



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN
LA SUPERFICIE COSECHADA DE ARROZ PALAY
EN MÉXICO**

TESIS

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

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA
Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

ANA LIZBETH HERNÁNDEZ GARCÍA

**BAJO LA SUPERVISIÓN DEL DR. IGNACIO CAAMAL
CAUICH**

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, DICIEMBRE 2018.

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA SUPERFICIE
COSECHADA DE ARROZ PALAY EN MÉXICO**

Tesis realizada por Ana Lizbeth Hernández García bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS
RECURSOS NATURALES**

Hoja de firmas

DIRECTOR: 

Dr. Ignacio Caamal Caiuch

ASESOR: 

Dra. Verna Gricel Pat Fernández

ASESOR: 

Dr. Manuel del Valle Sánchez

CHAPINGO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2018

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Importancia del problema	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Justificación.....	16
1.4 Hipótesis	17
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos particulares.....	18
1.7 Descripción del capitulado.....	18
CAPÍTULO 2. IMPORTANCIA DEL ARROZ PALAY	20
2.1 El arroz.....	20
2.2 Importancia mundial	21
2.3 Importancia nacional	24
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO	27
3.1 Función de producción	29
3.2 Oferta y demanda.....	31
3.3 Modelo econométrico	35
3.3.1 Propiedades de los modelos econométricos.....	36
3.3.2 Prueba de “t”	38
3.4 Elasticidad.....	40
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA	41
4.1 Metodología general.....	41
4.2 Variables	41
4.2.1 Variables reales.....	42
4.2.2 Variables nominales	43
4.3 Índices.....	43
4.3.1 Balanza Comercial Relativa.....	44
4.3.1 Tasas de crecimiento.....	44

4.4 Modelo propuesto.....	45
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	47
5.1. Comportamiento de las variables de producción y comercio	47
5.1.1 Producción	47
5.1.2 Superficie cosechada	48
5.1.3 Rendimiento	49
5.1.4 Valor de la producción.....	50
5.1.5 Balanza comercial	51
5.1.6 Precio medio rural real	52
5.1.7 Superficie cosechada de maíz.....	53
5.2 Comportamiento de los índices	54
5.2.1 Balanza comercial relativa.....	54
5.2.2 Consumo nacional aparente.....	55
5.2.3 Coeficiente de importación	56
5.3 Análisis econométrico	57
5.4 Análisis económico.....	59
5.5 Elasticidades	60
6. CONCLUSIONES	61
LITERATURA CITADA	63
ANEXOS	67

Lista de cuadros o tablas

Tabla 1. Significancia de las variables explicativas 58

Tabla 2. Pruebas de normalidad59

Tabla 3. Elasticidades de las variables del modelo 60

Lista de figuras

Figura 1. Producción de arroz palay por continente, 2017	22
Figura. 2. Principales países exportadores de arroz en el mundo, 2017	23
Figura. 3. Principales países importadores de arroz en el mundo, 2017	24
Figura 4. Principales productores de arroz palay en México, 2017	25
Figura 5. Función de producción.....	30
Figura 6. Equilibrio de mercado de competencia perfecta.....	31
Figura 7. Curva de demanda y curva de oferta.....	32
Figura 8. Desplazamientos de la curva de oferta	33
Figura 9. Producción de arroz palay en México 1980-2017	47
Figura 10. Superficie cosechada de arroz palay en México, 1980-2017	48
Figura11. Rendimiento de arroz palay en México, 1980-2017	49
Figura 12. Valor nominal de la producción de arroz palay en México, 1980-2017.....	50
Figura 13. Valor real de la producción de arroz palay en México 1980-2017....	51
Figura 14. Balanza comercial de arroz palay, 1980-2017	52
Figura. 15. Balanza comercial relativa del arroz palay, 1980-2017	53
Figura 16. Consumo nacional aparente arroz palay en México, 1980-2017.....	54
Figura 17. Precio medio rural real de arroz palay y del maíz en México 1980-2017	55
Figura 18. Superficie cosechada de maíz, riego más temporal, 1980-2017...	56

Figura 19. Coeficiente de importación de arroz palay, México 1980-2017..... 57

Abreviaturas usadas

BCR: Balanza comercial relativa

β_i : Parámetros del modelo

$\hat{\beta}$: Parámetros estimados del modelo

Cme: Costo medio

Cmg: Costo marginal

CNA: Consumo Nacional Aparente

Cov: Covarianza

$e_{y,x}$: Elasticidad

e_i : Error estocástico

ϵ : Tipo de cambio

EX: Exportaciones

ET: Extensión agrícola

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

Glij: Coeficiente de dependencia comercial

GI: Grados de libertad

IM: Importaciones

INEGI: Instituto nacional de estadística y geografía

K: Capital

L: Trabajo

P: Nivel de precios

PI: Precio de importación

PMR: Precio medio rural nominal

PMRR: Precio medio rural real

PMRRAT: Precio medio rural real del arroz rezagado

PMRRM: Precio medio real del maíz

PMRNM: Precio medio rural nominal de maíz

Q: Cantidad

R: Renta

R²: Coeficiente de determinación

RD: Rendimiento

S: Oferta

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SIAP: Sistema de Información
Agroalimentaria y Pesquera

SIAVI: Sistema de Información
Arancelaria Vía Internet

SC: Superficie cosechada de arroz

SCM: Superficie cosechada de maíz

SCT: Suma de cuadrados total

SCE: Suma de cuadrados explicadas

SCR: Suma de cuadrados residuales

T: Tierra

TLCAN: Tratado de Libre Comercio
de América del Norte

USDA: Departamento de Agricultura
de los Estados Unidos de América

VP: Valor de la producción

X_i : Variable explicativa,
independiente o exógena

Y: Producción

Y_i : Variables dependiente o
endógena.

Y_a : Producción de arroz

Agradecimientos

Estar aquí no sería posible sin el apoyo de mis padres Inocencia García Vera e Ignacio Hernández Contreras y de mi hermano Miguel Ángel, tengo la dicha de dedicarles la presente tesis. También por el apoyo de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, por darme las bases y elementos necesarios para poder ingresar a un posgrado de calidad.

Este trabajo representa la culminación de un periodo de formación académica integral y de amplio valor personal. Doy gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma Chapingo, por ser una de las instituciones en México de mayor apoyo social y por su compromiso para formar buenos profesionistas.

Agradezco a la jefatura de la División de Ciencias Económico-Administrativas y a la Coordinación de la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, por el apoyo brindado para generar producción académica (investigación).

Agradezco el tiempo, la paciencia y la dedicación del director de la presente el Dr. Ignacio Caamal Cauich, a mis asesores la Dra. Verna Grisel Pat Fernández y el Dr. Manuel del Valle Sánchez esperando en un futuro poder continuar con la investigación.

Finalmente, agradezco a mis compañeros de aula por el intercambio y fortalecimiento de conocimiento, quienes enriquecen de manera académica y social el espíritu del aprendizaje.

Ana Lizbeth Hernández García

Diciembre de 2018

Datos personales

Nombre: Ana Lizbeth Hernández García

Fecha de nacimiento: 23 de febrero de 1992

Lugar de nacimiento: Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

CURP: HEGA920223MMCRRN06

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Oficial N. 100 “Luz Sánchez”, Texcoco de Mora, Estado de México (2007-2010).

Licenciatura: Licenciatura en Economía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México (2010-2014).

Ayudante de investigación del Departamento de Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, Área de Sociedad y Acumulación Capitalista (ASAC), Ciudad de México (2014-2016).

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Texcoco de Mora, Estado de México (2016-2018).

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA SUPERFICIE COSECHADA DE ARROZ PALAY EN MÉXICO

Hernández García, Ana Lizbeth¹ Caamal Cauich, Ignacio²

La superficie cosechada de arroz palay ha disminuido a más de la mitad dentro del periodo 1980-2017, esto ha provocado el decremento de la producción y el incremento de las exportaciones a niveles muy elevados, actualmente el índice de dependencia comercial se ubica en 80%. El objetivo es identificar y analizar los factores que determinan la superficie cosechada de arroz en México de 1980 a 2017. El análisis surge a partir de elementos teóricos de la escuela clásica, la teoría de la oferta, teoría de la renta y la extensión agrícola. La metodología comprende los siguientes bloques: 1) análisis gráfico de series de tiempo y construcción de índices y cálculo de la tasa de crecimiento promedio anual y tasa de crecimiento del periodo de variables reales y nominales; 2) segundo bloque, un modelo lineal econométrico multivariado y cálculo de las elasticidades de las variables explicativas del modelo. La superficie cosechada de arroz palay se modela en función de la producción de arroz, el precio medio rural de arroz rezagado en un periodo, la superficie cosechada de maíz y el precio medio rural de maíz.

Palabras clave: superficie cosechada, producción de arroz palay, producción de maíz, precio medio rural.

The harvested area of paddy rice has decreased more than half in the period 1980-2017, this has caused the decreased of production and the increase of exports to very high levels, and now the commercial dependence index is 80%. The objective is to identify and analyze the factors that determine the harvested area of rice in Mexico from 1980 to 2017. The analysis arises from theoretical elements of the classical school, the theory of supply, income theory and agricultural extension. The methodology includes the following blocks: 1) graphical analysis of time series and construction of indices and calculation of the annual average growth rate and growth rate of the period of real and nominal variables; 2) second block, a multivariate econometric linear model and calculation of the elasticities of the explanatory variables of the model. The harvested area of paddy rice is modeled according to rice production, the average rural price of rice lagged in one period, the harvested area of maize and the average rural corn price.

Keywords: harvested surface, paddy rice production, corn production, rural average price

¹ Tesista de la Maestría en Ciencias en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo.

² Director de tesis

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El arroz palay es uno de los cuatro principales cereales de consumo humano en México, por su importancia económica es considerado un grano básico para la alimentación de la población. Sin embargo, los requerimientos del mercado nacional e internacional desincentivan la producción de este, al punto de tener un déficit de abastecimiento de la demanda interna de más del cincuenta por ciento. A partir de ello surge la necesidad de analizar cuáles han sido los factores que determinan el comportamiento del cultivo del arroz palay en México e identificar las características más relevantes.

1.1 Importancia del problema

Los cambios experimentados en el sector agrícola a partir de la entrada en vigor del modelo económico neoliberal se caracterizan por reorientar la siembra de cultivos normales hacia la siembra de cultivos de mayor rentabilidad. Desde inicios de la década de 1980 el cultivo del arroz palay presentó una caída en la superficie cosechada y en la producción. Martínez (2013) menciona “En México tratados como el Tratado de Libre Comercio América del Norte (TLCAN) encontraron un campo sin armas para enfrentar el mercado internacional agrícola y agudizaron los problemas de producción de alimentos en México, incrementando la importación de granos para la satisfacción de la demanda interna, posiblemente debido a costos de producción menores en el extranjero” (p.62). Según Flores y Schwentesius (2001) “los cambios experimentados pueden ser atribuidos a la pérdida de competitividad del grupo de granos básicos, producto de la desigual condición de los productores nacionales con sus congéneres internacionales” (p.94). Esto fundamenta los cambios que sufrió el campo mexicano en los patrones de cultivo, hacia productos de mayor rentabilidad.

A raíz de la caída de la producción, las importaciones de arroz palay se incrementaron a niveles alarmantes, esto representa la insuficiencia de abastecimiento de arroz palay que sufre México. Puyana y Romero (2004) mencionan: “Las importaciones concentraron fracciones crecientes del consumo aparente de bienes agropecuarios... la participación de las importaciones en el consumo nacional aparente del frijol ganó un punto porcentual, el trigo, el arroz y la soya tuvieron incrementos por encima de diez puntos porcentuales” (p.88).

En la actualidad la demanda interna de arroz palay asciende a un millón 300 mil toneladas de arroz y la producción solo es suficiente para abastecer el 20%, el principal abastecedor de arroz palay de México es Estados Unidos de América con el 91% de las importaciones totales (Tucuch, et al., 2017, p. 24). Según el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, 2018), los principales países de donde se importó arroz palay para abastecimiento de la demanda interna en 2017 fueron: Estados Unidos de América, Uruguay y Argentina,³ el valor total de las importaciones ascendió a 254 millones 921 mil dólares y el volumen de importaciones a 895 mil toneladas. Por tanto, surge la necesidad de analizar cuáles han sido los factores que determinan y limitan la producción de arroz palay.

1.2 Antecedentes

El arroz es un grano básico para la población mexicana. Desde su llegada a México en la época colonial, el cultivo del arroz se expandió a diversas zonas de la república mexicana. Por sus características biológicas el arroz posee tallos muy ramificados y puede medir entre 0.6 y 1.8 metros de altura. Los tallos terminan en una inflorescencia, una panícula de 20 a 30 cm de largo. Cada panícula se compone de entre 50 y 300 flores o espiguillas, a partir de las cuales se formarán los granos el fruto obtenido es una cariota (UNCTAD, 2005, citado en Rodríguez, 2007, p.3). Además, el cultivo del arroz requiere de una elevada

³Se menciona 2017 por ser el año inmediato cumplido.

cantidad de agua. Los principales estados donde se desarrolló el cultivo del arroz fueron Campeche, Jalisco, Michoacán, Morelos y Nayarit.

La expansión del cultivo del arroz en México fue durante la segunda mitad del siglo XIX. Sin embargo, el desarrollo del cultivo se incrementó a partir de la década de 1940 cuando se logró 70 mil hectáreas de superficie cosechada, posteriormente en la década de 1970 se llegó a 165 mil hectáreas y en la década de 1980 pasó a 153 mil hectáreas, a partir de esta década se observa una tendencia negativa en la superficie cosechada (SAGARPA, 2010, p.5), por tal motivo la merma en la producción del arroz palay se asocia a la tendencia negativa de la superficie cosechada.

Algunos factores históricos como la apertura comercial y la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte de 1994 ofrecieron mayores incentivos para la importación de productos agrícolas, entre ellos el arroz palay (Hernández y Damián, 2009). Por tanto, se incorporaron cambios en los patrones de cultivo. Por ejemplo, Sinaloa que era un productor de gran diversificación agrícola, redujo la producción de arroz palay y de otros cultivos. El abandono del cultivo del arroz en Sinaloa fue por la baja rentabilidad y los grandes requerimientos de agua, optó por concentrarse en la producción de maíz blanco bajo riego cultivo de mayor rentabilidad (INIFAP, 2015, p. 40). Jalisco también presentó fuertes caídas en la producción de arroz palay y se concentró en el maíz y en el sorgo.

La eliminación de precios de garantía y la eliminación de subsidios a insumos durante 1995 desincentivó el cultivo del arroz⁴. Hernández y Damián (2009) señala que: "... los impactos del TLCAN abarcaron aspectos específicos, como son la producción, el cambio en la estructura productiva y modificaciones en el patrón de cultivos; investigadores concluyeron implícitamente que el cambio de política de precios de garantía a los apoyos directos al productor provocó la

⁴Tenían el objetivo de incentivar la producción de productos agrícolas y garantizar la producción de alimentos y garantizar el acceso de la población urbana al consumo de granos (Puyana y Romero, 2004, p.10).

reducción en producción de granos y oleaginosas debido a la falta de competitividad de México con relación a EE. UU. y Canadá”.

A pesar de la caída en la superficie cosechada y en la producción del arroz palay, los Estados con mayor superficie de siembra son Campeche, Michoacán, Tabasco y Veracruz.

1.3 Justificación

La Organización de Naciones Unidas ONU (2016) publicó los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) un plan que pretende dar solución a 169 metas para 2030. Entre los puntos principales se destaca: poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición, además de proponer la agricultura sostenible (OCDE y FAO, 2016, p.32). “La seguridad alimentaria es un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” (FAO, 2017, p. 6)⁵. De aceptar la definición de seguridad alimentaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2016) y los compromisos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2016), México en el cultivo del arroz, enfrenta un riesgo⁶ de acceso.

⁵Otra definición es: A nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana (Cumbre Mundial de Alimentación de 1996). Por tanto, la dependencia de arroz de importación en México no garantiza un acceso físico continuo del grano”

Acceso: Componente de la Seguridad Alimentaria. El acceso a los alimentos puede ser físico y/o económico. La falta de acceso físico se da cuando los alimentos no están disponibles en cantidad suficiente allí donde se necesita consumirlos. El aislamiento de las poblaciones y la falta de infraestructuras pueden incidir en la imposibilidad de contar con alimentos en condiciones adecuadas de manera permanente o transitoria.

6 El concepto de riesgo de la FAO tiene dos componentes: 1) la vulnerabilidad: características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Los diversos aspectos de la vulnerabilidad surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. y 2) amenaza: fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede

México enfrenta un problema de desabastecimiento de arroz, por tal motivo surge la necesidad de estudiar las causas estructurales y coyunturales del comportamiento de la superficie cosechada de arroz palay. La dependencia de arroz palay con Estados Unidos es de -78.28%, esto representa un gran obstáculo en la autosuficiencia alimentaria y un posible riesgo de seguridad alimentaria por tal motivo es importante identificar los elementos determinantes de la superficie cosechada e implícitamente de la producción para comprender las decisiones de cultivo de los productores.

1.4 Hipótesis

Se inicia con la hipótesis de que la producción de arroz palay en México no se incentiva debido a la existencia de productos de mayor rentabilidad en el mercado, ocasionando un abandono del cultivo. El incremento de la producción del maíz ha sido un elemento determinante en el abandono del cultivo de arroz palay, puesto que representa mejores niveles de rentabilidad, ocasionándose una sustitución de producción en cultivo.

1.5 Objetivo general

El objetivo general es identificar los factores que determinan la superficie cosechada e implícitamente la producción de arroz palay en México de 1980 a 2017, para proponer estrategias de política agrícola que fortalezcan al cultivo.

ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos en la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

1.6 Objetivos particulares

Los objetivos particulares pretenden:

- 1) Actualizar y sistematizar de manera formal, a través de índices, tasas de crecimiento, un modelo econométrico y elasticidades la información relevante del cultivo del arroz palay para diagnosticar el escenario que enfrenta
- 2) Identificar si existente entre el arroz palay y el maíz un efecto sustitución de cultivo. Modelar la superficie cosechada de arroz palay en función de la producción de arroz, la superficie cosechada de maíz, el precio medio rural del arroz y el precio medio rural del maíz.

1.7 Descripción del capitulado

El primer capítulo muestra información general de la investigación, importancia del problema, antecedentes, justificación del estudio o pertinencia de la investigación, objetivo general y objetos particulares, hipótesis. El capítulo dos muestra el desarrollo histórico del cultivo de arroz palay en México; muestra el valor nutricional, la importancia mundial, la importancia nacional, las características principales del cultivo, perspectivas del comercio internacional, productores, importadores y exportadores. Los procesos técnicos necesarios para la producción, finalmente las características del consumo de arroz palay en México. El tercer capítulo corresponde al marco teórico, muestra la teoría clásica de la producción; la función de producción; teoría de la oferta y teoría de la demanda; el concepto de modelo económico y modelos econométricos con sus respectivas propiedades y finalmente la conceptualización de elasticidad económica. El cuarto capítulo corresponde a la metodología y métodos utilizados: describe de manera detallada los métodos utilizados para el análisis de la investigación, se describen las variables utilizadas, los índices de consumo nacional aparente, dependencia económica, balanza comercial relativa, modelo econométrico específico y las pruebas aplicadas al modelo econométrico. El

quinto capítulo corresponde a los resultados, se muestra una descripción gráfica de las variables, comportamiento de los índices y de las variables del modelo econométrico; posteriormente se incorpora el modelo econométrico, la interpretación de las pruebas aplicadas y finalmente se detallan los resultados de las tasas de crecimiento y las elasticidades. Por último, se presentan conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO 2. IMPORTANCIA DEL ARROZ PALAY

2.1 El arroz

La Oriza Sativa, arroz, es una monocotiledónea, forma parte de la familia de las Poaceas. El origen del arroz se ubica en el continente asiático hace 10,000 años, específicamente en la India, en China se desarrolló el cultivo, en la zona trópico-húmeda. El cultivo del arroz se desarrolla a 50 grados de latitud norte hasta los 40 grados de latitud sur y desde las zonas por debajo del nivel del mar hasta más de 2.500 metros de altura (Swaminathan, 1984, p.56). El largo proceso de desarrollo del arroz permitió que se sembrara en zonas templadas, semiáridas y frías, requiere de una gran cantidad de agua durante el ciclo de cultivo, ya que la semilla debe encontrarse sumergida.

En México se cultivó arroz a partir de la llegada de los españoles y se extendió debido al proceso de colonización (siglo XV y XVI) hasta lograr posicionarse como el cuarto grano de mayor importancia por consumo para los mexicanos (AGROSÍNTESIS, 2017).

El arroz es uno de los granos de mayor aporte nutricional a nivel mundial. El aporte nutricional del arroz incorpora una gran cantidad de carbohidratos, vitamina B, potasio, fósforo, magnesio. El arroz se compone en un 70% de almidón y es bajo en proteína a diferencia de otros cereales como el trigo, maíz y sorgo, el arroz contiene mayor cantidad de aminoácidos y se caracteriza por no contener gluten⁷ (Pincioli, 2010, p.34).

El arroz palay está provisto de cáscara después de la trilla, esto significa que los granos de arroz siguen revestidos de una cáscara que los envuelve firmemente. Una vez realizado el proceso de industrialización y separado de la cáscara o pericarpio, a través de molerlo y someterlo a un proceso de blanqueado, el arroz

⁷ En ocasiones el gluten aparece debido al proceso de cocción.

palay finalmente es transformado en arroz pulido o blanco y es utilizado principalmente para consumo humano.

2.2 Importancia mundial

En la actualidad el crecimiento de la población mundial ha sido un elemento determinante en la demanda de granos, el arroz se ubica en el segundo puesto en importancia a nivel mundial, sólo después del maíz, principalmente por el volumen de demanda de la población asiática esto según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAOSTAD, 2018). Según el Seguimiento del Mercado de Arroz (SMA), para diciembre de 2017 la producción mundial de arroz fue de 759.6 millones de toneladas y la superficie cosechada de 160 millones de hectáreas, los principales productores fueron los países asiáticos: China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam y Tailandia que concentran un total de 66% de la producción mundial. En América, Brasil es el principal productor ubicado en la novena posición a nivel mundial, Estados Unidos de América se encuentra en la décimo primera posición con 10.2 millones de toneladas anuales. México se ubica en la posición 66 de productores de arroz, con 179, 776 toneladas (FAOSTAD, 2018). La figura 1 muestra la producción por región geográfica, se considera 746 millones de toneladas, el continente asiático produce el 92% de arroz palay, América Latina y el Caribe y África un 4% de producción, respectivamente.

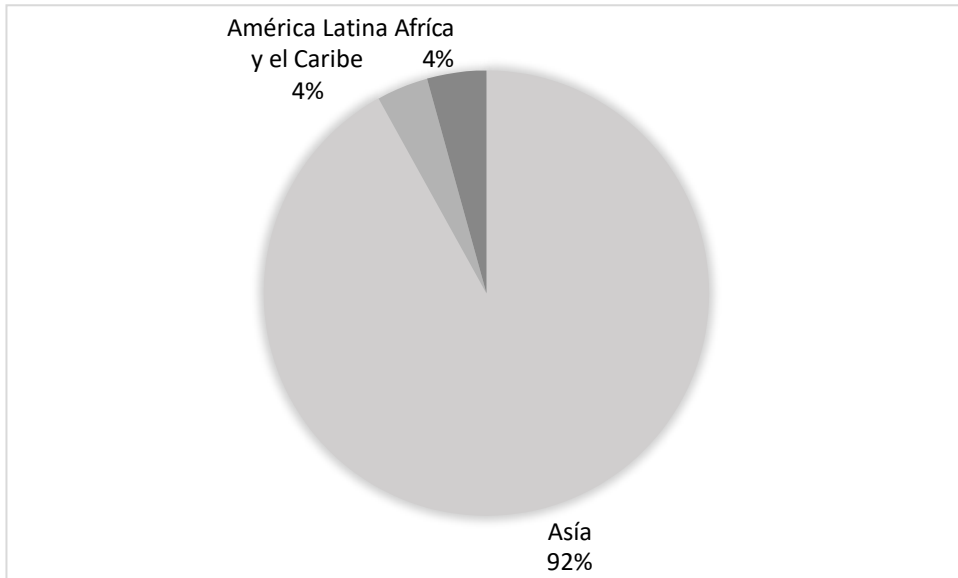


Figura 1. Producción de arroz palay por continente, 2017 (toneladas).

Fuente: Elaboración propia en base a <http://www.fao.org> (2018).

El comercio internacional del arroz se encuentra concentrado en la región asiática. Los principales países exportadores para 2017 por valor (miles de millones de dólares) fueron: India con 5.51, Tailandia con 4.53, Estados Unidos de América con 1.75, Pakistán con 1.75 y China y Vietnam con 1.51, respectivamente. La figura 2 considera el nivel de exportaciones de un total de 1402 millones de dólares y 40 millones 586 mil toneladas, el 85.35% de las exportaciones totales de arroz.

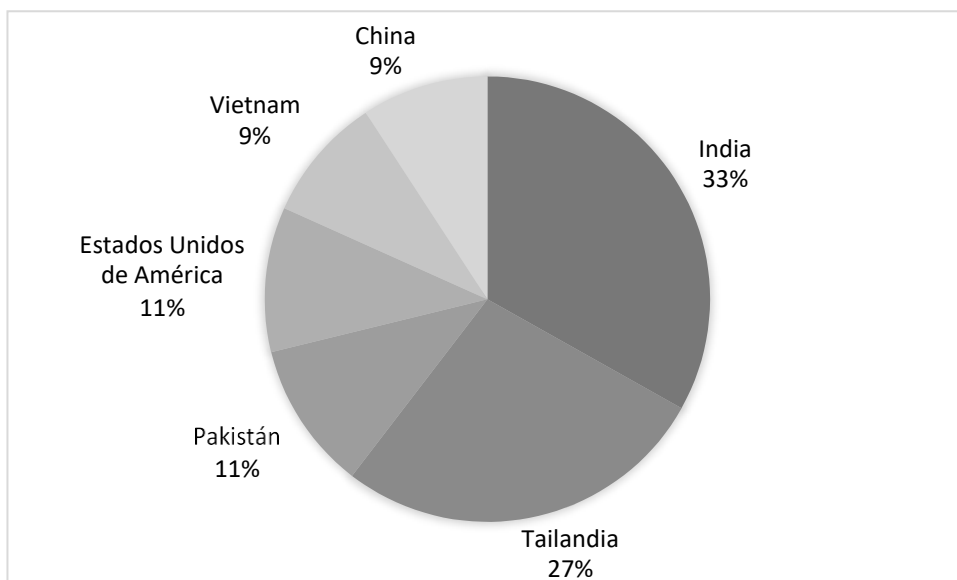


Figura. 2. Principales países exportadores de arroz en el mundo (miles de millones).

Fuente: Elaboración propia en base a <http://www.fao.org> (2018).

Los principales países importadores por valor se muestran en la figura 3. China importa 1.53 miles de millones de dólares, Arabia Saudita 926 millones de dólares, Benín 926 millones de dólares, Irán 906 millones y Emiratos Árabes Unidos 847 millones, en conjunto importan 14 millones, 825 mil toneladas, el 31.17% de las importaciones de arroz (FAOSTAD, 2018). Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, México se ubicó en el puesto 13 de los principales importadores de arroz con 870 mil toneladas, el 4% de la importaciones mundiales de arroz (USDA, 2018).

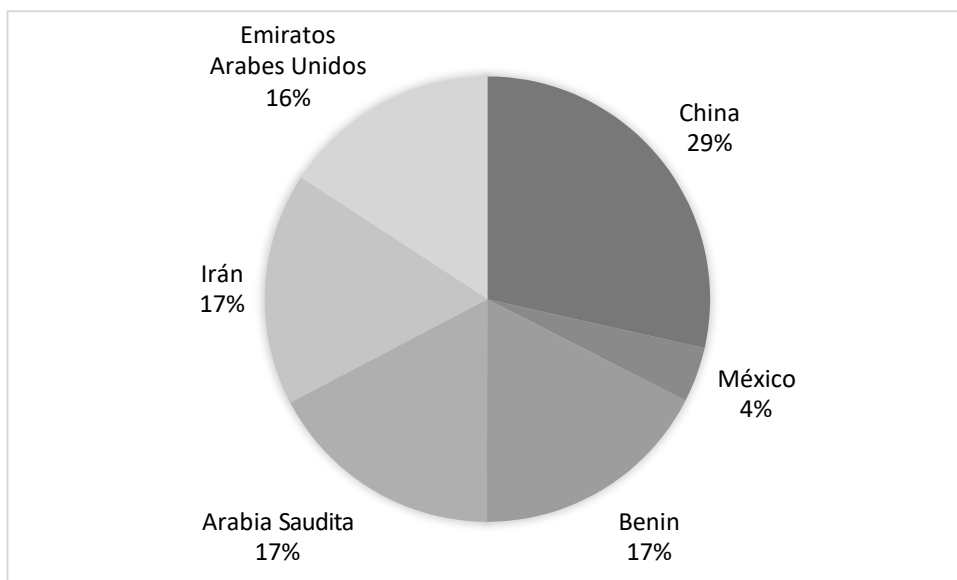


Figura 3. Principales países importadores de arroz en el mundo, 2017.

Fuente: Elaboración propia en base a <http://www.fao.org> (2018).

2.3 Importancia nacional

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016) la economía mexicana dividida en sus diferentes sectores ubica al sector primario como el de menor aporte al producto interno bruto, únicamente con un valor de tres por ciento. Dentro del subsector agrícola dividido por ramas, los cereales son el de mayor valor agregado, después de las frutas y hortalizas, con un valor de 23.2% y un total de 40.7% de superficie sembrada. Los cereales de mayor relevancia son: el maíz, frijol y sorgo, el arroz palay presenta poca relevancia en la producción.

El cambio económico, político y social de México, caracterizado por el nuevo modelo económico y la incorporación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) propició un proceso de reorientación de cultivos en la década de 1990. El cultivo del arroz presenta poca importancia económica para los productores, se manifiesta en una disminución de la superficie cosechada y en la disminución de la producción de arroz.

La superficie total sembrada y cosechada de arroz ha disminuido de 165 mil hectáreas en 1980 a 40 mil hectáreas en 2015, una merma del 62% y el rendimiento ha incrementado de 3.49 a 5.71 (toneladas/hectárea) para el mismo periodo, una medida de producción positiva para el cultivo.

La figura 4 muestra el volumen de producción por Estado, los principales Estados productores son Campeche, Colima, Nayarit, Tabasco, Tamaulipas, Jalisco, Veracruz y Morelos, la producción nacional de arroz en 2017 fue de 254 mil toneladas.

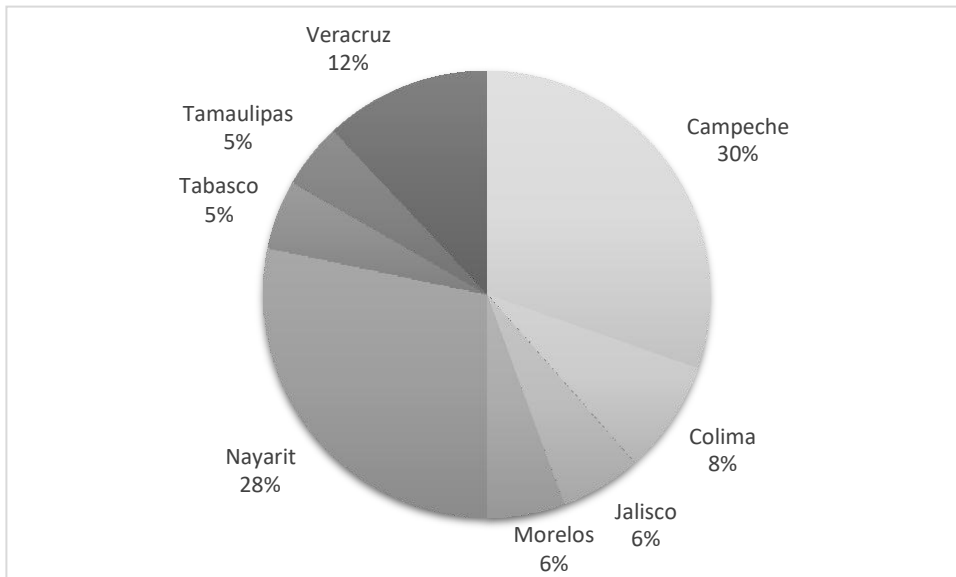


Figura 4. Principales productores de arroz palay en México, 2017.

Fuente: Elaboración propia en base a www.siap.com (2018).

La producción sólo es suficiente para abastecer el 21.26% de la demanda, es necesaria la importación de aproximadamente 929 mil 482 toneladas de arroz anuales.

En México la superficie sembrada de arroz ha disminuido y se ha optado por la siembra de maíz, o bien, productos de mayor rentabilidad aparentemente, principalmente en la región noroeste (Chávez, 2008). Flores (1993) afirma: “la

reorientación de la producción hacia cultivos de exportación en el Estado de Sinaloa reportó una caída fuerte en la superficie sembrada” (p.18). Sinaloa redujo el cultivo de arroz palay para concentrarse en cultivar maíz blanco.

Las condiciones técnicas de producción del cultivo del arroz palay se encuentra mecanizada en un 98.42% de la superficie cosechada. La sanidad vegetal (control de plagas) representa el 52.34% y la asistencia técnica un 46.66%. En cuestiones de riego, el 79.56% es bajo riego general y un 6.65% de riego de gravedad (SAGARPA, 2017, p.3). Cabe destacar que la producción bajo temporal se desarrolla únicamente en el Estado de Campeche, los demás Estados productores de arroz siembran bajo riego y su aportación bajo temporal resulta muy insignificante.

En la década de 1980-1990, el arroz se consideró un grano básico junto con el maíz, frijol y trigo, el consumo per cápita de arroz era de 3 a 9 kg anuales (Flores, 1993, p.31). La Ley de Desarrollo Rural Sostenible considera, por volumen de consumo per cápita y por gasto destinado a la compra del grano, al arroz un grano básico de suma importancia estimando un nivel de consumo per cápita de 8.5 kg y un total de 98% de la producción para consumo humano (SAGARPA, 2016a, p.2).

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

La primera revolución desde el punto de vista de la producción ha sido el descubrimiento de la agricultura, en el sentido que ésta permitió al hombre tener control sobre la producción de alimentos y con ellos desarrollar otras actividades. Dentro de las escuelas económicas, la primera corriente de pensamiento que considera a la producción como la fuente de valor son los Fisiócratas, para esta escuela, la producción agrícola es la única actividad que genera valor económico, Silvestre (1986) menciona: "... esta escuela considera a la agricultura como la única actividad realmente productiva porque es la única que genera un producto neto..." (p. 58). El análisis de la producción de la disciplina económica se aborda desde diferentes enfoques teóricos donde conceptos como producción, riqueza y excedente están íntimamente relacionados y tienen una interpretación de acuerdo con la teoría económica que se aborde (Pasinetti, 1984, p. 87).

A fines del siglo XVIII y XIX, surgieron economistas que desarrollan una doctrina económica basada en el análisis económico, la escuela clásica. La teoría de la producción pertenece a la corriente de economistas neoclásicos, "para ellos la teoría de la producción está basada en la maximización de ganancias y en la minimización de los costos" (Silvestre, 1986, p.65). Sin embargo, el análisis de la producción ya estaba formulado por los economistas clásicos: Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus, entre otros. Por tanto, el análisis de la producción clásica difiere de la teoría neoclásica de la empresa y se debe tener cuidado al referirse a una de ellas.

Para los clásicos, la producción es la única actividad que crea valor y se encuentra determinada por diversos factores. El economista clásico David Ricardo analiza la producción y la distribución de manera conjunta, incorpora las diferentes clases sociales y los factores productivos que poseen. Ricardo, clasifica las clases sociales en tres: 1) capitalistas; 2) trabajadores y 3) terratenientes. Los primeros subsisten mediante ganancias o utilidades, los segundos mediante salarios y los terceros mediante un esquema de rentas (Roll, 2016, p. 170). Para Ricardo, la producción se incrementa acompañada de un

incremento de extensión agrícola (ET), es decir, un aumento de las tierras destinadas a la siembra de cultivos, esto bajo el supuesto de que ya se han agotado el incremento de los rendimientos⁸. Así, cuando la extensión agrícola aumenta, la producción (Y) también lo hace y viceversa, por tanto, la relación existente es positiva:

$$Sí: \uparrow T \uparrow Y$$

Respecto al nivel de precios (P), al incrementarse la extensión agrícola (ET) los precios aumentan. Cuando existe un incremento en la extensión agrícola, los costos de producción aumentan, esto debido a que las tierras que se incorporan son de una menor calidad y el costo de producir en ellas es mayor⁹, así el precio será determinado por las tierras de peor calidad y por tanto los precios aumentan (Fellner, 1963, p. 84), por tanto:

$$Sí: \uparrow Y \uparrow P$$

Si retomamos la primera relación (producción y extensión agrícola, (T=Y) implícitamente estamos diciendo que:

$$Sí: \uparrow ET \uparrow P$$

Napoleoni (1981) menciona: Los precios aumentan invariablemente cuando las tierras que se incorporan a la producción son más pobres, pero se requieren para producir alimentos (p.158). Considerando las condiciones técnicas de producción invariables de las tierras iniciales o las de mejor calidad estas tienen un costo marginal menor al determinado por las tierras de peor calidad, que son las que determinan el precio. Considerando una condición inicial 1) el costo marginal es igual al costo medio y al precio. Posteriormente, situación 2) al incorporarse una unidad más de producción, es decir, otras tierras, el precio de mercado ahora es determinado por este último, así el nuevo precio es igual a un mayor costo

⁸El aumento de la extensión agrícola no se llevará a cabo hasta que el rendimiento de las tierras haya caído en la proporción correspondiente.

⁹Supuesto fundamental en la teoría de la renta de David Ricardo.

marginal (CMg_2). Por último, 3) el nuevo precio es mayor al costo de producción de las tierras iniciales, a esa diferencia se le denomina renta clásica (4).

$$1. CMg_1 = CMe_1 = P$$

$$2. P_2 = CMg_2 = CMe_2 > CMg_1$$

$$3. P_2 > CMg_1$$

$$4. R = P_2 - CMg_1$$

Según David Ricardo, la renta es un pago al propietario de la tierra de mayor fertilidad, el terrateniente se apropia de una porción de valor creado en tierras de menor fertilidad, debido a que tiene mejores condiciones de producción, por tanto, una estructura de costo marginal es menor al del mercado (Roll, 2016, p. 128). Suponiendo la existencia de renta en otros cultivos, entonces, la renta creada en los demás cultivos forma parte del costo requerido para obtener una cantidad dada en el cultivo considerado (Fellner, 1963, p.86).

3.1 Función de producción

La función de producción muestra el nivel de producción obtenida a diferentes combinaciones de insumos con una tecnología dada. La expresión matemática de la función de producción de la escuela neoclásica se representa en la ecuación uno, es la interacción de tres factores: tierra, trabajo y capital:

$$1. \text{ Ecuación: } Y = F(K, L, T)$$

Donde:

Y: producción

K: capital

L: trabajo

T: tierra

Esta postura ha sido muy aceptada dentro de la economía y ha sido utilizada para determinar los límites de la producción y a su vez para proponer leyes de distribución a cada factor productivo.

Una definición formal de la función de producción es:

“Una función de producción es una representación gráfica del nivel de producción obtenida a partir de la combinación de insumos o factores de producción, para cada combinación de insumos, la función de producción muestra el nivel resultante de producción” (Froyen, 1990, p. 42).

La figura 5, muestra el comportamiento de la función de producción, el límite es la frontera de posibilidades de producción y mide el volumen máximo que se puede obtener con una cantidad existente de factores (Varian, 2010, p. 348). Así, considerando un horizonte temporal de mediano plazo, donde al menos uno de los factores permanece variable y se retoma el postulado de la ley de rendimientos marginales decrecientes a escala, donde cada unidad adicional de los insumos involucrados en la producción de un bien aporta cada vez menor volumen de la producción, cuando la productividad marginal de cada insumo se anula es el nivel máximo de producción (Y^* , K^*).

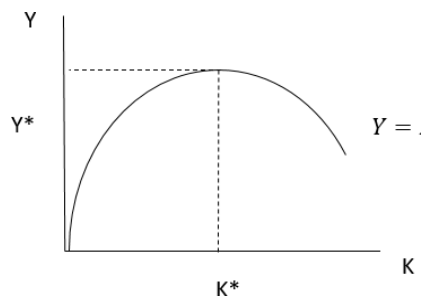


Figura 5. Función de producción

Fuente: Elaboración propia en base a Varian (2010).

3.2 Oferta y demanda

El mercado es el lugar donde se realiza la asignación de bienes y servicios, a partir de la interacción de oferentes y demandantes de bienes y servicios, así se determina el precio de mercado de un bien y la cantidad de producción necesaria para abastecer al mercado. La figura 6 muestra un equilibrio de mercado entre la curva de oferta y la curva de demanda (Varian, 2010, p. 7).

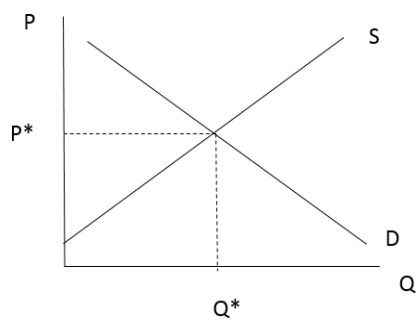


Figura 6. Equilibrio de mercado de competencia perfecta

Fuente: Elaboración propia en base a Varian (2010).

La curva de oferta es una abstracción de las leyes que rigen el comportamiento de los productores dentro del mercado de un bien, en un mercado competitivo la oferta tiene una relación directa entre el precio y la cantidad (Varian, 2010, p. 7). Las características esenciales de esta se resumen en dos: 1) existirá una relación positiva entre precio y cantidad; y 2) contiene implícita a la producción, que comprende el conjunto de habilidades productivas de la sociedad, dadas las condiciones de tecnología existente, figura 7.

La ley de la oferta menciona:

Si los demás factores permanecen constantes, cuando más alto sea el precio de un bien, mayor será la cantidad ofrecida de dicho bien; y mientras menor sea el precio de un bien, menor será la cantidad ofrecida... ¿Por qué un precio más alto

aumenta la cantidad ofrecida? Se debe al *costo marginal creciente*... No vale la pena producir un bien si el precio recibido por él no cubre, al menos, el costo marginal. Así cuando aumenta el precio de un bien, y el resto de los factores permanecen constantes, los productores estarán dispuestos a incurrir en un costo marginal más alto y aumentarán la producción (Parkin y Loria, 2010, p.66).

La curva de la demanda es una abstracción de las leyes que rigen el comportamiento de los consumidores dentro del mercado. La figura 7 muestra la curva de la demanda, es aquella que relaciona la elección óptima con los diferentes valores de los precios y las rentas (Varian, 2010, p. 79). Las características esenciales son dos: 1) existe una relación negativa entre precio y cantidad y 2) de manera implícita se encuentra la teoría del consumidor o teoría de las preferencias.

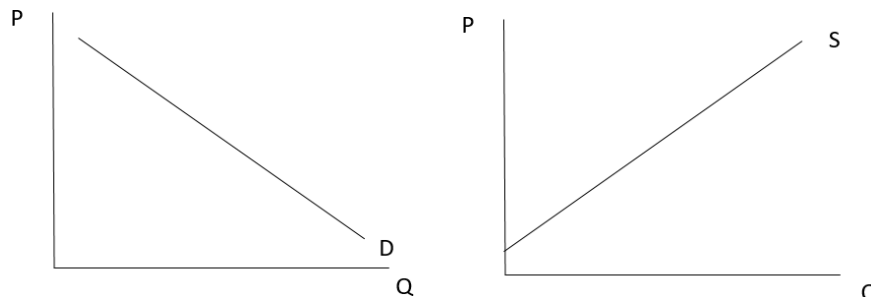


Figura 7. Curva de demanda y curva de oferta

Fuente: Elaboración propia en base a Varian (2010).

La oferta de un producto además de estar condicionada por la tecnología y por los factores de producción, está condicionada por los beneficios económicos que se pueden obtener de la producción. Los factores determinantes de la oferta son:

- I. Los precios de los factores
- II. Los precios de los bienes relacionados
- III. Los precios futuros esperados

IV. El número de oferentes

Los precios de los bienes y servicios relacionados con un bien influyen sobre la decisión de oferta de este; los bienes son sustitutos de producción porque se producen con los mismos recursos; los bienes complementarios en la producción se producen de manera conjunta, por tanto, las decisiones de producción de un productor afectan al otro (Parkin y Loria, 2010, p. 72). La figura 8 muestra los cambios que sufre la oferta de un bien, ante cambios en los factores determinantes. Si nos situamos en la curva inicial S_0 un aumento de los precios de los factores, un aumento de los precios de bienes sustitutos de producción, un decremento en las expectativas de precios y un mayor número de oferentes desplazarán la curva de oferta hacia la izquierda a S_1 , decidiéndose así una menor cantidad de producción. Caso contrario sería, partiendo de S_0 , un decremento de los precios de los factores, un decremento de los precios de bienes sustitutos de producción, un incremento en las expectativas de precios y un menor número de oferentes, la curva de oferta se desplazaría hacia la izquierda a S_2 , decidiéndose así una mayor cantidad de producción.

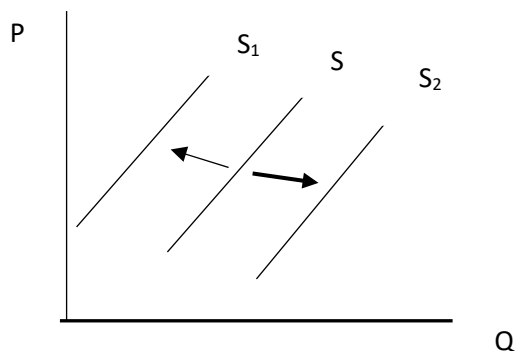


Figura 8. Desplazamientos de la curva de oferta

Fuente: Elaboración propia en base a Varian (2010).

La oferta se diferencia de la cantidad ofrecida en el sentido de que esta última, refleja la cantidad de un bien que los productores están dispuestos a llevar al

mercado a un precio particular y la oferta muestra la relación completa de producto y precio (Parkin, 2010, p. 66).

En palabras de Alfred Marshall (1890) un pilar fundamental de la oferta es la sustitución:

“... el principio dinámico de la «sustitución» puede verse actuar, haciendo que la demanda y la oferta de cualquier serie de agentes de producción sean influenciadas por conductos indirectos, por los movimientos de la demanda y de la oferta de los demás agentes, aunque estén situados en campos de industria muy apartados... el significado estricto de la competencia parece ser la lucha de una persona con otra, de la relación de una oferta de compra u oferta de venta” (p. 14-23).

La diferencia principal de la ciencia económica respecto a otras disciplinas es la existencia de una amplia cantidad de teorías existentes para la interpretación de la realidad. Por ejemplo, la teoría subjetiva del valor y la teoría del valor trabajo, ambas buscan determinar el valor real de un bien, pero parten de diferentes escuelas, supuestos y axiomas¹⁰. Para poder analizar un fenómeno, la teoría económica formula modelos, éstos representan leyes que rigen y abstraen la realidad e interpretan las características esenciales.

Un modelo es una representación simplificada de la realidad. La ciencia formula un concepto, más amplio de modelo: “el modelo económico es una interpretación formalizada y simplificada de la realidad sustentada con teoría, los supuestos y axiomas de la doctrina económica buscan leyes y relaciones causales consistentes” (De la Garza, et al., 2010, p. 15).

Loria (2007) menciona: “en un esfuerzo por darle científicidad a la economía a través del uso creciente de los métodos cuantitativos ha sido determinante el campo de la modelación económica, la cual busca la formalización de la teoría económica” (p.25). La modelación económica brinda científicidad al análisis de la

¹⁰ Escuelas económicas de diferente orientación: Teoría Marginalista y la Teoría Marxista.

realidad en la medida que permite ampliar y formalizar los fenómenos económicos.

3.3 Modelo econométrico

La ciencia económica tiene diferentes tipos de modelos: 1) algebraicos, 2) geométricos, 3) econométricos, entre otros. Un modelo econométrico es una abstracción de la realidad, se apoya en leyes y relaciones causales de la teoría o doctrina económica, a través de la sistematización matemática. A partir de ellos se genera un marco descriptivo y explicativo para hacer introspecciones o especulaciones (Loria, 2007, p. 31). El modelo econométrico se ocupa de calcular valores numéricos preciso a partir de la estimación de una función de probabilidad. La discusión surge entorno al potencial de la técnica y al valor estimado que vincula la teoría económica. Así, surge la econometría, Ruprah y Sabau, (1984, citado en Loria, 2007, p. 35) menciona:

“... la econometría permite incorporar en forma explícita y reproducible tanto las consideraciones teóricas como la información empírica y los juicios generados en el proceso de la investigación. Con esto, un modelo econométrico es una alternativa -dentro de varias- de plantear y contrastar conocimiento que ayuda a entender y cuestionar la realidad, previendo una base explícita y precisa para la discusión”.

La econometría es un análisis de regresión de ecuaciones de comportamiento. Por ejemplo, Toro, et al., (2010), mencionan: “los modelos econométricos y específicamente la función de producción son utilizados como una herramienta de análisis que ayuda en la toma de decisiones tanto a nivel económico general (macro) como en el ámbito de la dirección de empresas (micro) (p.5)”. El análisis permite plantear una ecuación que muestre la relación existente entre una variable dependiente “ Y_i ” (variables a explicar o endógena) y variables independientes “ X_i ” (variables explicativas o exógenas). La forma general de un modelo econométrico lineal multivariado se muestra en la ecuación 4:

$$4. Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_4 X_4 + \beta_i X_i + e_i$$

Donde:

β_i : parámetros del modelo

X_i : variable independiente

Y_i : variable dependiente

e : error estocástico (representa todo lo que está fuera del modelo)

El método más utilizado para generar el modelo de comportamiento es resultado de la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios. La ecuación cinco muestra de manera formal el modelo estimado:

$$5. Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i X_i + e_i$$

Donde:

β : Parámetros estimados del modelo

e : error estocástico (representa todo lo que está fuera del modelo)

3.3.1 Propiedades de los modelos econométricos

El método de cuadrados mínimos es un procedimiento para encontrar la ecuación de regresión estimada usando datos de una muestra. Existe dos criterios en el método de mínimos cuadrados ordinarios: 1) minimizar la suma de las desviaciones, elevadas al cuadrado; y 2) minimizar la suma de las desviaciones absolutas, (Anderson, et al., 2004, p. 541).

$$1) \text{ Min } \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$2) \text{ Min } \sum (Y_i - \hat{Y}_i)$$

Un modelo econométrico consistente debe cumplir con los siguientes requisitos: 1) normalidad; 2) homocedasticidad; e 3) independencia, a través del contraste de hipótesis.

- I. Normalidad: la normalidad se refiere a que las perturbaciones u_i de un modelo econométrico deben tener una distribución normal, es decir, media cero y varianza constante σ^2 .

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

- II. Homocedasticidad: se refiere a la varianza constante de las perturbaciones o errores u_i , sin importar el valor de X. (Gujarati y Porter, 2010, p.64).

$$E(u_i^2) = \sigma^2 \quad \forall i = R$$

Aplicando la prueba de White-Arch, la hipótesis nula debe probar que los errores del modelo son homocedásticos, para no rechazar H_0 , el valor de la probabilidad de los estadísticos debe ser menores a 0.10 (Martínez, 2013, p. 70).

- III. Independencia: existe independencia cuando no hay autocorrelación entre las perturbaciones. Dados dos valores cualesquiera de X, por ejemplo, X_i y X_j , la correlación entre los dos errores u_i y u_j cualesquiera ($i \neq j$) es cero. En pocas palabras, estas observaciones se muestran de manera independiente.

$$\text{cov}(u_i, u_j | x_i, x_j) = 0$$

$$\text{cov}(u_i, u_j) = 0, \text{ si } X \text{ no es estocástica}$$

Donde i y j son dos observaciones diferentes y Cov significa covarianza (Gujarati y Porter, 2010, p. 66).

3.3.2 Prueba de “t”

El contraste de parámetros se realiza mediante la prueba de “t”, donde la hipótesis nula es que la variable X_j incluida en el modelo no tiene influencia significativa alguna, esto es:

$$H_0: \beta_j=0$$

Pulido (1987, citado en Toro, et al., 2010) menciona: siendo esta hipótesis aceptada si β_j queda comprendiendo entre los valores de t .

$$\Pr(-t_{e/2} \leq \beta_j \leq t_{e/2}) = 1 - e$$

Cuando la significancia es menor a 0.05, la hipótesis nula de no significancia de la variable es rechazada, en otras palabras, se acepta la hipótesis alternativa de la existencia de un efecto de la variable X_j en el valor que toma la variable dependiente (Toro, et al., 2010, p. 19).

Una prueba de significancia conjunta o general de la regresión estimada implica que;

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = 0$$

Es decir, si Y está relacionada o no linealmente con X_2 y X_3 a la vez, esta prueba se realiza debido a que, al hacer las pruebas de significancia individuales, suponemos que cada prueba de significancia se basa en una muestra diferente, independiente, por tal motivo se obtiene un intervalo de confianza o una prueba de significancia conjunta¹¹(Gujarati y Porter, 2010, p. 237). Sea $(1 - \alpha)^2$, porque los intervalos pueden no ser independientes cuando se derivaran con la misma información (Gujarati y Porter, 2010, p. 238).

Esto es:

¹¹ La razón intuitiva para esto es que, en una prueba conjunta de varias hipótesis, cualquier hipótesis simple se ve “afectada” por la información de las demás hipótesis.

$$\Pr(\beta_2 - t_{\alpha/2} \text{ee} \leq (\beta_2) \leq \beta_2 + t_{\alpha/2} \text{ee} (\beta_2)) = 1 - \alpha$$

$$\Pr(\beta_2 - t_{\alpha/2} \text{ee} \leq (\beta_2) \leq \beta_2 + t_{\alpha/2} \text{ee} (\beta_2)) = 1 - \alpha$$

Las pruebas de significancia son individualmente ciertas, pero no es cierto que se encuentren al mismo tiempo en los siguientes intervalos:

$$(\beta_2 \pm t_{\alpha/2} \text{ee} \leq (\beta_2) \beta_3 \pm t_{\alpha/2} \text{ee} (\beta_3))$$

La hipótesis conjunta de significancia de los parámetros puede ser elaborada mediante una ficha técnica de análisis de varianza (ANOVA), mediante:

$$\sum_i Y^2 = \beta_2 \sum y_i x_{2i} + \beta_3 \sum y_i x_{3i} + \sum_i u^2$$

$$SCT = SCE + SCR$$

La suma de cuadrados total (SCT) tiene como es usual $n-1$ gl, y la suma de cuadrados de residuos (SCR) tiene $n-3$ gl. La suma de cuadrados explicada (SCE) tiene $n-2$ gl, pues es función de β_2 y β_3 . Por tanto, se muestra que según el supuesto de normalidad de los errores U y la hipótesis nula $\beta_2 = \beta_3 = 0$, la variable F se distribuye como la distribución F con 2 y $n-3$ gl (Gujarati y Porter, 2010, p. 238).

La prueba de significancia conjunta se muestra de la siguiente manera:

$$F = \frac{\beta_2 \sum y_i x_{2i} + \beta_3 \sum y_i x_{3i}}{\sum_i u_i^2} = \frac{\frac{SCE}{gl}}{n-3}$$

El coeficiente de determinación, también llamada la bondad del ajuste de la línea de regresión a un conjunto de datos; es una medida de que tanto se ajusta una línea de regresión a los datos. Gujarati y Porter (2010) mencionan:

“... si todas las observaciones cayesen en la línea de regresión, obtendríamos un ajuste perfecto, pero rara vez se presenta este caso. Por lo general hay algunas

u_i positivas y algunas u_i negativas. Se tiene la esperanza de que estos residuos alrededor de la línea de regresión sean lo más pequeños posibles. El coeficiente de determinación r^2 (caso de dos variables) o R^2 (regresión múltiple) es una medida comprendida de ajuste de la línea de regresión muestral a los datos¹² (p.73).

El coeficiente de determinación se representa de la siguiente manera:

$$R^2 = \frac{\sum(Y_i - \bar{y})^2}{\sum(Y_i - \bar{y})^2} = \frac{SCE}{SCT}$$

3.4 Elasticidad

La elasticidad se utiliza para medir el cambio de una variable ante cambios en otra variable. Nicholson (2008) menciona: “Dado que estas medidas se concentran en el efecto proporcional que el cambio de una variable tiene en otra, éstas no están sujetas a unidades; es decir, las unidades “se cancelan” cuando se calcula la elasticidad” (p. 27). Este concepto fue utilizado por el economista inglés Alfred Marshall. Matemáticamente la elasticidad se expresa como:

$$e_{y,x} = \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{x}{y} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{x}{y}$$

Donde:

- 1) Si la variación porcentual de la variable dependiente Y es mayor que la variación porcentual de la variable independiente X, la relación es elástica, ya que la variable dependiente reacciona en mayor cantidad.
- 2) Si la variación porcentual de la variable dependiente Y es menor que la variación porcentual de la variable independiente X, la relación es inelástica, ya que la variable dependiente reacciona poco o menor cantidad.
- 3) Si ambas reaccionan en la misma proporción existe elasticidad unitaria (1).

¹² R^2 mide la proporción o el porcentaje de la variación total en Y explicada por el modelo de regresión.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Metodología general

La metodología propuesta tiene como objetivo identificar y analizar los factores que determina la superficie cosechada de arroz palay en México. El análisis surge de elementos teóricos de la escuela clásica, la teoría de la oferta y teoría de la renta. Para los fines de la investigación la metodología comprende los siguientes métodos: 1) primer bloque, análisis gráfico de variables analizadas, construcción de índices de dependencia comercial, consumo nacional aparente y tasas de crecimiento del periodo; 2) segundo bloque, un modelo econométrico en su versión clásica de ecuaciones de comportamiento de la producción de arroz palay, un análisis de las elasticidades de las variables explicativas. La superficie cosechada de arroz palay se modela en función de: la producción, el precio medio rural de arroz rezagado en un periodo, la superficie cosechada de maíz, el precio medio rural de maíz.

4.2 Variables

Las variables utilizadas para el análisis provienen de las siguientes fuentes. Los precios medios rurales nominales (\$/t)¹³ fueron recabados de la base de datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIACON-SIAP, 2018) para el periodo 1980-2017, posteriormente se realizó una transformación mediante el índice nacional de precios al consumidor, para poder construir precios reales, deflactarlos¹⁴ con el INPC1980=100. La producción de arroz palay, la superficie cosechada de arroz palay, superficie cosechada de maíz y rendimiento¹⁵ también se obtuvo de la base de datos de SIACON-SIAP expresada en toneladas y hectáreas totales (riego más temporal). Para las

¹³ Pesos por tonelada.

¹⁴ Se dividió el valor nominal por el índice de precios y se multiplicó por 100, base 1980.

¹⁵ Rendimiento medido en toneladas por hectáreas.

importaciones la fuente de 1980 a 2003 es USDA (2018) y FAOSTAD (2018), de 2004 a 2017 se obtuvo del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, 2018).

4.2.1 Variables reales

Las variables reales medidas en superficie y volumen utilizadas para el análisis del cultivo del arroz se definen de la siguiente manera:

Producción agrícola (Y): volumen de producto que se logró levantar en determinada superficie cosechada (SAGARPA, 2016b. p. 385) (para fines de la investigación es la producción anual medida en toneladas, comprende la producción de riego más temporal).

Superficie cosechada (SC): área que reportó producción agrícola; esta variable se genera a partir de que inicia el levantamiento del producto, que puede ser en una sola ocasión o en varios cortes como ocurre con los cultivos de recolección (SAGARPA, 2016b. p. 386) (para fines de la investigación se mide en hectáreas contempla la superficie en riego y en temporal).

Rendimiento (RD): resultado de la división de la producción obtenida entre la superficie cosechada. En muchos casos puede ser un dato y no un cálculo, debido a que se puede generar a partir de la medición física del producto en un laboratorio (SAGARPA, 2016b. p. 386) (para la investigación es el cociente de la producción total entre la superficie cosechada, se mide en toneladas por hectárea).

Exportaciones (EX): cantidad de producción nacional llevada al extranjero para abasto de mercados internacionales.

Importaciones (IM): cantidad de producción del extranjero introducida al mercado nacional para abasto de mercados nacionales

4.2.2 Variables nominales

Las variables nominales son medidas en valores se definen de la siguiente manera:

Precio medio rural (PMR): precio pagado al productor de primera mano, ya sea que se considere la parcela, el predio y/o la zona de producción; esto quiere decir que el precio no incluye los beneficios económicos obtenidos por los productores a través de programas de apoyos otorgados por el gobierno federal y/o estatal; tampoco debe de considerar gastos de traslado y clasificación cuando el producto se lleva a centro de venta (SAGARPA, 2016b. p. 385).

Valor de la producción (VP): cuantificación monetaria de la producción al precio pagado a los productores por volumen.

Tipo de cambio: expresa el valor de la moneda nacional en términos de una moneda extranjera, su función es expresar el valor de los bienes y servicios en términos de la moneda local y así poder calcular los precios relativos. (Krugman, 2012, p. 329).

4.3 Índices

Un índice es una medida estadística que permite realizar un análisis del comportamiento y situación de una variable en el tiempo y hacer proyecciones.

1. Consumo nacional aparente (CNA) expresa de manera numérica la cantidad de producción que se abastece por el mercado interno. El consumo nacional aparente se calcula de la siguiente manera, ecuación 6.

$$6. CNA = (Y + IM) - X$$

Mij: importaciones del producto *i* en el país *j*

Qij: producción doméstica del bien *i* en el país *j*

Xij: exportaciones del producto *i* en el país *j*

2. Índice de dependencia comercial refleja la importancia de las importaciones en el consumo interno. Entre mayor sea el valor del índice existe mayor dependencia del mercado externo y entre menor sea, el mercado interno presenta gran capacidad para abastecer el producto (Caamal, 2017, p. 87). El índice de dependencia comercial es el cociente de las importaciones entre el consumo nacional aparente ecuación 7 (cantidad más importaciones menos exportaciones).

$$7. G_{ij} = M_{ij} / (Q_{ij} + M_{ij} - X_{ij})$$

G_{ij} : grado de penetración de las importaciones del bien i en el país j

4.3.1 Balanza Comercial Relativa

Índice de balanza comercial relativa se utiliza para identificar la competitividad de los productos que se destinan a la exportación, puede ser interpretado como un índice de ventaja competitiva, señala la ventaja competitiva si el resultado es un valor positivo y si el resultado es negativo, indica desventaja competitiva del producto (García, *et al.*, 2000 citado en Caamal, 2017, p. 81). Si el valor de la operación que se muestra en la ecuación 8 es entre -1 y 0, el país es un importador neto del producto y cuando el valor se encuentra entre 0 y 1, el país tiene ventaja comparativa y se convierte en exportador neto.

$$8. BCR = \frac{X - M}{X + M}$$

4.3.1 Tasas de crecimiento

Una tasa de crecimiento es un indicador importante de la evolución y comportamiento de una variable en un periodo determinado. Las tasas de crecimiento del periodo y la tasa de crecimiento anual se calculan de la siguiente manera:

1. Tasa de crecimiento del periodo:

$$9. T_{cp} = \left(\left(\frac{VF}{VI} \right) - 1 \right) * 100$$

La tasa de crecimiento del periodo es el resultado del valor final entre el valor inicial, menos uno, por cien.

2. Tasa de crecimiento anual del periodo:

$$10. T_{cpa} = n \sqrt[n]{\frac{VF}{VI}} - 1$$

La tasa de crecimiento promedio anual es la raíz "n" del cociente del valor final entre el valor inicial, menos uno.

4.4 Modelo propuesto

El modelo propuesto tiene el objetivo de explicar la superficie cosechada de arroz palay (riego más temporal) en el periodo 1980-2017 en México. A su vez, también tiene el objetivo de explicar el comportamiento de las variables explicativas y mostrar su comportamiento. El modelo se plantea con un total de 38 observaciones por variable y una periodicidad anual. El modelo econométrico se evalúa en el paquete estadístico Statistical Analytics Software (SAS).

El modelo econométrico es el siguiente:

$$SC_a = \beta_0 + \beta_1 Y_a + \beta_2 SCM + \beta_3 PMRRA_{t-1} + \beta_4 PMRNM + e_i$$

Donde:

β_i : parámetros del modelo

SC_a : Superficie cosechada de arroz palay

Y_a : producción de arroz

SCM : superficie cosechada de maíz

$PMRRA_{t-1}$: precio medio rural real de arroz rezagado en un periodo

$PMRNM$: precio medio rural nominal de maíz

e_i : error estocástico

Dada la teoría de la oferta, teoría de la demanda y la teoría de la renta de David Ricardo, los signos de los parámetros deben ser:

$\beta_0 >$: independientemente de las variables explicativas, este parámetro refleja si existe un margen de siembra de arroz.

$\beta_1 > 0$: existe una relación directa entre la producción de arroz y la superficie cosechada. El incremento de la producción, únicamente se puede realizar cuando se aumentan la superficie cosechada.

$\beta_2 < 0$: existe una relación indirecta entre la superficie cosechada de arroz y la superficie cosechada de maíz, en el sentido de que, dada la teoría de la oferta existe un efecto desplazamiento de la producción, es decir, un efecto sustitución.

$\beta_3 > 0$: existe una relación directa entre el precio medio rural real del arroz y la superficie cosechada de arroz. Dada la teoría de la oferta, las expectativas de mejores precios incentivan la producción del cultivo y por tanto la superficie cosechada de arroz.

$\beta_4 < 0$: existe una relación indirecta entre el precio medio rural nominal del maíz y la superficie cosechada de arroz. Dada la teoría de la oferta, los cambios en los precios de bienes relacionados desincentivan la producción del cultivo y por tanto la superficie cosechada de cultivos de menor rentabilidad, en este caso del arroz.

u_i : Error estocástico (representa todo lo que está fuera del modelo).

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Comportamiento de las variables de producción y comercio

5.1.1 Producción

La figura 9 muestra el comportamiento de la producción, se presentó una máxima producción en 1985 con 804 mil 293 toneladas de arroz palay; una tendencia negativa hasta 1993; una recuperación hasta 1998, nuevamente una tendencia negativa hasta 2002 y una recuperación hasta 2006. El periodo muestra una mínima de 178 mil 787 toneladas en 2013. Por último, de 2014 a 2017 se observa una tendencia positiva. La producción tiene una tasa de crecimiento del periodo de -99.40% y una tasa de crecimiento promedio anual de -1.128, la producción ha disminuido más de la mitad.

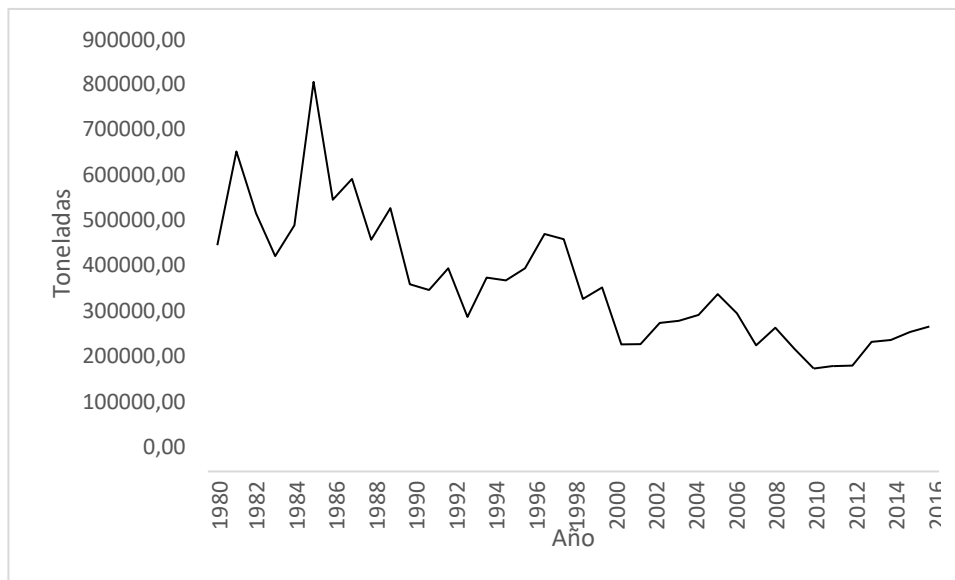


Figura 9. Producción de arroz palay en México 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.1.2 Superficie cosechada

La superficie cosechada en México tiene una tendencia negativa para el periodo analizado. La figura 10 muestra un nivel máximo de 216 mil 633 hectáreas para 1985, posteriormente una tendencia negativa hasta 1993 con 58 mil 939 hectáreas, una recuperación hasta 1997 con 113 mil 492 hectáreas. Se observa una tendencia negativa, con leves recuperaciones de 2002 a 2006, de 2007 a 2012 una tendencia decreciente y de una recuperación de 2014 a 2017, de 35 mil 192 a 41 mil 559 hectáreas respectivamente. La superficie cosechada de arroz (SC) tiene una tasa de crecimiento del periodo de -67.37% y una tasa de crecimiento promedio anual de -1.11.

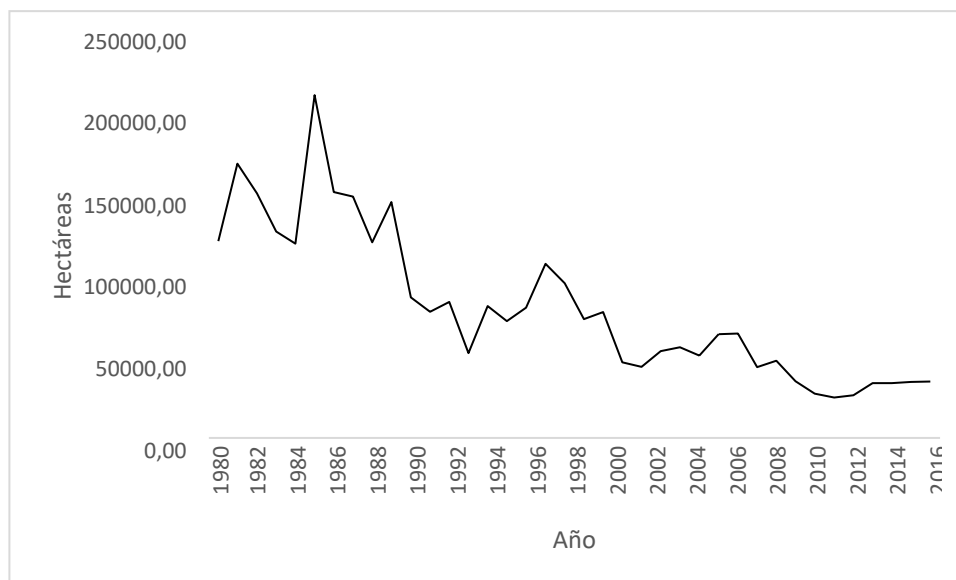


Figura 10. Superficie cosechada de arroz palay en México, 1980-2017

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.1.3 Rendimiento

El rendimiento tiene una tendencia positiva para el periodo analizado. La figura 11 muestra la tendencia del rendimiento en el periodo analizado. Se observa de 1993 a 2007 niveles de entre cuatro a cinco toneladas por hectárea. En 2010 se llega a niveles de 5.12 y niveles máximos de 6.39 para el último año 2017. El valor promedio del rendimiento para el periodo es de 4.65. El rendimiento presenta una tasa de crecimiento del periodo de 83.09% y una tasa de crecimiento promedio anual de 0.995, han existido mejoras en el indicador¹⁶.

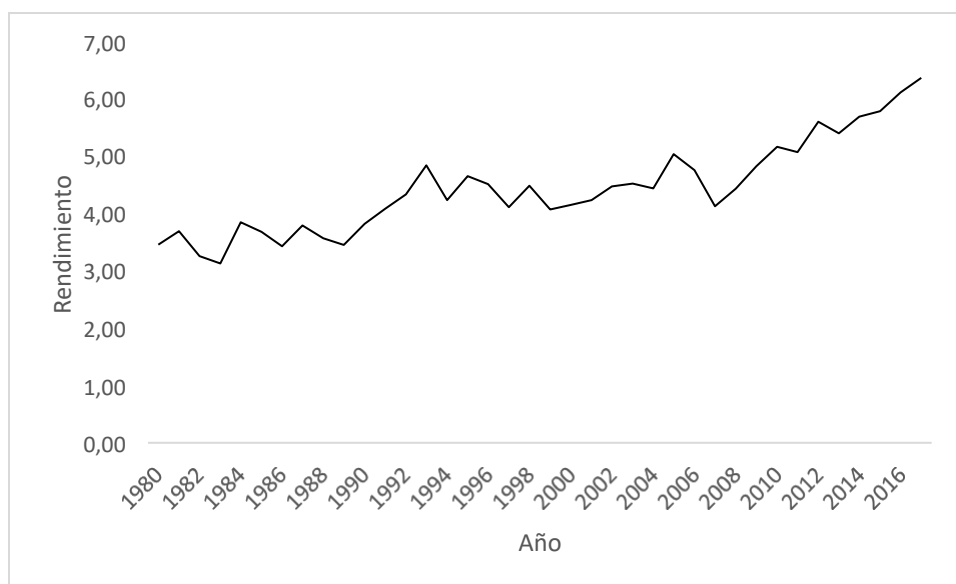


Figura 11. Rendimiento de arroz palay en México, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

¹⁶ Recuérdese que el rendimiento por hectárea es una medición más del comportamiento agrícola, requiere de conocer el volumen de producción y dividirlo entre el número de hectáreas cosechadas.

5.1.4 Valor de la producción

El valor de la producción tiene una tendencia positiva en terminos nominales, en la figura 12 se observan caídas en 1994 y 2001. Sin embargo, hay una tendencia positiva de 2002 a 2014, año en el que se presenta una recuperación hasta 2017 con un millon 94 mil 48.11 dólares. El valor nominal de la producción presenta una tasa de crecimiento del periodo de 417.07% y una tasa de crecimiento promedio anual de 1.038, esto refleja un incremento en el valor de la producción.

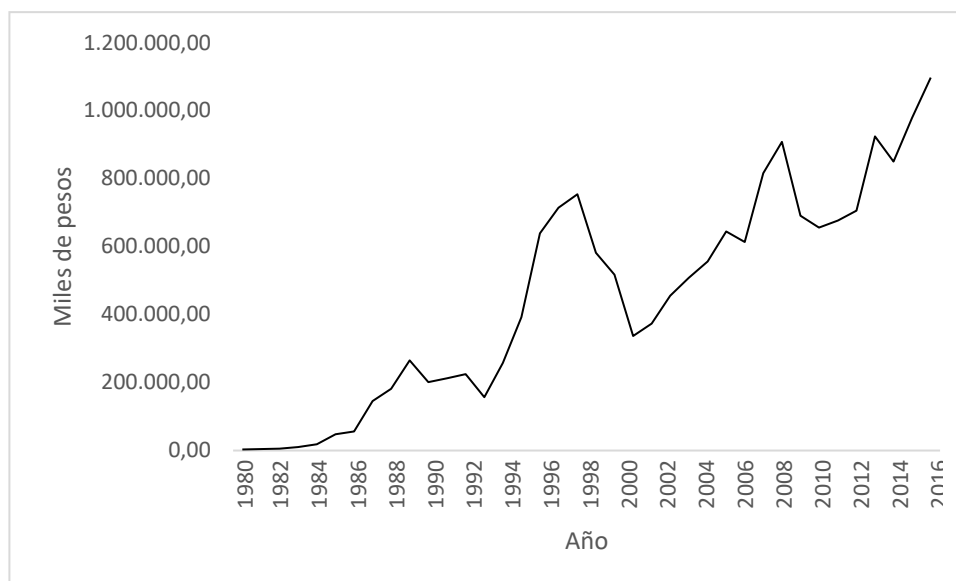


Figura 12. Valor de la producción nominal de arroz en México, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

La figura 13 muestra el valor de la producción en términos reales base 1980, se observa una tendencia negativa. El nivel máximo fue en 1985 con 3 millones 919 mil pesos, a partir de 1986 comienza una tendencia negativa con un valor mínimo de 444 mil pesos en 2002. El valor de la producción en términos reales presenta una tasa de crecimiento del periodo de -327.07% y una tasa de crecimiento

promedio anual de -1.28, esto representa un decremento en el valor de la producción.

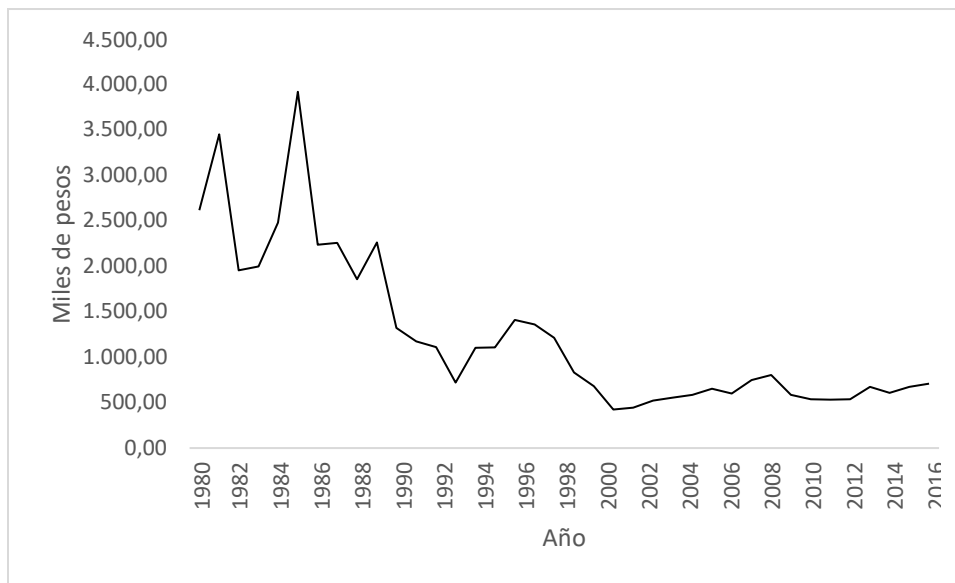


Figura 13. Valor de la producción de arroz palay 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.1.5 Balanza comercial

En lo que respecta al comercio internacional la figura 14 muestra la tendencia de las importaciones, exportaciones y la balanza comercial para el periodo. Las exportaciones son escasas, dentro de la figura se representan niveles de cero. Las importaciones crecieron durante 1991 de 81 millones 631 mil dólares a 312 millones 900 mil dólares durante 2008, su máximo nivel del periodo, posteriormente se observa oscilaciones entre los 200 millones de dólares, una caída en 2015 con 191 millones de dólares y una recuperación hasta 2017 con 254 millones de dólares. La balanza comercial presenta niveles negativos desde 1999, debido a la creciente importación de arroz palay, así como la nula exportación de arroz palay para el periodo.

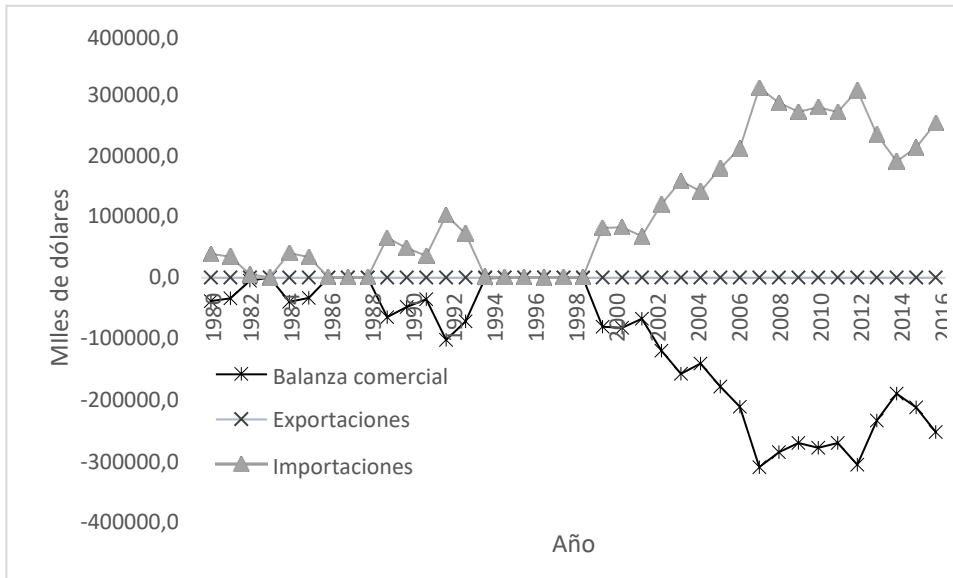


Figura 14. Balanza comercial de arroz palay, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.1.6 Precio medio rural real

El comportamiento del precio medio rural nominal real del arroz y el precio medio rural real del maíz se observa en la figura 16. El precio medio rural real del arroz (PMRRA_{t-1}) mantiene una tendencia muy similar al precio del maíz. Se observa un precio mayor del arroz de 1980 a 1988, posteriormente el maíz presenta un precio mayor de 1999 a 2007, la tendencia se invierte y el arroz vuelve a ponerse por encima del maíz. De 2008 a 2017 las tendencias se invierten constantemente, incluso en los últimos años el arroz presenta un precio real ligeramente mayor que el maíz, esto refleja que el precio no ha tenido grandes cambios.

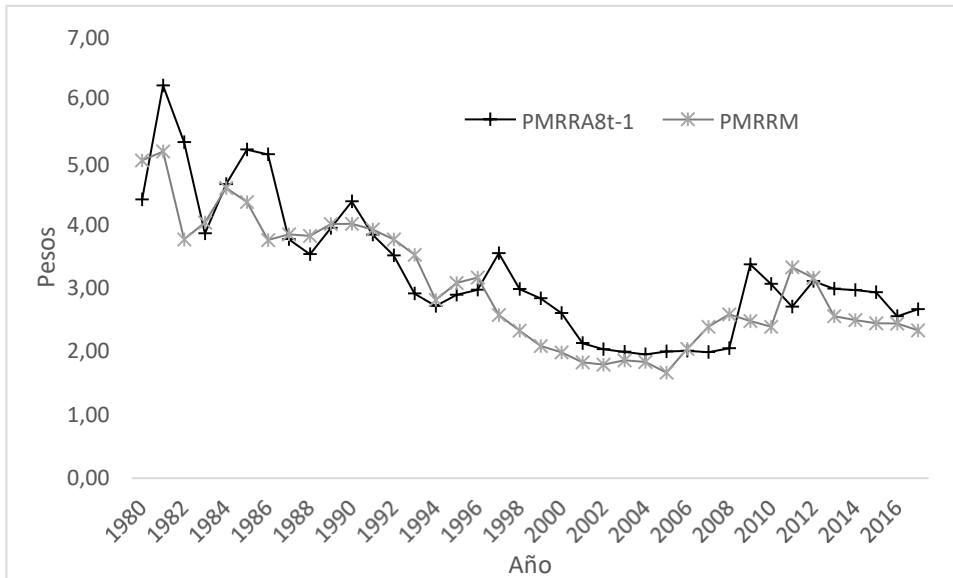


Figura 16. Precio medio rural real de arroz palay y del maíz en México 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.1.7 Superficie cosechada de maíz

La figura 17 muestra el comportamiento de la superficie cosechada de maíz para el periodo analizado. Se observa de 1980 a 1994 una tendencia positiva, llegando a su nivel máximo en 1994 con 8 millones 193 mil 968 hectáreas, posteriormente una tendencia negativa hasta 2011 llegando a un nivel de 6 millones 69 mil 91 hectáreas, a partir de ahí se observa una recuperación de 2012 a 2017 con 7 millones 589 mil 86 hectáreas.

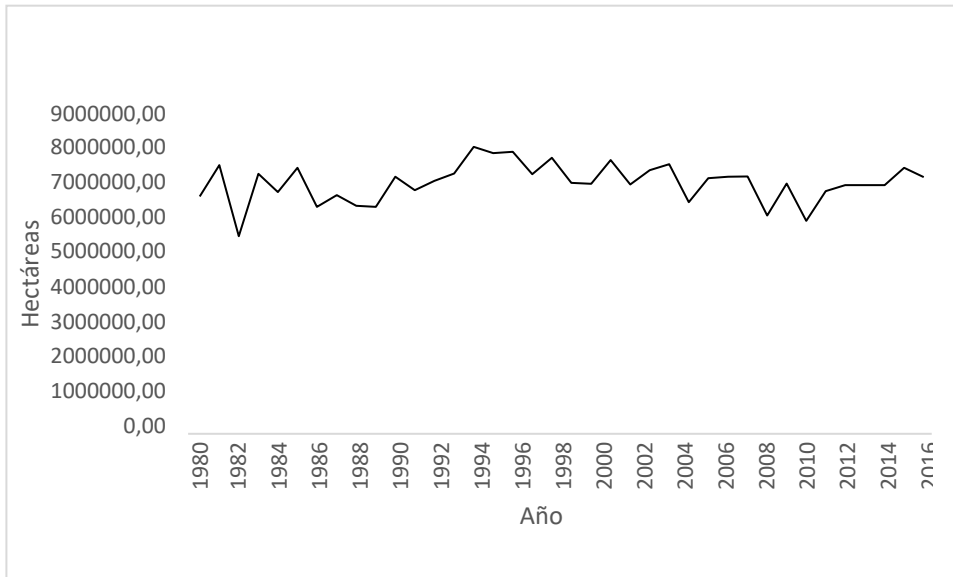


Figura 17. Superficie cosechada de maíz, riego más temporal, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.2 Comportamiento de los índices

5.2.1 Balanza comercial relativa

La balanza comercial relativa del arroz en México tiene valores negativos durante todo el periodo. Por tanto, es un importador neto de arroz palay. La figura 15 muestra niveles de -1 para casi todos los años, exceptuando 1986 a 1989 y 1997 a 2000, años en los que disminuyó el nivel de importaciones, pero siempre manteniendo niveles negativos en el índice, por tanto, México no tiene ventaja competitiva de arroz palay.

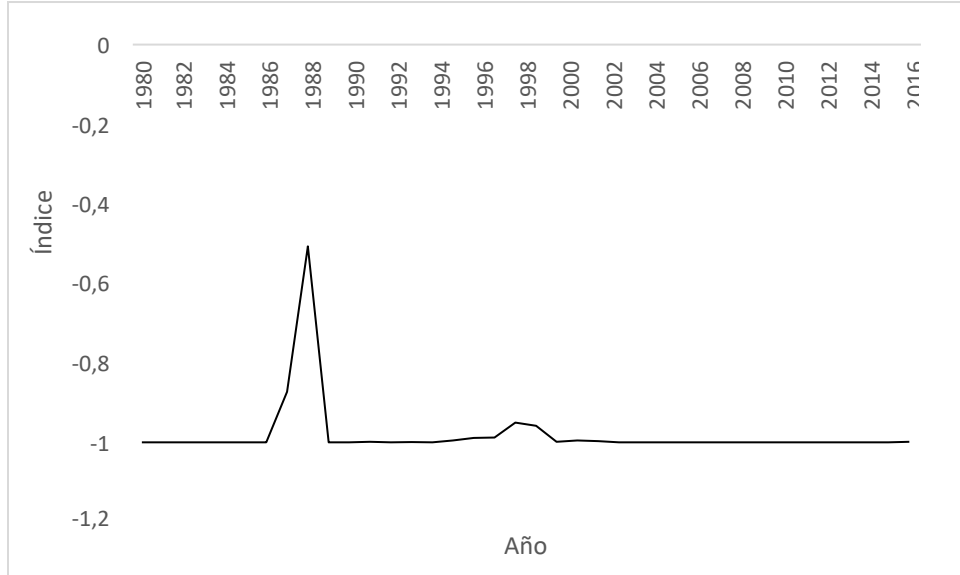


Figura. 15. Balanza comercial relativa del arroz palay, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAVI, USDA y FAOSTAD, 2018

5.2.2 Consumo nacional aparente

Se observa una tendencia creciente en el consumo nacional aparente (CNA) para el periodo analizado 1980-2017. La figura 18 muestra la dinámica de este indicador. Se observa gran fluctuación de 1980-1998, un máximo de un millón 194 mil 311 toneladas para 1994; se observa un aumento considerable hasta 2010 año en el cual comienza una baja y para 2014 con 829 mil 538 toneladas y una recuperación de un millón 161 mil 495 hectáreas en 2017. La producción presenta una tendencia negativa en comparación con el CNA, la producción muestra niveles de 180 mil 200 mil hectáreas.

$$CNA = (Y + IM) - X$$

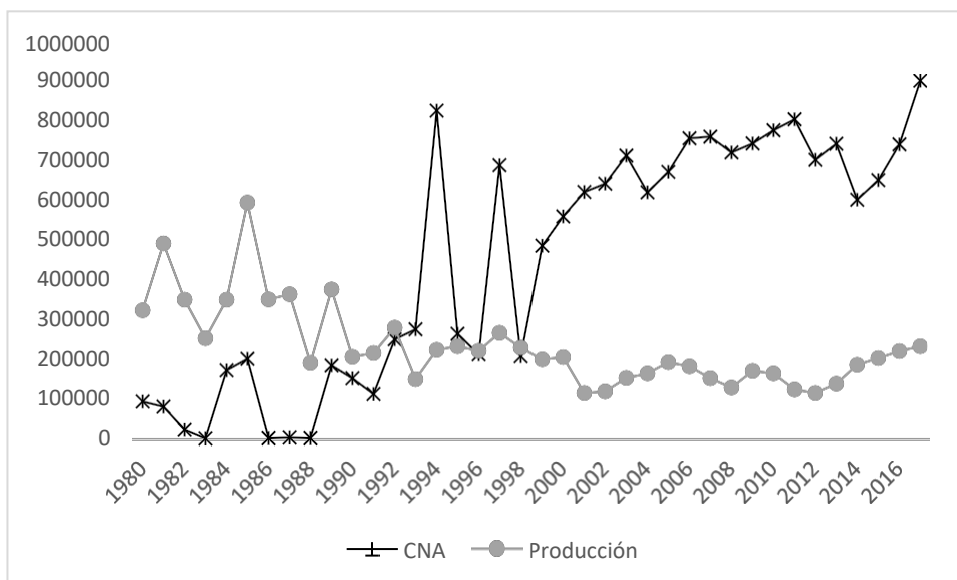


Figura 18. Consumo nacional aparente y producción de arroz palay en México, 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.2.3 Coeficiente de importación

La figura 19 muestra el comportamiento del coeficiente de importación. Se observa una tendencia positiva para el periodo analizado. De 1980 a 1990 se observan valores entre 0 y 0.3, solo en 1982, 1986 y 1988 se presentaron valores de cero: de 1991-1994 creció el coeficiente hasta llegar a 0.68; de 1994 a 1998 disminuye el coeficiente hasta llegar a valores de 0.31. A partir de 1999 incrementa el coeficiente, en 2002 llega a valor de 0.72, continua una tendencia creciente hasta 2010 que llega a su nivel máximo de 0.81, de 2010 a 2017 ronda en un valor de 0.7 a 0.8 puntos.

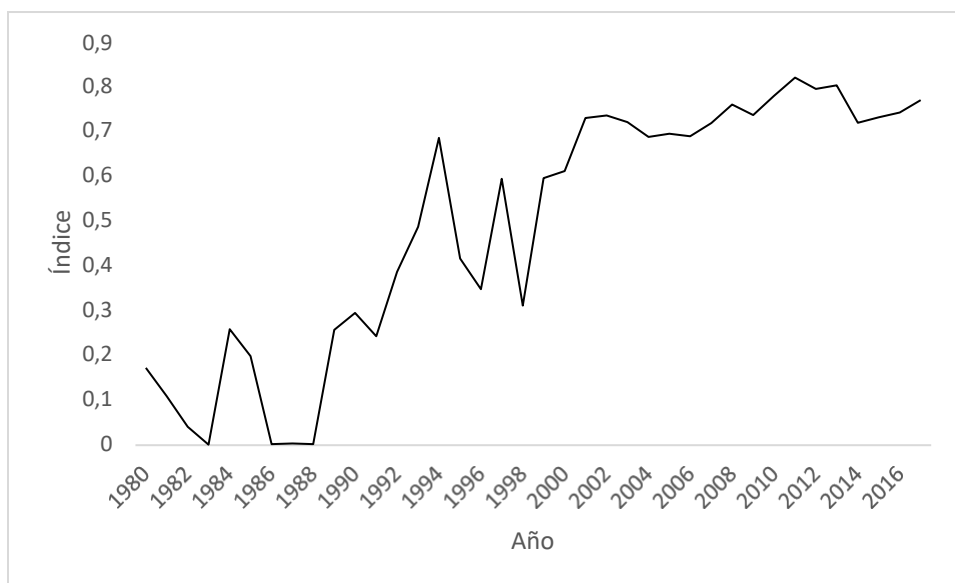


Figura 19. Coeficiente de importación de arroz palay, México 1980-2017.

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

5.3 Análisis econométrico

El resultado de los estimadores del modelo propuesto se muestra en la siguiente ecuación:

$$SC_a = 39408 + 0.256 Y_a - 0.00659 SCM + 3421.65 PMRRA_{t-1} - 5.884 PMRNM + e_i$$

Todas las variables son significativas a un nivel de confianza de 10%. La tabla 1 muestra los valores (columna Pr>|t|). La producción (Y) tiene un de 0.0001, la superficie cosechada de maíz (SCM) un valor de 0.0086, el precio medio rural real del arroz rezagado en un periodo (PMRRAT_{t-1}) un valor de 0.0839, el precio medo rural nominal del maíz (PMRNM) un valor de 0.0004, por tanto, todas las variables son significativas a un nivel de significancia de 10%.

El indicador variación de la inflación en la tabla 1 (columna ocho) indica si existe multicolinealidad en las variables explicativas. El indicador debe de tener un valor menor a diez para que las variables no presenten problemas de multicolinealidad.

La producción tiene un valor de 4.4, la superficie cosechada de maíz un valor de 1.23, el precio medio rural real del arroz un valor de 3 y el precio medio rural nominal del maíz un valor de 2.54, por tanto, se descarta la existencia de multicolinealidad en las variables.

Tabla 1. Significancia de las variables explicativas

Parámetros estimados							
Variable	DF	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr> t	Tolerancia	Variación de la Inflación
Término	1	39408	19199	2.05	0.0481	.	0
Ydependie	1	0.2563	0.0175	14.61	<.0001	0.2244	4.4554
SCM	1	-0.007	0.0024	-2.8	0.0086	0.8075	1.2384
PMRRAT	1	3421.7	1919.5	1.78	0.0839	0.3332	3.001
PMRNM	1	-5.888	1.4924	-3.95	0.0004	0.3935	2.5415

Fuente: elaboración propia base a SAS

El estadístico de prueba Durbin Watson debe estar en el rango de 1.5 a 2.5 para descartar problemas de autocorrelación de primer orden. Para el modelo estimado el valor del estadístico de prueba es de 1.865, se descarta la existencia de autocorrelación entre las variables explicativas.

La normalidad se expresa mediante el estadístico de prueba Shapiro Wilk y Kolmogorov Smirnov. Para la existencia de normalidad estos estadísticos deben de ser mayores a 0.10. La tabla 2 muestra los valores, 0.11 para Shapiro Wilk y 0.15 para Kolmogorov Smirnov, por tanto, se acepta el supuesto de existencia de normalidad de las variables.

Tabla 2. Pruebas de normalidad

Prueba para normalidad				
Prueba	--Estadístico--		P-valor	
Shapiro-Wilk	#11 X	0.95388	Pr<W	0.1196
Kolmogorov-Smirnov	D	0.07042	Pr>D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.03008	Pr>W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.29183	Pr>A-Sq	>0.2500

Fuente: elaboración propia base a SAS

El coeficiente de determinación debe tener valores cercanos a uno para mostrar un buen margen de explicación del modelo. El modelo presenta valores de $r^2=0.9783$ y el $R^2=0.9757$ el modelo está explicando la superficie cosechada.

5.4 Análisis económico

De acuerdo con la teoría económica los signos de las variables tienen los siguientes valores. El parámetro estimado β_0 es positivo, independientemente de las variables explicativas, existe un margen de siembra de arroz, el valor del parámetro es de 39 mil 408 hectáreas. El parámetro estimado β_1 es 0.2563 por tanto, un incremento de la producción de una unidad genera 0.2563 de incremento en la superficie cosechada. El parámetro estimado β_2 tiene un valor de -0.007 la superficie cosechada de arroz y la superficie cosechada de maíz tienen un efecto sustitución. Por tanto, al incrementar la superficie cosechada de maíz en una unidad, la superficie cosechada de arroz disminuye en -0.007 hectáreas. El parámetro estimado β_3 es positivo y de valor 3421.7 el precio medio rural real del arroz incentivan la producción del cultivo y por tanto la superficie cosechada de arroz. El parámetro estimado β_4 es negativo de valor -5.88, existe una relación indirecta entre el precio medio rural nominal del maíz y la superficie

cosechada de arroz, al incrementarse en una unidad el precio nominal del maíz la superficie cosechada de arroz disminuye en 5.88 hectáreas.

5.5 Elasticidades

La elasticidad es la medida de reacción de una variable respecto a otra. La tabla 3 muestra las elasticidades de las variables del modelo. La variable producción presenta una elasticidad mayor a uno, es decir la superficie cosechada aumenta en una proporción de 1.033% cuando la producción aumenta en uno por ciento. La superficie cosechada de maíz presenta una elasticidad negativa, al incrementarse en uno por ciento la superficie cosechada de arroz disminuye en 0.54%. El precio medio rural real de arroz presenta una elasticidad positiva, al incrementarse en uno por ciento el precio medio rural la superficie cosechada de arroz se incrementa en 0.129%. Finalmente, el precio nominal de maíz presenta una elasticidad negativa, al incrementarse el precio nominal del maíz en uno por ciento, la superficie cosechada de arroz palay disminuye en 0.105%.

Tabla 3. Elasticidades de las variables del modelo

Modelo superficie cosechada	
Producción	1.033
Superficie cosechada de maíz	-0.54
Precio real de arroz (t-1)	0.129
Precio nominal del maíz	-0.105

Fuente: Elaboración propia base a SAS

6. CONCLUSIONES

El arroz palay presentó tendencias negativas en la producción, la superficie cosechada, balanza comercial relativa y consumo nacional aparente, esto representa un abandono del cultivo. Uno de los factores que suavizó el decremento en la producción fue el incremento en el rendimiento, una medida de productividad positiva, pero no suficiente para incrementarse el nivel de dependencia. En el análisis gráfico, el precio rural del arroz y el precio rural del maíz presentaron tendencias similares y hacia la baja, según la teoría económica de la oferta esto representa mejoras en las condiciones de producción de ambos cultivos y mejoras para la agricultura, debido a la disminución de costos de productos agrícolas y pocos incentivos para la sustitución de arroz a maíz, debido a que los precios relacionados mantienen una tendencia similar.

El análisis del modelo econométrico de la superficie cosechada de arroz cumple con los requisitos necesarios de normalidad de los estimadores y los parámetros estimados son insesgados, lineales y de varianza mínima. El modelo muestra consistencia en los signos de los parámetros de las variables explicativas de acuerdo con la teoría económica, sin embargo, los determinantes de la producción y de la superficie cosechada el precio medio rural del arroz, la superficie cosechada de maíz y el precio medio rural del maíz tienen poco impacto en la superficie cosechada.

El análisis plantado representa una propuesta de abordaje práctico del análisis de la producción agrícola. Sin embargo, las variables planteadas representan abstracciones que pueden no incluir sucesos o condiciones importantes en el mercado del cultivo. Por tanto, la propuesta del modelo econométrico permite encontrar una relación teórica y práctica de la reacción implícita que existe en la producción y la extensión agrícola (superficie cosechada), deja abierta la posibilidad de mejorar la modelación posterior del sector agrícola.

El cultivo del arroz palay en los últimos años está mejorando las condiciones de producción, en términos de productividad, pero no por volumen, por tanto, se

requieren incentivos agrícolas que logren abastecer una mayor cantidad del mercado nacional ya que el abandono del cultivo incrementa la dependencia comercial del mercado internacional.

LITERATURA CITADA:

- AGROSÍNTESIS, (julio, 2017). La producción y consumo de arroz en México. Ciudad de México, México. Recuperado de https://www.agrosintesis.com/la-produccion-consumo-arroz-mexico/#.W_bSTugzaUk
- Anderson, D., Sweeney, D, y Williams, T. (2004). *Estadística para administración y economía*. Ciudad de México, México: Math Learning, Octava Edición.
- Caamal, I., Pat, V., Jerónimo, F., Álvarez, X., y Deviana, F., y Ramos, J. (2017). *Contexto económico y competitividad en el mercado mundial del limón persa de México*. Estado de México, México: UACH.
- Chávez, L. (2008). La política agrícola en México, 2000-2006. *Comercio exterior*, 58(7), 876-884. Recuperado de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/121/4/RCE4.pdf>
- De la Garza, M., Castro, B., y González, L., (2010). *Introducción a la teoría económica*. Ciudad de México, México: UAM-A.
- FAO. (2017). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos básicos. Programa especial para la seguridad alimentaria PESA Centroamérica. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://www.educacionbogota.edu.co/archivos/Destacados/2013/simonu/FAO%20PARTE%202.pdf>
- FAOSTAD. (2018). *Base de datos estadísticos de la FAO*. FAO Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAO-SMA. (2018). Seguimiento del Mercado del arroz de la FAO SMA, Recuperado de <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Fellner, W. (1963). *Origen y contenido del análisis económico moderno*, Ediciones Ariel, Barcelona, España: Ariel
- Flores, A. (1993). *La producción de arroz en Tabasco. Un reflejo de la producción arrocería en México*, Estado de México, México: PIIAI-CIESTAM, UACH.
- Flores, V. y Schwentesius, R. (2001), Razones para renegociar el TLCAN en el sector de granos y oleaginosas de México” en, *Estrategias para el cambio en el campo mexicano*. Coordinadores Gómez, M y Schwentesius, R. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y Agricultura Mundial. México.
- Froyen, R. (1997). *Macroeconomía teorías y políticas*. Ciudad de México, México: PHH Prentice Hall
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill, Quinta Edición.

- Hernández, J., y Dimían, M. (2009). Efecto del cambio de precios de garantía a PROCAMPO en precios del productor, sin incluir efecto de importaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(2) recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000200011
- INEGI. (2016). *Estructura porcentual del producto interno bruto por sector de actividad económica*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/cuadrostadisticos/GeneraCuadro.aspx?s=est&nc=785&c=24393>
- INIFAP. (2015). *Agenda técnica agrícola de Sinaloa*. Ciudad de México, México. Segunda Edición. Recuperado de [file:///C:/Users/75145/Downloads/25_Sinaloa_2015_SIN%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/75145/Downloads/25_Sinaloa_2015_SIN%20(1).pdf)
- Krugman, P., Obstfeld, M., y Melitz, M. (2012). *Economía internacional, teoría y política*. Madrid, España; Pearson.
- Loria, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*. Ciudad de México, México: Pearson, primera edición.
- Martínez, L. (abril, 2013). Modelo econométrico para el volumen de producción de maíz en cultivo de riego (1980-2011). *Tiempo Económico*, 23(VIII) UAM-A. Recuperado de <http://tiempoeconomico.azc.uam.mx/wp-content/uploads/2017/08/23te5.pdf>
- Napoleoni, C. (1981). *Fisiocracia, Smith, Ricardo, Marx*. Barcelona, España: Oikos-tau, s.a.
- Nicholson, W. (2008). *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones*, Ciudad de México: Cengage Learning. Novena Edición.
- OECD y FAO (2016), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2016-2025, OECD Publishing, París. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-es
- Parkin, M., y Loria, E. (2010). *Microeconomía, versión para Latinoamérica*. Ciudad de México, México: Pearson, Novena Edición.
- Pasinetti, L. (1987). *Lecciones de la teoría de producción*. Ciudad de México, México: FCE. Segunda Edición.
- Pinciroli, M. (2010). *Proteínas de arroz propiedades estructurales y funcionales* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires Argentina.
- Puyana, A., Romero, J. (2004). *Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo agropecuario del TLCAN*. Ciudad de México, México. CEE. EL COLMEX
- Rodríguez, M. (2007). *Determinación de la composición química y propiedades físicas y químicas del pulido de arroz (Oriza Sativa)*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- Roll, E. (2016). *Historia de las doctrinas económicas*. Ciudad de México, México: FCE.
- SAGARPA (2010). *Situación actual y perspectivas del arroz en México, 1990-2010*. SIAP. Recuperado de http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/ESTUDIOS_E_INVESTIGACIONES/SIAP/arroz.pdf
- SAGARPA. (2016a). *Atlas agroalimentario*. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/atlas-agroalimentario-2016-siap-presenta-los-exitos-del-campo-mexicano>
- SAGARPA. (2016b). *Norma técnica para la generación de estadística básica agropecuaria y pesquera*. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/normatividad-estadistica>
- SAGARPA. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017-2030, arroz mexicano*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256423/B_sico-Arroz.pdf
- SIAP. (2018). *Base de datos estadísticos de la SAGARPA*. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/
- SIAP. (2018). *Estadísticas agropecuarias*. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do
- SIAVI. (2018). Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. Recuperado de <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- Silvestre, J. (1986). *Fundamentos de economía*. Ciudad de México, México: Interamericana.
- Swaminathan. M.S., UNESCO. (1984). *La larga marcha de una poderosa gramínea*. El correo, diciembre, Pp. 5-8. Recuperado de <file:///C:/Users/AnaLizbeth/Documents/Civilizaciones%20dell%20arroz,%20UNESCO,1984.pdf>.
- Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero., R., Perea, J., Vera, R. (2010). Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción. *Revista de producción animal y gestión* 1(1). Universidad de Córdoba, España. Recuperado de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos%205B1%5D.pdf
- Tucuch, C. Trejo, L. García, S. Gómez, F. (2017). La producción y consumo de arroz en México. *Agrosíntesis*. Recuperado de <https://www.agrosintesis.com/la-produccion-consumo-arroz-mexico/>

USDA. (2018). *Estadísticas, Departamento de agricultura de los Estados Unidos*.
Base de datos. Recuperado de <https://www.usda.gov/topics/data>

Varian, (2010). *Microeconomía intermedia*. Barcelona, España: Antoni Boch.

Octava Edición.

ANEXOS

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE ARROZ PALAY EN MÉXICO, 1980-2000.

Año	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción Miles de pesos corrientes
1980	127395.0	445083.0	3.5	5.9	2616.9
1981	174792.0	650747.0	3.7	6.8	4440.7
1982	156682.0	515241.0	3.3	9.7	5001.1
1983	133326.0	421050.0	3.2	22.0	9242.6
1984	125800.0	488050.0	3.9	37.4	18264.2
1985	216633.0	804293.0	3.7	58.7	47249.2
1986	157414.0	544623.0	3.5	101.9	55478.3
1987	154613.0	590398.0	3.8	245.6	145000.4
1988	126630.0	456413.0	3.6	396.2	180812.6
1989	151264.0	526516.0	3.5	501.4	263987.8
1990	93077.0	358523.0	3.9	559.2	200473.9
1991	84181.0	346033.0	4.1	610.7	211332.7
1992	90335.0	393749.0	4.4	567.2	223343.0
1993	58939.0	287180.0	4.9	544.3	156321.1
1994	87796.0	373616.0	4.3	687.8	256974.6
1995	78439.0	367030.0	4.7	1066.1	391291.6
1996	86778.0	394075.2	4.5	1616.6	637069.2
1997	113492.0	469455.0	4.1	1516.1	711757.1
1998	101560.2	458112.2	4.5	1640.5	751520.6
1999	79727.8	326512.4	4.1	1775.7	579793.2
2000	84068.9	351446.5	4.2	1467.4	515701.0

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE ARROZ PALAY EN MÉXICO, 2001-2017.

Año	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (\$/Ton)	Valor Producción Miles de pesos corrientes
2001	53231.7	226638.6	4.3	1481.0	335657.6
2002	50457.2	227194.0	4.5	1639.2	372417.4
2003	60043.7	273266.2	4.6	1661.7	454087.1
2004	62389.9	278540.0	4.5	1816.6	506000.0
2005	57479.2	291149.0	5.1	1903.7	554246.7
2006	70469.6	337249.6	4.8	1906.2	642876.0
2007	70948.7	294697.2	4.2	2076.2	611849.0
2008	50285.7	224370.7	4.5	3626.6	813712.2
2009	54230.4	263027.5	4.9	3442.3	905425.5
2010	41747.8	216676.5	5.2	3176.2	688207.0
2011	34037.4	173460.8	5.1	3767.4	653493.5
2012	31795.3	178787.2	5.6	3775.0	674913.5
2013	33137.4	179775.8	5.4	3914.2	703676.4
2014	40642.4	232158.6	5.7	3968.2	921243.6
2015	40637.6	236017.9	5.8	3592.1	847791.2
2016	41411.8	254043.3	6.1	3841.1	975812.9
2017	41559.9	265567.3	6.4	4119.7	1094048.1

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, 2018.

CUADRO 2. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES COMERCIO DE ARROZ PALAY, 1980-2000.

Año	Exportaciones		Importaciones		Producción (Ton)	Balanza comercial Miles de dólares	Consumo Nacional Aparente (Ton)	Coeficiente de importación (Ton)
	Volumen	Valor	Volumen	Valor				
	(Ton)	Miles de dólares	(Ton)	Miles de dólares				
1980	0.0	0.0	92767.0	38879	445083.0	-38879.0	537850.0	0.172477457
1981	0.0	0.0	79840.0	34164	650747.0	-34164.0	730587.0	0.109281988
1982	0.0	0.0	21675.0	5399	515241.0	-5399.0	536916.0	0.040369443
1983	0.0	0.0	236.0	87	421050.0	-87.0	421286.0	0.00056019
1984	0.0	0.0	170455.0	40380	488050.0	-40380.0	658505.0	0.258851489
1985	0.0	0.0	199532.0	33644	804293.0	-33644.0	1003825.0	0.198771698
1986	150.0	31.0	999.0	381	544623.0	-350.0	545472.0	0.001831441
1987	280.0	85.0	2207.0	733	590398.0	-648.0	592325.0	0.003725995
1988	0.0	0.0	855.0	416	456413.0	-416.0	457268.0	0.001869801
1989	0.0	0.0	182324.0	65430	526516.0	-65430.0	708840.0	0.257214604
1990	77.0	13.0	150323.0	48599	358523.0	-48586.0	508769.0	0.29546415
1991	5.0	2.0	111360.0	35949	346033.0	-35947.0	457388.0	0.24346944
1992	118.0	59.0	248581.0	103105	393749.0	103046.0	642212.0	0.387070002
1993	19.0	0.2	273812.0	72135	287180.0	-72134.8	560973.0	0.488101923
1994	14.2	0.0	820710.0	1569.0	373616.0	-1569.0	1194311.8	0.687182359
1995	73.8	0.0	262580.0	531.0	367030.0	-531.0	629536.2	0.417100716
1996	41.7	0.0	210980.0	586.0	394075.2	-586.0	605013.5	0.348719491
1997	4409.7	0.0	684600.0	235.9	469455.0	-235.9	1149645.3	0.595488017
1998	3176.8	0.0	206060.0	482.6	458112.2	-482.6	660995.4	0.311741939
1999	0.0	0.2	482900.0	1007.2	326512.4	-1007.0	809412.4	0.596605614
2000	0.0	53.9	556011.0	81631.2	351446.5	-81577.4	907457.5	0.612712985

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP,

CUADRO 2. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES COMERCIO DE ARROZ PALAY, 2001-2017.

Año	Exportaciones		Importaciones		Producción (Ton)	Balanza comercial Miles de dólares	Consumo Nacional Aparente (Ton)	Coeficiente de importación (Ton)
	Volumen (Ton)	Valor Miles de dólares	Volumen (Ton)	Valor Miles de dólares				
2001	0.2	11.5	616627.0	82983.0	226638.6	-82971.5	843265.4	0.731237202
2002	0.0	0.0	637450.0	68259.8	227194.0	-68259.8	864644.0	0.737239801
2003	0.0	0.0	708691.6	120693.7	273266.2	-120693.7	981957.8	0.721712906
2004	0.0	0.0	616267.9	159217.2	278540.0	-159217.2	894807.9	0.688715285
2005	0.0	0.0	667690.5	142110.0	291149.0	-142110.0	958839.5	0.696352695
2006	0.0	0.0	751803.5	180029.2	337249.6	-180029.2	1089053.1	0.690327685
2007	0.2	0.0	755957.3	213529.8	294697.2	-213529.8	1050654.3	0.719511024
2008	53.9	0.3	716490.9	312900.2	224370.7	-312899.9	940807.7	0.761569975
2009	11.5	92.3	739209.4	288315.5	263027.5	-288223.2	1002225.4	0.737567967
2010	0.0	34.0	772326.8	273317.2	216676.5	-273283.2	989003.2	0.780914313
2011	0.0	0.0	799573.2	280879.5	173460.8	-280879.5	973034.0	0.821732039
2012	0.0	0.0	698241.3	272943.5	178787.2	-272943.5	877028.5	0.796144388
2013	30.9	0.0	738211.9	309130.9	179775.8	-309130.9	917956.8	0.804190215
2014	0.1	18.1	597379.5	236051.4	232158.6	-236033.3	829538.1	0.720135143
2015	0.0	0.1	646922.9	191767.2	236017.9	-191767.1	882940.8	0.732691132
2016	0.0	0.0	736445.6	214280.6	254043.3	-214280.5	990488.9	0.74351727
2017	0.0	0.0	895927.8	254921.4	265567.3	-254921.4	1161495.1	0.771357375

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, Banco de México, USDA, 2018.

CUADRO 3. VARIABLES DEL MODELO ECONÓMICO DE LA SUPERFICIE COSECHADA

Año	Producción (Ton) Y	Sup. Cosechada arroz (Ha) SC	Sup. Cosechada maíz (Ha) SCM	Precio Medio Rural Real del Arroz t-1 (\$/Ton) PMRRAT	Precio Medio Rural Nominal Maíz (\$/Ton) PMRNM
1980	445083.00	127395.00	6766120.00	4.70	5.02
1981	650747.00	174792.00	7668685.00	6.20	5.16
1982	515241.00	156682.00	5628526.00	5.31	3.77
1983	421050.00	133326.00	7420505.00	3.86	4.04
1984	488050.00	125800.00	6892682.00	4.65	4.58
1985	804293.00	216633.00	7589537.00	5.19	4.36
1986	544623.00	157414.00	6470501.00	5.12	3.76
1987	590398.00	154613.00	6804274.00	3.77	3.85
1988	456413.00	126630.00	6502639.00	3.54	3.83
1989	526516.00	151264.00	6469702.00	3.95	4.01
1990	358523.00	93077.00	7338871.00	4.37	4.02
1991	346033.00	84181.00	6946821.00	3.85	3.93
1992	393749.00	90335.00	7219233.00	3.52	3.77
1993	287180.00	58939.00	7428225.00	2.91	3.52
1994	373616.00	87796.00	8193968.00	2.72	2.81
1995	367030.00	78439.00	8020392.00	2.90	3.08
1996	394075.20	86778.00	8051241.00	2.98	3.17
1997	469455.00	113492.00	7406061.00	3.55	2.58
1998	458112.24	101560.20	7876819.15	2.98	2.33
1999	326512.43	79727.75	7162702.24	2.84	2.09
2000	351446.51	84068.90	7131180.74	2.61	1.98

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, Banco de México, USDA, 2018.

CUADRO 3. VARIABLES DEL MODELO ECONÓMICO DE LA SUPERFICIE COSECHADA

Año	Producción (Ton) Y	Sup. Cosechada arroz (Ha) SC	Sup. Cosechada maíz HA SCM	Precio Medio Rural Real del Arroz t- 1 (\$/Ton) PMRRAT	Precio Medio Rural Nominal Maíz (\$/Ton) PMRNM
2001	226638.56	53231.72	7810846.86	2.13	1.83
2002	227194.04	50457.24	7118918.04	2.04	1.79
2003	273266.17	60043.66	7520917.73	1.99	1.86
2004	278540.03	62389.88	7696421.83	1.95	1.83
2005	291149.04	57479.22	6605614.33	2.00	1.66
2006	337249.61	70469.63	7294842.04	2.01	2.04
2007	294697.17	70948.72	7333276.84	1.99	2.39
2008	224370.65	50285.69	7344345.64	2.05	2.58
2009	263027.51	54230.43	6223046.54	3.38	2.48
2010	216676.45	41747.79	7148045.77	3.07	2.39
2011	173460.78	34037.44	6069091.63	2.71	3.33
2012	178787.21	31795.26	6923899.73	3.11	3.16
2013	179775.83	33137.40	7095629.69	2.99	2.55
2014	232158.62	40642.38	7099723.80	2.97	2.50
2015	236017.92	40637.56	7099723.80	2.93	2.44
2016	254043.31	41411.82	7598086.44	2.56	2.44
2017	265567.30	41559.90	7327501.43	2.66	2.33

Fuente: Elaboración propia en base a SIAP, Banco de México, USDA, 2018.