita ($YNDPERR$), el precio real del trigo al mayoreo ($PTMR$), el precio real del sorgo al mayoreo ($PSMR$) y la población avícola ($POBA$).
3. Para el periodo 1990 a 2015 se plantearon dos modelos, donde las principales variables que determinan la cantidad demandada de maíz blanco son: el precio real del maíz blanco al mayoreo ($PMMBR$), el ingreso nacional disponible real per cápita ($YNDPERR$), el precio real del maíz amarillo al mayoreo ($PMMAR$), y el precio real del frijol al mayoreo ($PFMR$). Las principales variables que determinan la cantidad demandada de maíz amarillo son el precio real del maíz amarillo al mayoreo ($PMMBR$), el ingreso nacional disponible real per cápita ($YNDPERR$), y el precio real de la soya al mayoreo ($PSJMR$).
4. En el caso de la demanda general de maíz se obtuvo una elasticidad precio de demanda de -0.2389 , esto indica que el maíz es un bien elástico. Referente al ingreso per cápita disponible se obtuvo una elasticidad igual 0.24 , es decir, es un bien normal necesario para los mexicanos. Lo cual es acorde a la teoría y a lo planteado en las hipótesis de la investigación.

5. En el caso de las elasticidades cruzadas en el modelo general de demanda se consideró trigo y sorgo. El trigo fue un producto sustituto del maíz, obteniendo una elasticidad cruzada de 0.28. El sorgo presentó una elasticidad cruzada -0.31 , es decir, fue un producto complementario.
6. Otro determinante importante de la demanda general de maíz grano fue la población avícola, la cual presentó una elasticidad igual 0.49 indicando una relación directa con la cantidad demandada. Se espera que el consumo de maíz por parte del sector avícola siga creciendo debido a que el pollo y el huevo son unos de los alimentos preferidos por la población mexicana.
7. Para la demanda de maíz blanco se obtuvo una elasticidad precio de -0.62 , indica que esta variedad es un bien inelástico. La elasticidad ingreso tuvo un valor de 0.48, es decir, el maíz blanco se comporta como un bien normal necesario. Ambos coeficientes son congruentes con la teoría económica.
8. La elasticidad cruzada de la cantidad demandada de maíz blanco en relación con el precio del maíz amarillo fue igual a 0.6124, clasifica a estos productos como bienes sustitutos. Tienen usos y características biológicas similares, sin embargo, en el mercado presentan ligeras variaciones en cuestión de precios.
9. El frijol es un complementario del maíz blanco, la elasticidad cruzada tuvo un valor igual a -0.215 . Estos granos se caracterizan por su alto valor económico, agrícola y social. Son considerados como granos básicos complementarios, y como los alimentos indispensables para garantizar la seguridad alimentaria de México.
10. Respecto a la demanda de maíz amarillo, se obtuvo una elasticidad precio igual a -1.21 , en términos este valor indica que el bien es elástico. En la serie de datos de 1990 a 2015, se aprecia que la variación en la cantidad demanda es mayor en comparación a la variación en su precio.

11. La elasticidad ingreso del maíz amarillo fue igual a 1.48 lo define como bien normal de lujo. Por lo que, de acuerdo con la teoría económica la mayoría de los artículos de lujo son considerados bienes elásticos.
12. La soya se comportó como un producto sustituto del maíz amarillo ($E_{ij} = 0.506$), se considera que la relación de sustitución entre estos bienes fue porque ambos son los granos forrajeros con mayor volumen importado a México, dependiendo de su precio y, su el principal destino es en para el sector avícola y porcícola.

7.2. Recomendaciones

En el modelo de demanda de maíz amarillo, se recomienda utilizar la elasticidad de la demanda de maíz para alimentos balanceados, estimada por Palma (2001), la cual tiene un valor más cercano a la realidad ($E_{ii} = -0.039$). El valor de la elasticidad precio de la demanda, indica que el maíz es un bien inelástico, al igual que la mayoría de los productos agrícolas y, debido a la importancia de esta variedad de maíz para el sector pecuario.

Implementar políticas que coadyuven de manera interna, a solventar el incremento del consumo de maíz amarillo, ocasionado por el desarrollo industrial, que frecuentemente demanda materias primas más diversificadas y en cantidades crecientes. También con la finalidad garantizar la seguridad alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- AgroSintesis, 2016. La demanda está en el maíz amarillo. [En línea] Disponible en: <https://www.agrosintesis.com/la-demanda-esta-maiz-amarillo/#.W-ojeZNKjIV> Editorial Agro Cultivos S.C. de R.L. de C.V. [Acceso: 12 de abril de 2018].
- Cimmyt.org. (2017). Maíz: De México para el mundo | CIMMYT. International Maize and Wheat Improvement Center. [En línea] Disponible en: <http://www.cimmyt.org/es/maiz-de-mexico-para-el-mundo/> [Acceso: 13 de noviembre de 2017].
- Cruz Jiménez J. 2013. El mercado de la carne bovina en México, 1970-2011. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Estado de México.
- Damián, Miguel A. Martínez, Ricardo Téllez Delgado, and José Saturnino Mora Flores. Maíz blanco y maíz amarillo sustitutos o complementos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9.4 (2018): 879-885.
- FAO. 2018. FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Consultado en: 18 de julio de 2018]
- Fao.org. (2017). El maíz en la nutrición humana - Introducción. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm#> [Acceso: 8 de noviembre de 2017].
- Fao.org. (2018). El maíz blanco: un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-w2698s.pdf> [Consultado en: 28 de febrero de 2018].
- Fao.org. (2018). *The Economic Analysis of Access, Exchange and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources: México*. ISBN 92-5-303882-9 [En línea] Disponible en: [Acceso: 8 de abril de 2017].
- 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*. Investigación en Matemáticas, Economía y Ciencias Sociales. Chapingo, Estado de México.
- Fira.gob.mx. (2017). Panorama Agroalimentario Maíz 2016. [En línea] Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf [Acceso 8 noviembre 2017].

- García Morales, E. D. y R. García Ontiveros. 1993. Estimación de la demanda de productos agrícolas (maíz, frijol y arroz), mediante un modelo de regresión lineal múltiple. Chapingo, Estado de México.
- Gujaratti, D. N. y Porter, D. C. 2010. Econometría. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill. México, Distrito Federal. i. e. 919 p.
- Hendry y J.F. Richard. 1983. "The Econometric Analysis of Economic Time Series", International Statistical Review, vol. 51, pp. 3-33.
- Inegi.org.mx. (2018). [En línea] Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/> [Acceso: 19 de marzo de 2018].
- Inegi.org.mx. (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. [En línea] Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/> [Acceso: 8 de marzo de 2018].
- InfoRural. (2018). ¿Qué es mejor: el maíz blanco o el amarillo?. [En línea] Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/que-es-mejor-el-maiz-blanco-o-el-amarillo/> [Acceso: 19 de febrero de 2018].
- Jiménez Cortes, S. 1996. Estimaciones de oferta y demanda de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de México. Chapingo, Estado de México.
- Lagunes Fortiz, E. R. 2013. Modelo econométrico anual para el consumo de maíz grano en México 1990-2009 / por Edgar Ricardo Lagunes Fortiz, Chapingo, Estado de México. (No. Tesis 2622.).
- López, T. B. J.; Rendón, M. R. y Camacho, V. T. C. 2016. La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 15 30 de junio - 13 de agosto, 2016 p. 3075-3088.
- Numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx. (2018). Cosechando números del campo. [En línea] Disponible en: <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosAgricolas> [Consultado: 28 de febrero de 2018].
- Palma Ramos, J.J. 2001. El mercado del maíz en México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Rebollar Rebollar, S. 1999. Aplicación de un modelo de demanda de maíz en México para el periodo 1975 a 1996 a través de la técnica de retrasos distribuidos. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

- Salvatore, D. 2009. Microeconomía. Cuarta edición. Editorial McGraw-Hill. Traducción: Hugo Villagómez Velázquez. México, Distrito Federal. i. e. 355 p.
- Samuelson, P. A., Koopmans, T. C., & Stone, J. R. N. (1954). Report of the evaluative committee for Econometrica. i. e. 141-146 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. Maíz blanco y amarillo, alimentación e industria. [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/maiz-blanco-y-amarillo-alimentacion-e-industria> [Acceso 8 noviembre 2017].
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2018. Maíz grano: La importancia de llamarse maíz [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/maiz-grano-la-importancia-de-llamarse-maiz?idiom=es> [Acceso 18 de julio de 2018].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Cierre de la producción agrícola por estado. [En línea] Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2018.
- Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI), 2016. [En línea] Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Acceso 8 de mayo 2017].
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM), 2018. [En línea] Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Acceso 8 de mayo 2017]. [Acceso 13 de mayo 2017].
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, (2018). [En línea] Disponible en: <https://www.fas.usda.gov/regions/mexico> [Consultado: 25 de febrero de 2018].
- Varian, H. R. 2010. Microeconomía Intermedia: Un enfoque actual, Octava edición; Traducción de M. Esther Rabasco y Luis Toharia. Estados Unidos. i. e. 847 p.
- Vázquez Alvarado, J. M. P. y Martínez Damián, M. Á. (2011). Elasticidades de oferta y demanda de los principales productos agropecuarios de México. 112 p.
- Vázquez Alvarado, J. M. P., Damián, M., & Ángel, M. (2015). Estimación empírica de elasticidades de oferta y demanda. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(5), 955-965.
- William, G. T. y Harry, M. K. 2014. Agricultural Products Prices. Cornell University Press; first edition; Cornell University, Ithaca, New York, United States of America; i. e. 9-49 pp.

ANEXOS

ANEXO 1. Programación para modelo 1

DATA MAIZ;

INPUT T QDM PMMR YNDPERR PTMR PSMR POBA; QDML=LAG(QDM); PMMRL=LAG(PMMR);
YNDPERRL=LAG(YNDPERR); PTMRL=LAG(PTMR); PSMRL=LAG(PSMR); POBAL=LAG(POBA);
CARDS;

1970	9640143	6850.1772	48625.4996	5323.7299	3302.4596	140300000
1971	9526255	6330.5671	47373.3901	5161.5549	3563.3646	124175000
1972	8996622	7000.1854	79912.2766	4866.8855	3399.1468	128550000
1973	9725741	6276.6417	53257.4720	4535.8976	3494.3429	136267000
1974	9125978	7015.6482	52214.1643	5533.6799	4220.9716	137346000
1975	11081765	7335.0345	53576.5377	6175.5198	3332.2835	141095000
1976	8929722	6837.1686	54221.9918	5378.0690	4150.5340	144777000
1977	11892493	6936.1442	62968.8407	5096.6981	3870.8605	149870000
1978	12349239	6620.3914	65537.4337	5314.3315	3704.6279	151164000
1979	9205174	6906.6207	71025.5696	5879.0321	4305.7700	167484000
1980	16151584	6650.7379	77033.4423	4990.2819	3210.3074	178134847
1981	17052612	6443.9594	80468.6428	5057.1304	3417.9325	185187195
1982	10489964	7193.1911	77882.8457	4625.0048	3851.7638	190258802
1983	17858003	6482.9771	66202.4693	4669.2325	3299.8230	193504891
1984	15281715	6114.9497	65622.5565	5082.4191	2576.7144	202955267
1985	15825448	5506.2027	66856.5285	5506.2027	3522.0242	218883580
1986	13608490	7300.3434	56570.7697	4467.7744	2518.1054	214759867
1987	15201445	6364.0240	59310.3628	3967.7619	2777.4333	223914700
1988	13887490	7272.9962	60561.9742	4102.3843	2502.7656	234069565
1989	14600486	6098.5106	66409.7782	4469.0116	2752.0891	238309565
1990	18739097	5894.4410	65833.6845	5224.0245	3395.6159	234055040
1991	15657020	5763.6639	67879.2342	4329.8460	3052.1866	238493326
1992	18216508	5506.5263	68598.0609	3797.6891	2273.6974	235749416
1993	18287965	4997.2244	91310.1707	3471.4612	2407.6263	301020781
1994	20946108	5138.5043	96433.0496	4449.3294	2224.6647	299868889
1995	20957149	4984.0516	91292.1359	4721.1616	2750.5889	326520710
1996	23788162	5453.7966	90376.6162	5390.0363	2578.0127	327365640
1997	20043182	4403.2534	92904.6737	3348.9084	2691.0871	348109681
1998	23435369	4539.5008	96172.6945	2967.8637	2414.1891	342519101
1999	23234438	3844.2272	97662.4097	3031.5330	2254.7387	366081183
2000	22898530	3394.5256	102954.0719	2667.1272	1901.0603	366964166
2001	26297095	3054.8751	101425.8883	2522.6556	1907.7199	391110356
2002	24646281	3327.8314	101647.3850	2474.1703	1920.4082	402459417
2003	26451136	3053.2148	101703.7543	2837.1101	2083.6013	413914694
2004	27181833	3144.8654	108467.0956	2802.5902	2043.8877	432083598
2005	25029338	3180.9627	112015.4891	2733.2460	1815.3971	458144453
2006	29319362	3246.2697	119249.1507	2968.7414	1954.5958	481421241
2007	31203257	3620.2974	122557.1943	3693.2309	2227.6060	487249600
2008	33407414	3611.1500	123607.3227	4253.9796	2578.8505	496673737
2009	27114139	3944.0321	114233.4217	3475.0121	2398.7237	500702810
2010	30592260	3428.4359	118970.5679	3602.4176	2342.8598	506255626
2011	27010569	3910.6129	124478.4644	4681.2410	2845.7393	510132758
2012	30811422	4066.6902	126907.9459	4876.6151	2763.6644	516710552
2013	29234325	4138.1667	124668.1336	4661.1686	2816.8477	524271158
2014	33255157	3842.6101	126928.6425	4023.2976	2345.5737	526842591
2015	30400374	4156.9780	129341.1096	3976.7310	2704.8627	534692610

PROC PRINT;

PROC MEANS;

```

PROC GLM;
MODEL QDM = PMMR YNDPERR PTMR PSMR POBA/P;
OUTPUT OUT = A R=RES P=PRE;

DATA MAIZ1; SET A;
RHO = -0.192111923;
QDM1=QDM-RHO*(QDML);
PMMR1=PMMR-RHO*(PMMRL);
YNDPERR1=YNDPERR-RHO*(YNDPERRL);
PTMR1=PTMR-RHO*(PTMRL);
POBA1=POBA-RHO*(POBAL);
PSMR1=PSMR-RHO*(PSMRL);

PROC GLM;
MODEL QDM1=PMMR1 YNDPERR1 PTMR1 POBA1 PSMR1/P;
OUTPUT OUT = B R=RES P=PRE;

DATA MAIZ2; SET B; RES2=LAG(RES);
PROC PLOT; PLOT RES*RES2;
RUN;

```

ANEXO 2. Programación para modelo 2

```
DATA MAIZ;
INPUT T QDMB PMMBR YNDPERR PMMAR PFMR; QDMBL=LAG(QDMB);
PMMBRL=LAG(PMMBR); YNDPERRL=LAG(YNDPERR); PMMARL=LAG(PMMAR);
PFMRL=LAG(PFMR);
CARDS;
1990 12775900.00 8956.5316 65833.7200 6612.2751 27817.4062
1991 12949100.00 8724.7565 67879.2656 7763.9181 29801.4075
1992 16289200.00 7797.7917 68598.0495 7415.8297 25532.3924
1993 17349200.00 7366.1118 91310.1258 7026.6596 24438.5270
1994 17899800.00 6300.9893 96433.0496 6230.6943 23274.1801
1995 15510619.08 8038.7165 91292.1707 6831.0950 21789.4917
1996 16821206.25 7589.0140 90376.5823 5804.6702 21871.7746
1997 16038039.43 6995.4242 92904.6775 6378.9324 23155.3093
1998 16962649.83 6313.7324 96172.7179 4688.6326 22945.1132
1999 16449697.16 5714.5896 97662.3773 4774.2166 19787.1040
2000 16706921.87 5323.8115 102954.0831 4582.3655 19753.0608
2001 19109910.25 5080.1319 101425.8833 4465.6900 18828.7365
2002 18119911.95 5062.1713 101647.4283 4816.4359 20328.7091
2003 19481320.46 5140.0706 101703.7456 4557.6482 17231.6379
2004 20839488.38 4599.6220 108467.0638 4437.1020 18566.8955
2005 18001283.54 4782.7097 112015.5006 4422.8091 21518.6547
2006 20254877.16 4860.0646 119249.1804 4639.5824 18956.7634
2007 21999449.40 5022.0515 122557.1809 4654.1330 19216.3641
2008 23027396.07 4639.0778 123607.3393 4666.7716 20484.3759
2009 18348643.86 5101.8455 114233.4157 4567.2869 22555.0974
2010 20969671.44 4559.7510 118970.5215 4288.8426 20590.2113
2011 16932783.26 6356.5891 124478.4297 5171.7625 20672.1226
2012 21397483.19 5886.8486 126907.9998 5182.3856 20564.2583
2013 20392176.06 5209.6951 124668.0850 5306.0328 22912.9862
2014 21159883.68 5126.9342 126928.6462 4524.2845 18800.1916
2015 21342179.90 4839.3140 129341.1260 4256.3985 15930.3815
PROC PRINT;
PROC MEANS;
PROC GLM;
MODEL QDMB = PMMBR YNDPERR PMMAR PFMR/P;
OUTPUT OUT = A R=RES P=PRE;
DATA MAIZ1; SET A;
RHO = -0.42142;
QDMB1=QDMB-RHO*(QDMBL);
PMMB1=PMMBR-RHO*(PMMBRL);
YNDPERR1=YNDPERR-RHO*(YNDPERRL);
PMMAR1=PMMAR-RHO*(PMMARL);
PFMR1=PFMR-RHO*(PFMRL);
PROC GLM;
MODEL QDMB1 = PMMB1 YNDPERR1 PMMAR1 PFMR1/P;
OUTPUT OUT = B R=RES P=PRE;
DATA MAIZ2; SET B; RES2=LAG(RES);
PROC PLOT; PLOT RES*RES2;
RUN;
```

ANEXO 3. Programación para modelo 3

```
INPUT T QDMA PMMAR YNDPERR PSJMR; QDMAL=LAG(QDMA); PMMARL=LAG(PMMAR);
YNDPERRL=LAG(YNDPERR); PSJMRL=LAG(PSJMR);
CARDS;
1990 4695235.08 6612.2751 65833.7200 7102.0613
1991 2177275.65 7763.9181 67879.2656 9000.4013
1992 2230033.74 7415.8297 68598.0495 6280.3208
1993 3046505.04 7026.6596 91310.1258 5571.1353
1994 3648523.83 6230.6943 96433.0496 4485.9709
1995 3599977.89 6831.0950 91292.1707 5715.3353
1996 6515135.06 5804.6702 90376.5823 6137.3700
1997 3401857.14 6378.9324 92904.6775 5331.9406
1998 5954275.19 4688.6326 96172.7179 4716.9540
1999 6207332.56 4774.2166 97662.3773 4360.9503
2000 6163943.37 4582.3655 102954.0831 2914.4427
2001 7269381.85 4465.6900 101425.8833 2589.5211
2002 6130792.84 4816.4359 101647.4283 2940.0667
2003 6551069.39 4557.6482 101703.7456 4149.2389
2004 6462260.33 4437.1020 108467.0638 3594.6524
2005 6426057.71 4422.8091 112015.5006 2918.8270
2006 8030271.85 4639.5824 119249.1804 3197.8129
2007 9878645.11 4654.1330 122557.1809 4297.4222
2008 10665864.77 4666.7716 123607.3393 6009.5936
2009 9225422.11 4567.2869 114233.4157 6427.5358
2010 9686289.72 4288.8426 118970.5215 6527.4578
2011 8492379.66 5171.7625 124478.4297 6748.7462
2012 11024521.02 5182.3856 126907.9998 6601.7296
2013 7306170.14 5306.0328 124668.0850 6529.2990
2014 12670715.12 4524.2845 126928.6462 5358.8211
2015 13481614.04 4256.3985 129341.1260 5827.9678
PROC PRINT;
PROC MEANS;
PROC GLM;
MODEL QDMA = PMMAR YNDPERR PSJMR/P;
OUTPUT OUT = A R=RES P=PRE;
DATA MAIZA1; SET A;
RHO= 0.0065153443;
QDMA1=QDMA-RHO*(QDMAL);
PMMAR1=PMMAR-RHO*(PMMARL);
YNDPERR1=YNDPERR-RHO*(YNDPERRL);
PSJMR1=PSJMR-RHO*(PSJMRL);
PROC GLM;
MODEL QDMA1=PMMAR1 YNDPERR1 PSJMR1/P;
OUTPUT OUT = B R=RES P=PRE;
DATA MAIZB2; SET B; RES2=LAG(RES);
PROC PLOT; PLOT RES*RES2;
RUN;
```


ANEXO 4. Salida del modelo 1

Sistema SAS

15:36 Sunday, October 24, 2018

Obs	T	QDM	PMMR	YNDPERR	PTMR	PSMR	POBA
1	1970	9640143	6850.18	48625.50	5323.73	3302.46	140300000
2	1971	9526255	6330.57	47373.39	5161.55	3563.36	124175000
3	1972	8996622	7000.19	79912.28	4866.89	3399.15	128550000
4	1973	9725741	6276.64	53257.47	4535.90	3494.34	136267000
5	1974	9125978	7015.65	52214.16	5533.68	4220.97	137346000
6	1975	11081765	7335.03	53576.54	6175.52	3332.28	141095000
7	1976	8929722	6837.17	54221.99	5378.07	4150.53	144777000
8	1977	11892493	6936.14	62968.84	5096.70	3870.86	149870000
9	1978	12349239	6620.39	65537.43	5314.33	3704.63	151164000
10	1979	9205174	6906.62	71025.57	5879.03	4305.77	167484000
11	1980	16151584	6650.74	77033.44	4990.28	3210.31	178134847
12	1981	17052612	6443.96	80468.64	5057.13	3417.93	185187195
13	1982	10489964	7193.19	77882.85	4625.00	3851.76	190258802
14	1983	17858003	6482.98	66202.47	4669.23	3299.82	193504891
15	1984	15281715	6114.95	65622.56	5082.42	2576.71	202955267
16	1985	15825448	5506.20	66856.53	5506.20	3522.02	218883580
17	1986	13608490	7300.34	56570.77	4467.77	2518.11	214759867
18	1987	15201445	6364.02	59310.36	3967.76	2777.43	223914700
19	1988	13887490	7273.00	60561.97	4102.38	2502.77	234069565
20	1989	14600486	6098.51	66409.78	4469.01	2752.09	238309565
21	1990	18739097	5894.44	65833.68	5224.02	3395.62	234055040
22	1991	15657020	5763.66	67879.23	4329.85	3052.19	238493326
23	1992	18216508	5506.53	68598.06	3797.69	2273.70	235749416
24	1993	18287965	4997.22	91310.17	3471.46	2407.63	301020781

Obs	QDML	PMMRL	YNDPERRL	PTMRL	PSMRL	POBAL
1	.	.	.	.	.	.
2	9640143	6850.18	48625.50	5323.73	3302.46	140300000
3	9526255	6330.57	47373.39	5161.55	3563.36	124175000
4	8996622	7000.19	79912.28	4866.89	3399.15	128550000
5	9725741	6276.64	53257.47	4535.90	3494.34	136267000
6	9125978	7015.65	52214.16	5533.68	4220.97	137346000
7	11081765	7335.03	53576.54	6175.52	3332.28	141095000
8	8929722	6837.17	54221.99	5378.07	4150.53	144777000
9	11892493	6936.14	62968.84	5096.70	3870.86	149870000
10	12349239	6620.39	65537.43	5314.33	3704.63	151164000
11	9205174	6906.62	71025.57	5879.03	4305.77	167484000
12	16151584	6650.74	77033.44	4990.28	3210.31	178134847
13	17052612	6443.96	80468.64	5057.13	3417.93	185187195
14	10489964	7193.19	77882.85	4625.00	3851.76	190258802
15	17858003	6482.98	66202.47	4669.23	3299.82	193504891
16	15281715	6114.95	65622.56	5082.42	2576.71	202955267
17	15825448	5506.20	66856.53	5506.20	3522.02	218883580
18	13608490	7300.34	56570.77	4467.77	2518.11	214759867
19	15201445	6364.02	59310.36	3967.76	2777.43	223914700
20	13887490	7273.00	60561.97	4102.38	2502.77	234069565
21	14600486	6098.51	66409.78	4469.01	2752.09	238309565
22	18739097	5894.44	65833.68	5224.02	3395.62	234055040
23	15657020	5763.66	67879.23	4329.85	3052.19	238493326
24	18216508	5506.53	68598.06	3797.69	2273.70	235749416

Obs	T	QDM	PMMR	YNDPERR	PTMR	PSMR	POBA
25	1994	20946108	5138.50	96433.05	4449.33	2224.66	299868889
26	1995	20957149	4984.05	91292.14	4721.16	2750.59	326520710
27	1996	23788162	5453.80	90376.62	5390.04	2578.01	327365640
28	1997	20043182	4403.25	92904.67	3348.91	2691.09	348109681
29	1998	23435369	4539.50	96172.69	2967.86	2414.19	342519101
30	1999	23234438	3844.23	97662.41	3031.53	2254.74	366081183
31	2000	22898530	3394.53	102954.07	2667.13	1901.06	366964166
32	2001	26297095	3054.88	101425.89	2522.66	1907.72	391110356
33	2002	24646281	3327.83	101647.39	2474.17	1920.41	402459417
34	2003	26451136	3053.21	101703.75	2837.11	2083.60	413914694
35	2004	27181833	3144.87	108467.10	2802.59	2043.89	432083598
36	2005	25029338	3180.96	112015.49	2733.25	1815.40	458144453
37	2006	29319362	3246.27	119249.15	2968.74	1954.60	481421241
38	2007	31203257	3620.30	122557.19	3693.23	2227.61	487249600
39	2008	33407414	3611.15	123607.32	4253.98	2578.85	496673737
40	2009	27114139	3944.03	114233.42	3475.01	2398.72	500702810
41	2010	30592260	3428.44	118970.57	3602.42	2342.86	506255626
42	2011	27010569	3910.61	124478.46	4681.24	2845.74	510132758
43	2012	30811422	4066.69	126907.95	4876.62	2763.66	516710552
44	2013	29234325	4138.17	124668.13	4661.17	2816.85	524271158
45	2014	33255157	3842.61	126928.64	4023.30	2345.57	526842591
46	2015	30400374	4156.98	129341.11	3976.73	2704.86	534692610

Obs	QDML	PMMRL	YNDPERRL	PTMRL	PSMRL	POBAL
25	18287965	4997.22	91310.17	3471.46	2407.63	301020781
26	20946108	5138.50	96433.05	4449.33	2224.66	299868889
27	20957149	4984.05	91292.14	4721.16	2750.59	326520710
28	23788162	5453.80	90376.62	5390.04	2578.01	327365640
29	20043182	4403.25	92904.67	3348.91	2691.09	348109681
30	23435369	4539.50	96172.69	2967.86	2414.19	342519101
31	23234438	3844.23	97662.41	3031.53	2254.74	366081183
32	22898530	3394.53	102954.07	2667.13	1901.06	366964166
33	26297095	3054.88	101425.89	2522.66	1907.72	391110356
34	24646281	3327.83	101647.39	2474.17	1920.41	402459417
35	26451136	3053.21	101703.75	2837.11	2083.60	413914694
36	27181833	3144.87	108467.10	2802.59	2043.89	432083598
37	25029338	3180.96	112015.49	2733.25	1815.40	458144453
38	29319362	3246.27	119249.15	2968.74	1954.60	481421241
39	31203257	3620.30	122557.19	3693.23	2227.61	487249600
40	33407414	3611.15	123607.32	4253.98	2578.85	496673737
41	27114139	3944.03	114233.42	3475.01	2398.72	500702810
42	30592260	3428.44	118970.57	3602.42	2342.86	506255626
43	27010569	3910.61	124478.46	4681.24	2845.74	510132758
44	30811422	4066.69	126907.95	4876.62	2763.66	516710552
45	29234325	4138.17	124668.13	4661.17	2816.85	524271158
46	33255157	3842.61	126928.64	4023.30	2345.57	526842591

Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T	46	1992.50	13.4226177	1970.00	2015.00
QDM	46	19751909.98	7650404.51	8929722.00	33407414.00
PMMR	46	5243.11	1465.60	3053.21	7335.03
YNDPERR	46	86592.41	25806.40	47373.39	129341.11
PTMR	46	4286.60	984.8544959	2474.17	6175.52
PSMR	46	2836.24	673.7229300	1815.40	4305.77
POBA	46	305878683	139527796	124175000	534692610
QDML	45	19515277.44	7564692.88	8929722.00	33407414.00
PMMRL	45	5267.25	1472.89	3053.21	7335.03
YNDPERRL	45	85642.44	25271.52	47373.39	126928.64
PTMRL	45	4293.49	994.8626203	2474.17	6175.52
PSMRL	45	2839.16	681.0415208	1815.40	4305.77
POBAL	45	300793929	136726418	124175000	526842591

NOTA: Due to missing values, only 45 observations can be used in this analysis.

Variable dependiente: QDM1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	3.3909586E15	6.7819171E14	217.05	<.0001
Error	39	1.21858E14	3.1245641E12		
Total correcto	44	3.5128166E15			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE QDM1 Media
 0.965310 7.450323 1767644 23725733

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMR1	1	2.9046927E15	2.9046927E15	929.63	<.0001
YNDPERR1	1	3.4621611E14	3.4621611E14	110.80	<.0001
PTMR1	1	5.1350128E12	5.1350128E12	1.64	0.2074
POBA1	1	1.1156761E14	1.1156761E14	35.71	<.0001
PSMR1	1	2.3347138E13	2.3347138E13	7.47	0.0094

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMR1	1	8.9721743E12	8.9721743E12	2.87	0.0981
YNDPERR1	1	8.6013793E12	8.6013793E12	2.75	0.1051
PTMR1	1	1.7798134E13	1.7798134E13	5.70	0.0219
POBA1	1	6.5725795E13	6.5725795E13	21.04	<.0001
PSMR1	1	2.3347138E13	2.3347138E13	7.47	0.0094

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > |t|
Término in	12262417.03	4163795.852	2.95	0.0054
PMMR1	-885.31	522.446	-1.69	0.0981
YNDPERR1	56.76	34.208	1.66	0.1051
PTMR1	1286.47	539.022	2.39	0.0219
POBA1	0.03	0.007	4.59	<.0001
PSMR1	-2190.39	801.306	-2.73	0.0094

Observación	Procedimiento GLM		
	Observado	Predichos	Residual
1 *			
2	11378241.41	12373309.25	-995067.84
3	10826729.17	13574159.44	-2747430.27
4	11454099.35	12582231.74	-1128132.39
5	10994408.81	11354411.84	-360003.04
6	12834974.18	13853309.90	-1018335.72
7	11058661.18	12148395.87	-1089734.68
8	13607999.07	12546217.27	1061781.80
9	14633928.70	13816002.10	817926.60
10	11577610.05	14026519.01	-2448908.95
11	17920007.68	16194962.55	1725045.13
12	20155523.86	16849585.88	3305937.98
13	13765974.08	14743509.04	-977534.95
14	19873250.16	15667067.89	4206182.26
15	18712450.30	18638689.01	73761.29
16	18761247.66	18760273.65	974.00
17	16648747.25	17240635.59	-591888.34
18	17815798.18	17033451.44	782346.74
19	16807868.83	17417307.92	-609439.09
20	17268438.41	18923175.98	-1654737.57
21	21544024.44	18770540.58	2773483.86
22	19257023.96	18665967.55	591056.41
23	21224408.22	19861743.41	1362664.81
24	21787573.38	23235667.31	-1448093.93
25	24459444.12	25626629.15	-1167185.03
26	24981146.09	25876839.45	-895693.37
27	27814280.19	26657013.05	1157267.14
28	24613171.55	25682986.28	-1069814.73
29	27285903.24	25466302.44	1819600.80
30	27736651.80	27361549.08	375102.72
31	27362142.56	28758639.71	-1396497.15
32	30696175.63	29753563.27	942612.37
33	29698266.49	29955330.42	-257063.93
34	31185980.44	30691917.36	494063.07
35	32263411.60	31766067.24	497344.36
36	30251292.21	33371336.69	-3120044.48
37	34127796.25	34750804.72	-623008.46
38	36835856.01	35342842.69	1493013.33
39	39401931.71	35741085.92	3660845.79
40	33532101.55	34499925.77	-967824.22
41	35801209.38	35441123.82	360085.57
42	32887706.90	35967875.93	-3080169.03
43	36000474.35	36669210.92	-668736.57

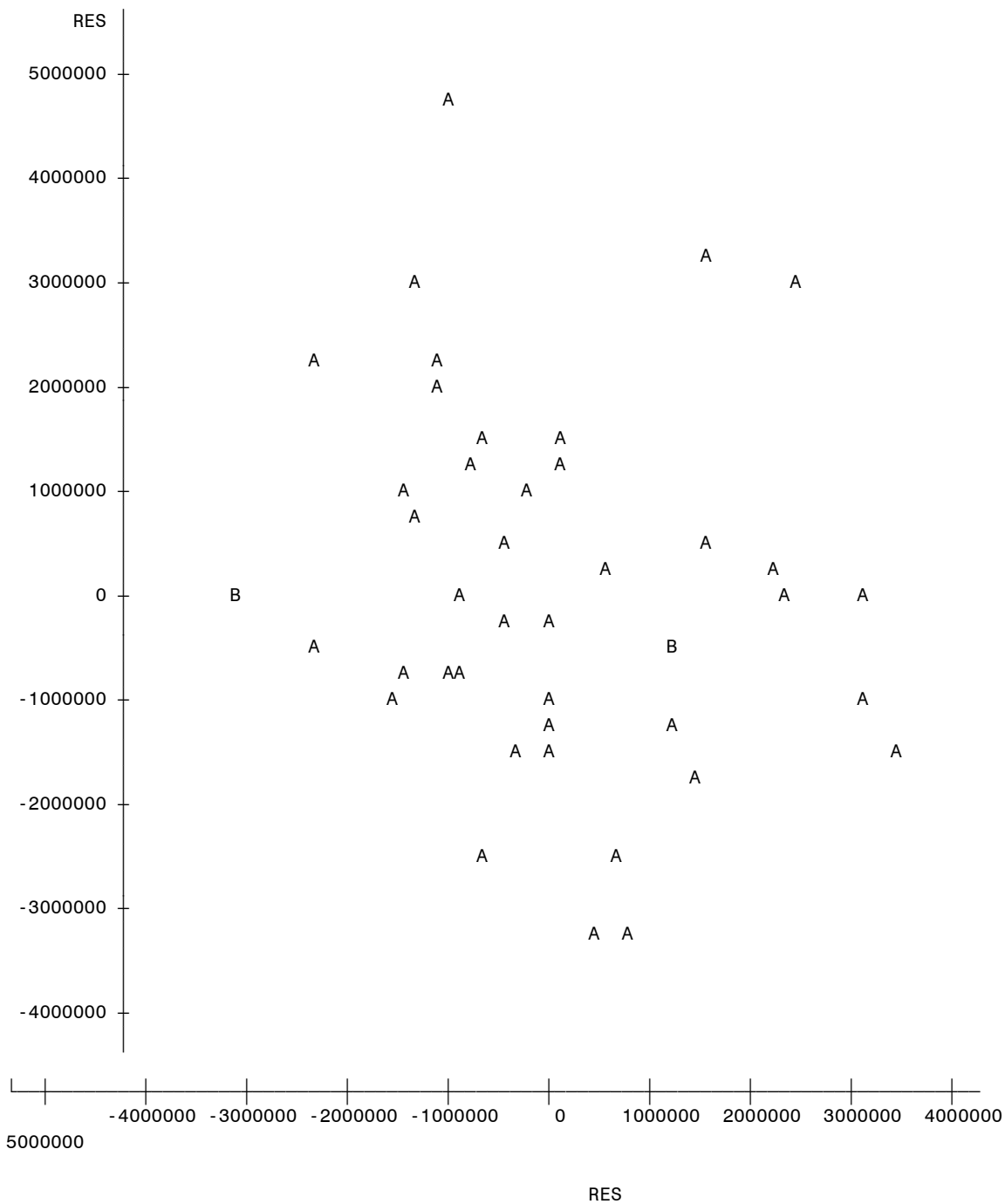
44	35153566.53	36454052.78	-1300486.25
45	38871419.39	37073954.55	1797464.84
46	36789086.16	36471817.05	317269.12

* La observación no se ha usado en este análisis

Procedimiento GLM

Suma de residuales	3.0174851E-7
Suma de residuales cuadrados	1.21858E14
Suma de residuales cuadrados - Error SS	0.28125
Autocorrelación de primer orden	-0.04807326
Durbin-Watson D	2.0871949556

Trazado def RES*RES2. Leyenda: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



NOTA: 1 obs tiene valores ausentes.

ANEXO 5. Salida del modelo 2

Sistema SAS

19:45 Wednesday, November 3, 2018

Obs	T	QDMB	PMMBR	YNDPERR	PMMAR	PFMR
1	1990	12775900.00	8956.53	65833.72	6612.28	27817.41
2	1991	12949100.00	8724.76	67879.27	7763.92	29801.41
3	1992	16289200.00	7797.79	68598.05	7415.83	25532.39
4	1993	17349200.00	7366.11	91310.13	7026.66	24438.53
5	1994	17899800.00	6300.99	96433.05	6230.69	23274.18
6	1995	15510619.08	8038.72	91292.17	6831.10	21789.49
7	1996	16821206.25	7589.01	90376.58	5804.67	21871.77
8	1997	16038039.43	6995.42	92904.68	6378.93	23155.31
9	1998	16962649.83	6313.73	96172.72	4688.63	22945.11
10	1999	16449697.16	5714.59	97662.38	4774.22	19787.10
11	2000	16706921.87	5323.81	102954.08	4582.37	19753.06
12	2001	19109910.25	5080.13	101425.88	4465.69	18828.74
13	2002	18119911.95	5062.17	101647.43	4816.44	20328.71
14	2003	19481320.46	5140.07	101703.75	4557.65	17231.64
15	2004	20839488.38	4599.62	108467.06	4437.10	18566.90
16	2005	18001283.54	4782.71	112015.50	4422.81	21518.65
17	2006	20254877.16	4860.06	119249.18	4639.58	18956.76
18	2007	21999449.40	5022.05	122557.18	4654.13	19216.36
19	2008	23027396.07	4639.08	123607.34	4666.77	20484.38
20	2009	18348643.86	5101.85	114233.42	4567.29	22555.10
21	2010	20969671.44	4559.75	118970.52	4288.84	20590.21
22	2011	16932783.26	6356.59	124478.43	5171.76	20672.12
23	2012	21397483.19	5886.85	126908.00	5182.39	20564.26
24	2013	20392176.06	5209.70	124668.09	5306.03	22912.99
25	2014	21159883.68	5126.93	126928.65	4524.28	18800.19
26	2015	21342179.90	4839.31	129341.13	4256.40	15930.38

Obs	QDMBL	PMMBRL	YNDPERRL	PMMARL	PFMRL
1	.	.	.	.	.
2	12775900.00	8956.53	65833.72	6612.28	27817.41
3	12949100.00	8724.76	67879.27	7763.92	29801.41
4	16289200.00	7797.79	68598.05	7415.83	25532.39
5	17349200.00	7366.11	91310.13	7026.66	24438.53
6	17899800.00	6300.99	96433.05	6230.69	23274.18
7	15510619.08	8038.72	91292.17	6831.10	21789.49
8	16821206.25	7589.01	90376.58	5804.67	21871.77
9	16038039.43	6995.42	92904.68	6378.93	23155.31
10	16962649.83	6313.73	96172.72	4688.63	22945.11
11	16449697.16	5714.59	97662.38	4774.22	19787.10
12	16706921.87	5323.81	102954.08	4582.37	19753.06
13	19109910.25	5080.13	101425.88	4465.69	18828.74
14	18119911.95	5062.17	101647.43	4816.44	20328.71
15	19481320.46	5140.07	101703.75	4557.65	17231.64
16	20839488.38	4599.62	108467.06	4437.10	18566.90
17	18001283.54	4782.71	112015.50	4422.81	21518.65
18	20254877.16	4860.06	119249.18	4639.58	18956.76
19	21999449.40	5022.05	122557.18	4654.13	19216.36
20	23027396.07	4639.08	123607.34	4666.77	20484.38
21	18348643.86	5101.85	114233.42	4567.29	22555.10
22	20969671.44	4559.75	118970.52	4288.84	20590.21

23	16932783.26	6356.59	124478.43	5171.76	20672.12
24	21397483.19	5886.85	126908.00	5182.39	20564.26
25	20392176.06	5209.70	124668.09	5306.03	22912.99
26	21159883.68	5126.93	126928.65	4524.28	18800.19

Sistema SAS 19:45 Wednesday, November 3, 2018

Procedimiento MEANS					
Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T	26	2002.50	7.6485293	1990.00	2015.00
QDMB	26	18351107.39	2652571.85	12775900.00	23027396.07
PMMBR	26	5976.47	1347.89	4559.75	8956.53
YNDPERR	26	104523.78	18686.45	65833.72	129341.13
PMMAR	26	5310.25	1069.07	4256.40	7763.92
PFMR	26	21435.51	3096.10	15930.38	29801.41
QDMBL	25	18231464.49	2634696.85	12775900.00	23027396.07
PMMBRL	25	6021.96	1355.16	4559.75	8956.53
YNDPERRL	25	103531.09	18358.75	65833.72	126928.65
PMMARL	25	5352.40	1068.83	4288.84	7763.92
PFMRL	25	21655.71	2944.82	17231.64	29801.41

Sistema SAS 19:45 Wednesday, November 3, 2018

Procedimiento GLM

Número de observaciones 26

NOTA: Due to missing values, only 25 observations can be used in this analysis.

Variable dependiente: QDMB1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	2.325159E14	5.8128976E13	49.15	<.0001
Error	20	2.3653196E13	1.1826598E12		
Total correcto	24	2.561691E14			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	QDMB1 Media
0.907666	4.141724	1087502	26257219

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMBR1	1	1.8012305E14	1.8012305E14	152.30	<.0001
YNDPERR1	1	3.4030787E13	3.4030787E13	28.77	<.0001
PMMAR1	1	1.5539289E13	1.5539289E13	13.14	0.0017
PFMR1	1	2.8227797E12	2.8227797E12	2.39	0.1380

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMBR1	1	2.3959824E13	2.3959824E13	20.26	0.0002
YNDPERR1	1	3.4366246E13	3.4366246E13	29.06	<.0001
PMMAR1	1	1.831261E13	1.831261E13	15.48	0.0008
PFMR1	1	2.8227797E12	2.8227797E12	2.39	0.1380

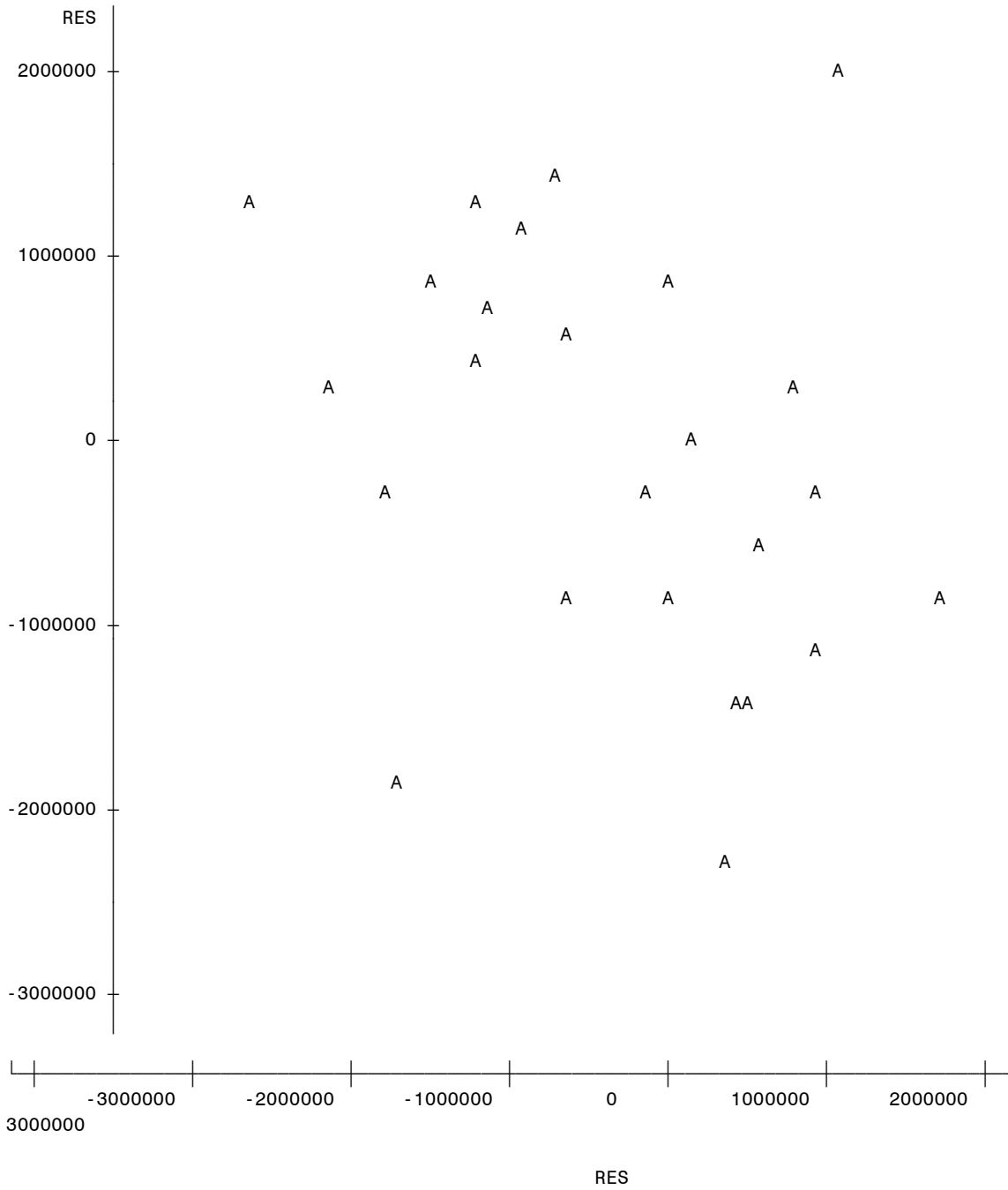
Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > |t|
Término in	19381417.52	4542412.173	4.27	0.0004
PMMBR1	-1901.70	422.504	-4.50	0.0002
YNDPERR1	84.63	15.700	5.39	<.0001
PMMAR1	2086.17	530.157	3.94	0.0008
PFMR1	-181.60	117.546	-1.54	0.1380

Observación	Procedimiento GLM		
	Observado	Predichos	Residual
1 *			
2	18333119.78	18173490.62	159629.16
3	21746209.72	21165553.44	580656.28
4	24213794.66	24084591.71	129202.96
5	25211099.86	25992174.87	-781075.00
6	23053952.80	24200265.83	-1146313.03
7	23357691.34	21887218.33	1470473.01
8	23126832.17	23613981.86	-487149.69
9	23721400.41	22671364.23	1050036.18
10	23598097.05	23881790.75	-283693.70
11	23639153.25	25528937.36	-1889784.12
12	26150541.26	26123306.64	27234.63
13	26173210.33	26744479.23	-571268.90
14	27117413.75	26839521.07	277892.69
15	29049306.45	27894796.93	1154509.51
16	26783460.73	27747237.72	-963776.99
17	27840978.07	28871150.87	-1030172.80
18	30535259.73	29408904.44	1126355.29
19	32298404.04	30003262.02	2295142.02
20	28052849.11	28004754.29	48094.82
21	28702156.94	28261377.63	440779.31
22	25769822.20	27646480.79	-1876658.59
23	28533296.71	28313532.78	219763.93
24	29409503.43	29723831.22	-314327.79
25	29753554.52	29580307.93	173246.58
26	30259378.08	30068173.84	191204.24

* La observación no se ha usado en este análisis

Suma de residuales	1.15484E-7
Suma de residuales cuadrados	2.3653196E13
Suma de residuales cuadrados - Error SS	0.8203125
Autocorrelación de primer orden	-0.063903406
Durbin-Watson D	2.1251838885

Trazado def RES*RES2. Leyenda: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



Factores de inflación de varianza (VIF)

Mínimo valor posible = 1.0

Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

PMMBR	7.640
YNDPERR	2.683
PMMAR	9.007
PCFR	3.144

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, donde $R(j)$ es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

Diagnósticos de colinealidad de Belsley-Kuh-Welsch:

--- proporciones de la varianza ---						
lambda	cond	const	PMMBR	YNDPERR	PMMAR	PCFR
4.912	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.081	7.810	0.002	0.009	0.059	0.005	0.001
0.004	36.491	0.012	0.245	0.167	0.022	0.619
0.002	47.983	0.360	0.284	0.313	0.550	0.009
0.001	58.935	0.626	0.461	0.461	0.423	0.371

lambda = valores propios de $X'X$, del más grande al más pequeño

cond = índice de condición

nota: las columnas de proporciones de la varianza suman 1.0

ANEXO 6. Salida del modelo 3

Sistema SAS

16:36 Thursday, November 4, 2018

Obs	T	QDMA	PMMAR	YNDPERR	PSJMR	QDMAL	PMMARL	YNDPERRL
PSJMRL								
1	1990	4695235.08	6612.28	65833.72	7102.06	.	.	.
2	1991	2177275.65	7763.92	67879.27	9000.40	4695235.08	6612.28	65833.72
7102.06								
3	1992	2230033.74	7415.83	68598.05	6280.32	2177275.65	7763.92	67879.27
9000.40								
4	1993	3046505.04	7026.66	91310.13	5571.14	2230033.74	7415.83	68598.05
6280.32								
5	1994	3648523.83	6230.69	96433.05	4485.97	3046505.04	7026.66	91310.13
5571.14								
6	1995	3599977.89	6831.10	91292.17	5715.34	3648523.83	6230.69	96433.05
4485.97								
7	1996	6515135.06	5804.67	90376.58	6137.37	3599977.89	6831.10	91292.17
5715.34								
8	1997	3401857.14	6378.93	92904.68	5331.94	6515135.06	5804.67	90376.58
6137.37								
9	1998	5954275.19	4688.63	96172.72	4716.95	3401857.14	6378.93	92904.68
5331.94								
10	1999	6207332.56	4774.22	97662.38	4360.95	5954275.19	4688.63	96172.72
4716.95								
11	2000	6163943.37	4582.37	102954.08	2914.44	6207332.56	4774.22	97662.38
4360.95								
12	2001	7269381.85	4465.69	101425.88	2589.52	6163943.37	4582.37	102954.08
2914.44								
13	2002	6130792.84	4816.44	101647.43	2940.07	7269381.85	4465.69	101425.88
2589.52								
14	2003	6551069.39	4557.65	101703.75	4149.24	6130792.84	4816.44	101647.43
2940.07								
15	2004	6462260.33	4437.10	108467.06	3594.65	6551069.39	4557.65	101703.75
4149.24								
16	2005	6426057.71	4422.81	112015.50	2918.83	6462260.33	4437.10	108467.06
3594.65								
17	2006	8030271.85	4639.58	119249.18	3197.81	6426057.71	4422.81	112015.50
2918.83								
18	2007	9878645.11	4654.13	122557.18	4297.42	8030271.85	4639.58	119249.18
3197.81								
19	2008	10665864.77	4666.77	123607.34	6009.59	9878645.11	4654.13	122557.18
4297.42								
20	2009	9225422.11	4567.29	114233.42	6427.54	10665864.77	4666.77	123607.34
6009.59								
21	2010	9686289.72	4288.84	118970.52	6527.46	9225422.11	4567.29	114233.42
6427.54								
22	2011	8492379.66	5171.76	124478.43	6748.75	9686289.72	4288.84	118970.52
6527.46								
23	2012	11024521.02	5182.39	126908.00	6601.73	8492379.66	5171.76	124478.43
6748.75								
24	2013	7306170.14	5306.03	124668.09	6529.30	11024521.02	5182.39	126908.00
6601.73								
25	2014	12670715.12	4524.28	126928.65	5358.82	7306170.14	5306.03	124668.09
6529.30								
26	2015	13481614.04	4256.40	129341.13	5827.97	12670715.12	4524.28	126928.65
5358.82								

Procedimiento MEANS

Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T	26	2002.50	7.6485293	1990.00	2015.00
QDMA	26	6959290.39	3063297.96	2177275.65	13481614.04
PMMAR	26	5310.25	1069.07	4256.40	7763.92
YNDPERR	26	104523.78	18686.45	65833.72	129341.13
PSJMR	26	5205.21	1591.26	2589.52	9000.40
QDMAL	25	6698397.45	2816266.19	2177275.65	12670715.12
PMMARL	25	5352.40	1068.83	4288.84	7763.92
YNDPERRL	25	103531.09	18358.75	65833.72	126928.65
PSJMRL	25	5180.30	1618.89	2589.52	9000.40

Procedimiento GLM

Variable dependiente: QDMA1

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1.9730442E14	6.576814E13	46.30	<.0001
Error	21	2.9831425E13	1.4205441E12		
Total correcto	24	2.2713585E14			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	QDMA1 Media
0.868663	17.01156	1191866	7006210

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMAR1	1	1.2890205E14	1.2890205E14	90.74	<.0001
YNDPERR1	1	5.4359149E13	5.4359149E13	38.27	<.0001
PSJMR1	1	1.4043227E13	1.4043227E13	9.89	0.0049

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
PMMAR1	1	1.4799312E13	1.4799312E13	10.42	0.0040
YNDPERR1	1	2.1193084E13	2.1193084E13	14.92	0.0009
PSJMR1	1	1.4043227E13	1.4043227E13	9.89	0.0049

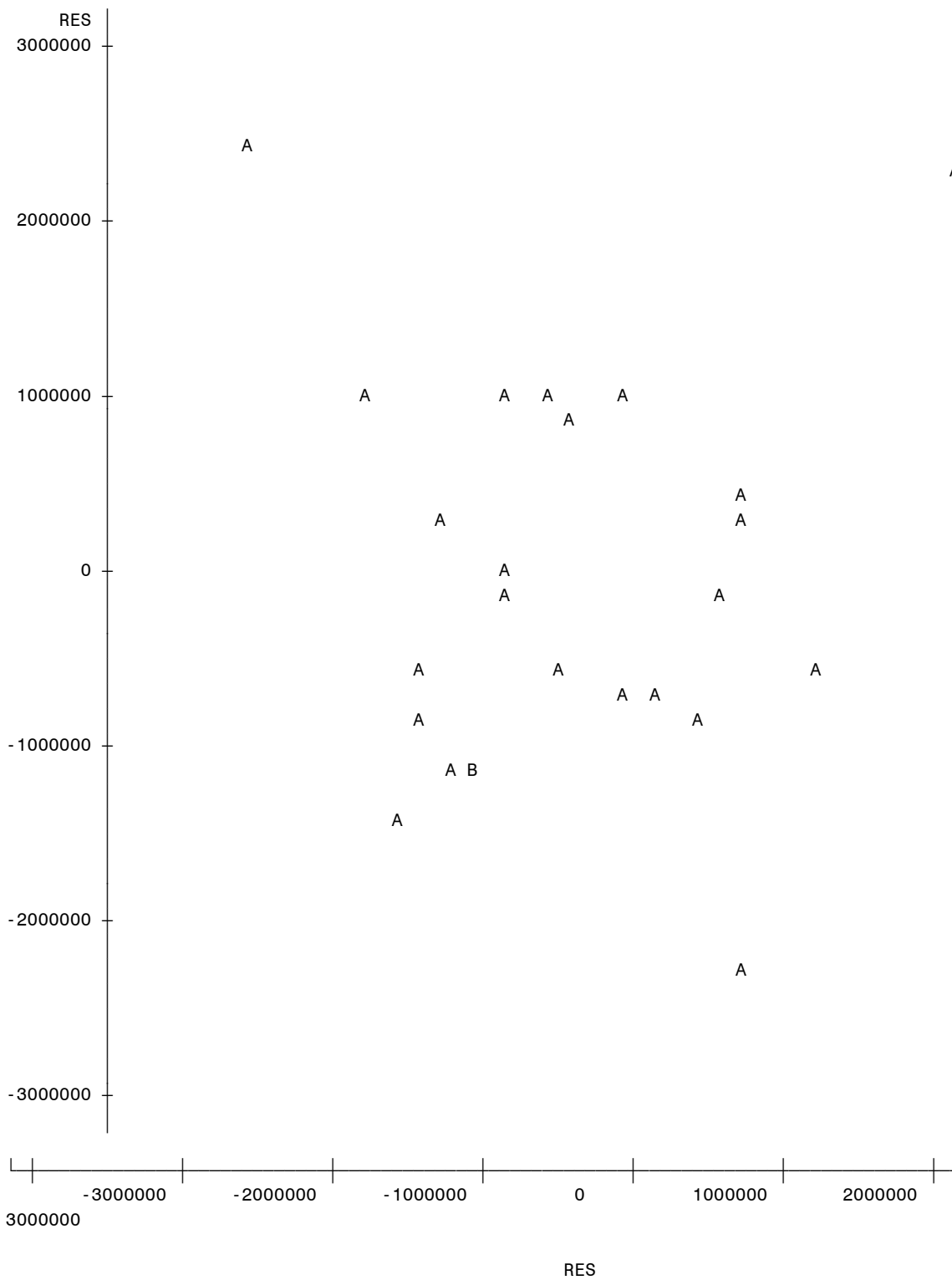
Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > |t|
Término in	1505363.275	4305833.157	0.35	0.7301
PMMAR1	-1523.449	471.992	-3.23	0.0040
YNDPERR1	96.040	24.865	3.86	0.0009
PSJMR1	654.681	208.221	3.14	0.0049

Procedimiento GLM

Observación	Observado	Predichos	Residual
1 *			
2	2146684.58	2083074.34	63610.23
3	2215848.04	903669.15	1312178.88
4	3031975.60	3221218.17	-189242.57
5	3628674.80	4200348.40	-571673.59
6	3576206.50	3590304.53	-14098.03
7	6491679.96	5346307.85	1145372.11
8	3359408.79	4175531.55	-816122.76
9	5932110.92	6669411.73	-737300.81
10	6168538.41	6432827.15	-264288.74
11	6123500.46	6287750.92	-164250.46
12	7229221.64	6106966.72	1122254.91
13	6083430.31	5824580.15	258850.17
14	6511125.16	7017708.47	-506583.30
15	6419577.86	7480062.56	-1060484.71
16	6383953.86	7397114.75	-1013160.90
17	7988403.87	7944759.52	43644.35
18	9826325.12	8956620.62	869704.50
19	10601502.00	10152533.80	448968.19
20	9155930.33	9669608.78	-513678.45
21	9626182.92	10617267.07	-991084.15
22	8429270.15	9939880.96	-1510610.81
23	10969190.24	10065156.71	904033.53
24	7234341.59	9613459.11	-2379117.52
25	12623112.91	10258164.18	2364948.73
26	13399059.97	11200928.79	2198131.18

* La observación no se ha usado en este análisis

Suma de residuales	-4.749745E-8
Suma de residuales cuadrados	2.9831425E13
Suma de residuales cuadrados - Error SS	-1.421875
Autocorrelación de primer orden	-0.011982807
Durbin-Watson D	1.8618604881



NOTA: 1 obs tiene valores ausentes.

Factores de inflación de varianza (VIF)
 Mínimo valor posible = 1.0
 Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

PMMAR	4.183
YNDPERR	3.097
PSJMR	1.804

VIF(j) = $1/(1 - R(j)^2)$, donde R(j) es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable j y las demás variables independientes

Diagnósticos de colinealidad de Belsley-Kuh-Welsch:

--- proporciones de la varianza ---					
lambda	cond	const	PMMAR	YNDPERR	PSJMR
3.891	1.000	0.000	0.001	0.001	0.003
0.073	7.306	0.003	0.015	0.048	0.227
0.035	10.578	0.006	0.115	0.023	0.505
0.002	46.079	0.991	0.870	0.928	0.265

lambda = valores propios de X'X, del más grande al más pequeño

cond = índice de condición

nota: las columnas de proporciones de la varianza suman 1.0

ANEXO 7. Elasticidades

Modelo demanda de maíz 1970 a 2015

Variable	Elasticidad
<i>PMMR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ_i}{dP_i} * \frac{\Delta P_i}{Q_i} = -885.30974 * \frac{5267.25}{19515277.44} = -0.238948575$
<i>YNDPERR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ}{dI} * \frac{\Delta I}{Q} = 56.75627 * \frac{85642.44}{19515277.44} = 0.249073858$
<i>PTMR</i>	$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = 1286.46867 * \frac{4293.49}{19515277.44} = 0.283031609$
<i>PSMR</i>	$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = -2190.38609 * \frac{2839.16}{19515277.44} = -0.31866606$
<i>POBA</i>	$E_i = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = 0.03243 * \frac{300793929}{19515277.44} = 0.499851829$

Modelo demanda de maíz blanco 1990 a 2015

Variable	Elasticidad
<i>PMMBR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ_i}{dP_i} * \frac{\Delta P_i}{Q_i} = -1901.70088 * \frac{6021.96}{18231464.49} = -0.628142991$
<i>YNDPERR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ}{dI} * \frac{\Delta I}{Q} = 84.63058 * \frac{103531.09}{18231464.49} = 0.480592012$
<i>PMMBR</i>	$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = 2086.16902 * \frac{5352.4}{18231464.49} = 0.612458262$
<i>PFMR</i>	$E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = -181.60064 * \frac{21655.71}{18231464.49} = -0.21570899$

Modelo demanda de maíz blanco 1990 a 2015

Variable	Elasticidad
<i>PMMAR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ_i}{dP_i} * \frac{\Delta P_i}{Q_i} = -1523.44872 * \frac{5352.4}{6698397.45} = -1.217322052$
<i>YNDPERR</i>	$E_{ii} = \frac{dQ}{dI} * \frac{\Delta I}{Q} = 96.03971 * \frac{103531.09}{6698397.45} = 1.484399206$

$$PSJMR \quad E_{ij} = \frac{dQ_i}{dP_j} * \frac{\Delta P_j}{Q_i} = 654.68117 * \frac{5180.3}{6698397.45} = 0.506306903$$