



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

**ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA
ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

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

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA



PRESENTA:

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

M.C. NANCY VIANEY CRUZ CRUZ

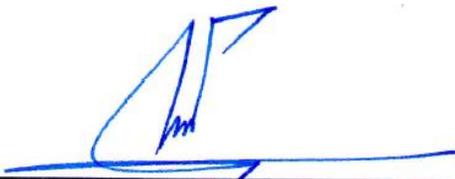
CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2015.

**ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO
MÉXICO**

Tesis realizada por la C. Nancy Vianey Cruz Cruz, bajo la dirección del comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR



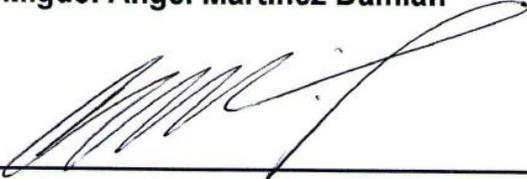
Dr. Marcos Portillo Vázquez

ASESOR



Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

ASESOR



Dr. Ignacio Caamal Cauich

LECTOR EXTERNO



Dr. Mario Cruz Cruz

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para hacer posibles mis estudios de doctorado y mi estancia de investigación.

A los profesores del programa de posgrado de la División de Ciencias Económico-Administrativas por sus interesantes cátedras.

Al Dr. Marcos Portillo Vázquez; por su dirección, paciencia y disponibilidad hacia esta investigación.

A mi comité asesor que me honraron con su participación, por sus opiniones y tiempo dedicado a la presente.

Mi profundo agradecimiento a la Dra. Shida Henneberry al hacer posible mi estancia de investigación en Oklahoma State University y por sus valiosas observaciones.

A Christopher y Pamela Reding, por su apoyo moral en la realización de mi estancia de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres:

Mario y Francisca.

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Nancy Cruz originaria del Estado de Hidalgo. Es maestra en ciencias por la División de Ciencias Económico Administrativas en la Universidad Autónoma Chapingo con la tesis titulada “Importancia del ingreso en las decisiones del productor en la zona rural del Estado de Hidalgo”.

En 2006 participó como asistente de investigación del programa “Alianza para el campo 2005, Estado de Oaxaca” con el Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola DIMA-UACH. México.

De 2009 a 2011 fungió como Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, forestales y pecuarias (INIFAP). Área de Socioeconomía. Campo Experimental Río Bravo. CIRNE. México.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

ANALYSIS OF CORN PRODUCTION IN THE EASTERN REGION OF MEXICO STATE

Nancy Vianey Cruz Cruz¹

Marcos Portillo Vázquez²

RESUMEN

El maíz es el cultivo de mayor importancia en la dieta de la población mexicana siendo el maíz blanco el destinado al consumo humano y con demanda satisfecha; sin embargo, la demanda por el grano amarillo no ha sido compensada, realizándose importaciones. Para esta investigación, se eligió al estado de México por ser un escenario promedio y en transición; específicamente la zona oriente, con los objetivos de caracterizar al productor de maíz a nivel socioeconómico e identificar las variables técnicas que más afectan el rendimiento. Se usaron modelos lineales generalizados y la regresión stepwise. La producción de maíz en la zona oriente del Estado de México resultó ser una actividad del género masculino, adulto y senil, donde el sector joven tiene poca participación. La intervención femenina solo aparece en ausencia del varón. La mayor parte de los productores son alfabetos. Las actividades agropecuarias y en particular la producción de maíz no son su principal fuente de ingresos. Las variables con significancia estadística que determinaron el rendimiento de maíz fueron el tipo de semilla; el fosforo, el riego, la aplicación de herbicidas, el uso de plaguicidas, los efectos cuadráticos y cúbicos del fósforo, el uso de mano de obra, el uso de tracción animal y el uso de nitrógeno. Se sugiere que para futuras investigaciones se incorporen otras variables al modelo tales como temperatura; cultivos previos, precipitación y aumentar el número de encuestas para obtener resultados más confiables.

Palabras clave: Maíz, Estado de México, rendimiento, productores.

ABSTRACT

Corn is the most important crop in the diet of the Mexican population. White corn is destined for human consumption and its demand is being satisfied; however, the demand for yellow grain has not been met, thereby necessitating imports. The objectives of this study were to characterize the socioeconomic level of corn producers in the eastern region of Mexico State, selected because it represents an average and transitional scenario in the country, and to identify the technical variables that most affect corn yield. Generalized linear models and stepwise regression were used. Corn production in eastern Mexico State proved to be an activity of adult males, including seniors, where the youth sector has little involvement. Female participation appears only in the absence of men. Most of the producers are illiterate. Agricultural activities and in particular corn production are not their main source of income. The variables with statistical significance that determined corn yield were the type of seed and the use of phosphorus, irrigation, herbicides, pesticides, labor, animal traction and nitrogen, as well as the quadratic and cubic effects of phosphorus. It is suggested that future research incorporate additional variables into the model such as temperature, previous crops, and rainfall, as well as an increased number of surveys, to obtain more reliable results.

Keywords: Corn, Mexico State, yield, producers.

¹ Tesista

² Director de tesis

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE CUADROS.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
ABREVIATURAS USADAS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
Planteamiento del problema	7
Justificación e importancia	9
Objetivos.....	10
Hipótesis	10
CAPITULO 1. MARCO TEORICO	12
1.1. Metodologías para el análisis de productividad de un sistema agropecuario	12
1.2. Perspectiva teórica del problema de investigación	23
CAPITULO 2. METODOLOGÍA.....	25
2.1. Lugar de investigación	25
2.2. Tipo de investigación.....	26
2.3. Recopilación de información	27
2.4. Técnicas de análisis de datos	27
CAPITULO 3. MERCADO INTERNACIONAL DE MAIZ GRANO.....	30
3.1. Principales países productores de maíz.....	30
3.2. Principales países exportadores de maíz.....	31
3.3. Principales países importadores de maíz.....	32
3.4. Producción de biocombustibles	33
3.4.1. Principales países productores de biocombustibles.....	34
3.4.2. Principales países consumidores de biocombustibles.....	35
3.5. Mercado agrícola entre EUA y México	36
3.5.1. El mercado del maíz entre EUA y México.....	40
3.5.2. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA 2000-2015.....	41
3.5.3. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México 2000-2015.....	42
3.5.4. Precios del grano.....	43
CAPITULO 4. MERCADO NACIONAL DE MAIZ GRANO	46

4.1. Situación nacional de maíz grano (1995-2012)	46
4.1. 2. Superficie sembrada nacional.	46
4.1. 3. Rendimiento nacional.	47
4.1.4. Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco (1995-2012).....	48
4.1.5. Principales estados productores de maíz grano amarillo, 2012.	49
4.1.6. Principales estados productores de maíz grano blanco, 2012.....	52
4.1.7. Principales estados productores de maíz grano de color y pozolero, 2012	54
4.2. Situación de maíz grano en el estado de México (2001-2012)	58
4.2.1. Superficie sembrada en el estado de México.	58
4.2.2. Volumen de producción en el estado de México.....	60
4.2.3. Rendimiento obtenido en el Estado de México	60
4.2.4. Precio medio rural en el Estado de México.....	61
CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
5.1. Análisis socioeconómico de la producción de Maíz.....	63
5.1.2. Género del jefe de familia.....	63
5.1.3. Edad del jefe de familia (Varón).	63
5.1.4. Edad del jefe de familia (Mujer).....	64
5.1.5. Escolaridad del jefe de familia (Varón).....	65
5.1.6. Escolaridad del jefe de familia (Mujer).....	65
5.1.7. Principal fuente de ingreso del productor (Varón).....	66
5.1.8. Principal fuente de ingreso del productor (Mujer).	67
5.2. Análisis técnico de la producción de Maíz.....	67
5.2.1. Modelos planteados.	67
5.2.2. Modelos definitivos.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
Conclusiones.....	75
Recomendaciones.....	76
LISTA DE REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países exportadores de maíz.....	31
Cuadro 2. Principales países importadores de maíz.....	32
Cuadro 3. Principales países productores de biocombustibles.....	35
Cuadro 4. Principales países consumidores de biocombustibles.....	36
Cuadro 5. Comercio Agrícola de EUA a México (1975-1993).....	37
Cuadro 6. Comercio Agrícola de EUA a México (1994-2012).....	38
Cuadro 7. Principales estados productores de maíz grano amarillo por superficie sembrada.	50
Cuadro 8. Principales estados productores de maíz grano amarillo por volumen de producción.....	50
Cuadro 9. Estados con mayor rendimiento de maíz grano amarillo.....	51
Cuadro 10. Principales estados productores de maíz grano blanco por superficie sembrada.	52
Cuadro 11. Principales estados productores de maíz grano blanco por volumen de producción.....	53
Cuadro 12. Estados con mayor rendimiento en maíz grano blanco.....	54
Cuadro 13. Principales estados productores de maíz de color por superficie sembrada.....	55
Cuadro 14. Principales estados productores de maíz de color por volumen de producción.....	55
Cuadro 15. Estados con mayor rendimiento en maíz de color.....	56
Cuadro 16. Principales estados productores de maíz pozolero por superficie sembrada.....	57
Cuadro 17. Principales estados productores de maíz pozolero por volumen de producción.....	57
Cuadro 18. Estados con mayores rendimientos de maíz pozolero.....	58
Cuadro 19. Superficie sembrada (ha) de maíz grano en el estado de México.....	59
Cuadro 20. Volumen de producción (t) de maíz grano en el Estado de México.....	60
Cuadro 21. Rendimiento (t/ha) obtenido de maíz grano en el Estado de México.....	61
Cuadro 22. Precio medio rural de maíz grano en el Estado de México.....	62
Cuadro 23. Variables con relación estadísticamente significativa ($R^2 = 0.5565$).....	70
Cuadro 24. Resumen de variables seleccionadas ($R^2 = 0.5328$).....	70
Cuadro 25. Variables con relación estadísticamente significativa y ($R^2=0.5565$).....	72
Cuadro 26. Resumen de variables seleccionadas y ($R^2=0.5328$).....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona oriente del Estado de México.....	26
Figura 2. Principales países productores de maíz.....	31
Figura 3. Exportaciones agrícolas y de productos relacionados de EUA a Mexico.	40
Figura 4. Exportaciones agrícolas a granel de EUA a México.....	41
Figura 5. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA.	42
Figura 6. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México.	43
Figura 7. Precio medio rural nominal y real nacional de maíz.	44
Figura 8. Precios nominales y reales de maíz amarillo (No. 2).....	45
Figura 9. Superficie sembrada nacional de maíz grano.....	47
Figura 10. Rendimiento nacional de maíz grano.	48
Figura 11. Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco.	49
Figura 12. Género del jefe de familia.....	63
Figura 13. Edad del jefe de familia.	64
Figura 14. Edad de la jefa de familia.	64
Figura 15. Escolaridad del jefe de familia varón.	65
Figura 16. Escolaridad de la jefa de familia mujer.....	66
Figura 17. Principal fuente de ingreso del productor varón.....	66
Figura 18. Principal fuente de ingreso del productor mujer.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Principales países productores de maíz.	86
Anexo B: Exportaciones agrícolas y de productos relacionados de EUA a México, 2013.	87
Anexo C: Exportaciones agrícolas a granel de EUA a México, 2013.	88
Anexo D: Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA.	89
Anexo E: Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México.	90
Anexo F: Precio medio rural nominal y real nacional de maíz en México.	91
Anexo G: Precio medio rural nominal y real nacional de maíz amarillo (No. 2) en EUA.	92
Anexo H: Superficie sembrada nacional de maíz grano.	93
Anexo I: Rendimiento nacional de maíz grano.	94
Anexo J: Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco.	95
Anexo K: Salida GLM del primer modelo planteado.	96
Anexo L: Resumen de selección stepwise del primer modelo planteado.	97
Anexo M: Salida GLM del modelo definitivo.	98
Anexo N: Resumen de selección stepwise del modelo definitivo.	99

ABREVIATURAS USADAS

B-C	Beneficio–Costo
CBOT	Chicago Board of Trade
EIA	Energy Information Administration
EPA	Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos de América
ERS	Economic Research Service
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GEM	Gobierno del Estado de México
GLM	Generalized Linear Model
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IMD	Manual for Evaluation of Industrial Projects.
MAP	Matriz de Análisis de Política
NAFTA	The North American Free Trade Agreement
SAS	Statistical Analysis System
SIACON	Sistema de información Agroalimentaria de Consulta
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual
TC	Tasa de Crecimiento
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization.
USDA	United States Department of Agriculture
WTO	World Trade Organization

INTRODUCCIÓN

El maíz se produce a lo largo y ancho de la República Mexicana en diversos ambientes agroecológicos, aunque se han aplicado nuevas tecnologías en el cultivo como el establecimiento de fechas y métodos de siembra; nuevos híbridos y el uso de maquinaria, los resultados siguen siendo heterogéneos prueba de ello son los diferentes rendimientos y calidades encontradas en el mercado.

A pesar de que se ha promovido el uso de tecnologías entre los productores de maíz, en el Estado de México, existen factores sociales que motivan la adopción o no de las mismas, algunos como edad, educación, uso de la información así como los usos y costumbres de los productores; estos son decisivos para la eficiencia del sistema.

Planteamiento del problema

El maíz blanco es el grano de mayor importancia en México que de acuerdo a los datos del Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) 2013, el volumen de producción registró una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 46.8 por ciento (%), mucho mayor que la del grano amarillo con una TCMA de 17 %, de los años 2000 al 2012.

Pese a que los dos granos han mostrado evolución positiva en el volumen de producción sus rendimientos son desiguales, de 1995 al 2012 se registró una TCMA del 3 % para la modalidad de riego y de 1 % para la modalidad de temporal. Generalmente los estados del norte del país son los que cuentan con los mejores rendimientos en maíz amarillo y blanco, contrario a los estados sureños que cuentan con los menores rendimientos obtenidos en ambos.

El maíz blanco es destinado principalmente al consumo humano, cuya demanda está satisfecha; sin embargo, la demanda por el grano amarillo, que es para consumo de la industria pecuaria, no ha sido compensada, pues se han realizado importaciones y en algunos casos la industria pecuaria se ha visto forzada a incluir entre su materia prima al maíz blanco.

Con la apertura comercial, la política agrícola ha sido abierta al mercado mundial; aumentando así las importaciones de varios productos agrícolas y sin excepción del maíz específicamente de color amarillo.

Para esta investigación se eligió al estado de México por ser un escenario promedio y en transición; específicamente la zona oriente del estado, para evaluar la tecnología aplicada; los insumos y la maquinaria pues sobresale en la producción, por superficie sembrada, de ambos granos.

En el estado de México, el maíz blanco es el grano que ha tenido mayor dinamismo en cuanto a la superficie sembrada, en el periodo 2001 a 2012, registró una TCMA de 86.6 %. El maíz amarillo, de 2004 a 2012, registró 46.9 %.

A pesar de que el estado de México es uno de los principales productores de maíz blanco, por superficie sembrada, sus rendimientos ligeramente superan la media nacional en 2012, de 2.86 toneladas por hectárea (t/ha), registraron solo 3 t/ha. Este rendimiento es dos veces menor comparado con los rendimientos más grandes que tuvo Sinaloa con 9.4 t/ha en el mismo año. Por otro lado, el maíz amarillo tuvo un rendimiento menor pues no alcanzó al de la media nacional, de 4.3 t/ha y registró solo

2.9 t/ha, pese a dichos rendimientos su producción ha venido consolidándose en el Estado.

La falta de información dinámica sobre los factores que determinan la productividad así como el nivel de uso de insumos de los sistemas agrícolas puede subestimar o sobreestimar la rentabilidad de los cultivos e impide decidir acertadamente si continuar o no practicando dichos sistemas por lo que la identificación de las variables y técnicas que afectan el rendimiento en la producción de maíz permitirá una mayor comprensión económica de este.

Justificación e importancia

El maíz es parte de la dieta mexicana y este es un eje rector para el país en el sentido político y económico además cuenta con diversidad de usos que van desde los domésticos hasta los industriales.

En los hogares se utiliza para la elaboración de tortillas, atoles o postres también el uso de subproductos como hojas para tamal y olotes para cocción de alimentos. Otros usos son como alimento para ganado de traspatio mediante forraje o con granos directamente.

En el sector industrial se emplea para la obtención de harina para la elaboración de tortillas; productos de repostería, obtención de almidones, como materia prima de jarabes, aderezos y cereales para consumo humano. También se emplea para la elaboración de alimentos balanceados en animales.

A nivel nacional, de un total de 193 productos agrícolas cultivados, el maíz grano fue el principal cultivo en 2012, con una superficie sembrada de aproximadamente 7, 372,

218.19 ha esto es el equivalente al 47.4 % del total de la superficie sembrada nacional, por año agrícola y de modalidad en riego y temporal.

En cuanto al estado de México, este cuenta con diversidad de productos agrícolas con aproximadamente 82 de ellos registrados, el maíz fue el principal grano en 2012 destinando el 72.3 % del total de la superficie sembrada, para cultivos de riego y temporal y por año agrícola, equivalente a un total de 556, 325.32 ha sembradas.

Garantizar la productividad del cultivo requiere de la identificación de variables técnicas y sociales de las unidades de producción predominantes, estas le mostrarán al agricultor el nivel en que no gana ni pierde así como las decisiones a tomar y ser un sistema redituable para los productores del Estado de México.

Objetivos

- Caracterizar al productor de maíz a nivel socioeconómico.
- Identificar las variables técnicas que más afectan el rendimiento del maíz.

Hipótesis

- La caracterización socioeconómica del productor coadyuva a la acertada elaboración de políticas y programas que fomentan la eficiencia económica del sistema.
- La identificación de las variables técnicas que afectan el rendimiento en maíz permiten al productor tomar decisiones óptimas sobre sus recursos escasos.

- Existen potenciales de producción no explotados, los cuales pueden identificarse a través de un estudio de respuesta de los rendimientos ante incrementos en las cantidades y la calidad de los insumos empleados.

CAPITULO 1. MARCO TEORICO

1.1. Metodologías para el análisis de productividad de un sistema agropecuario

En general, la agricultura se puede definir como un sistema heterogéneo de producción, aun dentro de una misma región los productores aplican técnicas y conocimientos individualmente que fueron aceptados y adoptados a través de la experimentación o mediante la información técnica. Siendo la agricultura un sistema heterogéneo y cuya naturaleza implica riesgos, siempre se ha buscado la evaluación de sus impactos tanto social, económico y recientemente ambiental.

Para la evaluación de la productividad de un sistema agrícola se han empleado diferentes metodologías con similitudes en algunas de ellas; por ejemplo el Análisis Beneficio–Costo (B-C) y la Matriz de Análisis de Política (MAP) u otras metodologías o modelos como las funciones de producción que evalúan más allá del rubro económico, que facilitan no solo el cálculo de la eficiencia económica sino también de la eficiencia técnica del sistema tales como los mostrados en los manuales de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

El análisis B-C, del cual Dupuit ha sido elogiado por sus grandes contribuciones, si bien más dirigidas a proyectos de carácter público, sus principios se han utilizado en diversos ámbitos.

De acuerdo a Maneschi (1996) Dupuit tomó el problema con J.B. Say y su colega ingeniero L.M.H. Navier, sobre su metodología para la identificación y medida de los beneficios de proyectos de transporte. El alertó que por seguir sus consejos ‘uno es

conducido completamente a resultados falsos los cuales tienen las más serias consecuencias para el bienestar público'. También detalló que la posición de Dupuit usando el ejemplo de Navier, para la evaluación de los beneficios de un canal, expuso las falacias en las metodologías seguidas por Say y Navier por limitar su comparación a los costos totales de transporte argumentando que 'el fin último del bienestar de la comunicación debería ser reducir no los costos de transporte, pero si los costos de producción'.

Evaluadores de proyectos han adoptado una variedad de aproximaciones al impacto de proyectos sobre la distribución del ingreso. En la temprana posguerra el análisis B-C se enfocó sobre consideraciones de 'eficiencia', que es, sobre el impacto de proyectos sobre el valor del producto neto, aprobando proyectos para los cuales el impacto (en términos de valor presente) es positivo. Esto fue justificado por el criterio Kaldor-Hicks, para lo cual un proyecto es aceptable tanto que cualesquiera perdedores desde este podrían ser compensados potencialmente por los ganadores. Como esta compensación es potencial más que actual, objeciones fueron subsecuentemente levantadas a este criterio. Proyectos típicamente envuelven ambos ganadores y perdedores, desde que la compensación del último es usualmente no posible, otro criterio de aceptación de proyecto fue visto. Una escuela del pensamiento emergió, la cual postuló la existencia de una función de bienestar social Bergsoniana teniendo como argumentos las utilidades de los diferentes individuos afectados por el proyecto. Cuestiones de distribución llegaron a ser un importante foco de atención para los analistas del beneficio-costos. El reconocimiento de la importancia de estos puntos llegó a ser conocido como Análisis B-C social, y fue consagrado en las dos principales

metodologías de la evaluación de proyectos de la United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) 1972 y del Manual of Industrial Project Analysis (IMD). (Maneschi, 1996).

Adler & Posner (1999) concluyeron que el análisis B-C es un procedimiento de decisión útil y debería ser rutinariamente usado por agencias ya que en su opinión este es superior a metodologías rivales en agencias habilitadas para evaluar proyectos de acuerdo a la extensión en que ellos contribuyen al bienestar general.

El análisis B-C también se ha aplicado a la evaluación de proyectos de ámbito agrícola como en Paul (1970) que examinó la factibilidad de inversiones en pozos, bombas y tractores y la capacidad de pago de los productores emprendiendo estas inversiones. De igual manera, Babu (2013) usó el análisis B-C para comparar costos inmersos en la producción agrícola orgánica y convencional y conocer cuál sistema es de costo efectivo.

Por su parte, Monke & Pearson (1989) propusieron a la MAP como una metodología para medir el impacto de la política gubernamental. La definieron como un producto de dos identidades contables en la que establece a la rentabilidad como la diferencia entre ingresos y costos y la otra mide los efectos de las divergencias (distorsiones de políticas y fallas de mercado) como la diferencia entre los parámetros observados y los parámetros que podrían existir si las divergencias fueran removidas. A través del llenado de los elementos de la MAP (variables de producción y precios) para un sistema agrícola, un analista puede medir ambos la extensión de las transferencias

ocasionadas por la serie de políticas actuando sobre el sistema y la eficiencia económica inherente del sistema.

La MAP es una metodología sobre la rentabilidad privada de los sistemas agrícolas y sobre el uso eficiente de los recursos. La rentabilidad privada y la competitividad son conceptos eminentes en el pensamiento de aquellos preocupados específicamente con los ingresos agrícolas (Monke & Pearson, 1989).

La rentabilidad social y la eficiencia están regularmente enfatizadas por los planeadores económicos cuya preocupación es la designación de los recursos entre los sectores y el crecimiento del ingreso agregado en la economía. A través de la evaluación de ingresos y costos privados y sociales, el método de la MAP está diseñado para facilitar las cuestiones del análisis de política agrícola. La aproximación está bien situada particularmente para el análisis empírico de la política de precios agrícolas y los ingresos agrícolas, la política de inversión pública, y la política de investigación agrícola y el cambio tecnológico (Monke & Pearson, 1989).

La aproximación de la MAP a la evaluación de política argumenta un punto desagregado de los efectos de eficiencia (como medido por la rentabilidad social) y de los efectos de no eficiencia. El analista puede hacer mucho en describir las contribuciones de un sistema particular para objetivos de no eficiencia y en cuantificar las implicaciones de eficiencia (ganancia de ingresos agregados o pérdidas). Pero es dejado a la discreción de cada hacedor de política determinar si objetivos de eficiencia y no eficiencia ameritan cambios en la política o el mantenimiento de incentivos a sistemas particulares (Monke & Pearson, 1989).

La metodología de la MAP se ha utilizado para evaluar sistemas agrícolas regionales (particulares) o sistemas agrícolas de países (generales). Monke & Pearson (1989) utilizaron la MAP para la identificación del sistema agrícola de productos en el Noroeste de México, específicamente en los estados de Sonora y Sinaloa, cuyos objetivos fueron evaluar la competitividad internacional de la agricultura de irrigación del Noreste y evaluar el impacto de la política de gobierno sobre la rentabilidad del ejido. La evaluación fue hecha a través de la comparación de los beneficios de política para granjas privadas con los beneficios provistos a los ejidos. Asimismo ejemplificaron su uso en algunos sistemas agrícolas de Ghana y Portugal.

La MAP también ha sido aplicada para examinar los componentes del dilema de la política arrocera de Indonesia para ayudar a los hacedores de política, analistas, y observadores aclarar los pros y contras de cursos de acción alternativos (Pearson, Monke, Naylor, Falcon, & Heytens, 1990).

FAO (2007) elaboró un manual para la aplicación de la MAP partiendo de la situación que enfrenta un país hipotético. Estas y otras aplicaciones de la Metodología se han seguido con el fin de determinar si un sistema de producción agrícola es conveniente para el productor así como los beneficios (impactos) que este genera en el entorno.

Otra metodología utilizada para evaluar el desempeño de un sistema de producción es la formulación de una función de producción a través de un modelo econométrico.

Dorman (2014) define a una función de producción como aquella expresión algebraica que relaciona la cantidad de un bien o servicio producido con los insumos de varios recursos productivos. La fórmula genérica se refleja así:

$$Q = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Donde Q es la cantidad de producto, las x_i 's (de 1 a n) son diferentes insumos (o factores de producción) y f es una función que describe cómo los insumos son convertidos en productos.

Las funciones de producción se aplican en distintas formas, modelos econométricos, y en distintas áreas de estudio como la industria y la agricultura, entre otros. Cabe mencionar que en la esfera económica (en términos de productividad y ganancia) se encuentra, casi siempre, per se en las funciones de producción.

Las funciones de producción agrícola (modelos econométricos) buscan representar al sistema, identificar las relaciones entre productos e insumos (nivel de eficiencia), predecir el comportamiento a través de distintos escenarios (plenitud o escasez), generar recomendaciones que permitan al productor la mejor toma de decisiones y garantizar el beneficio económico, este último es uno de los objetivos más buscados por los investigadores y hacedores de política.

McGuckin, Gollehon, & Ghosh (1992) usaron el modelo de frontera de producción estocástica de irrigación para analizar recursos de ineficiencia económica en prácticas de irrigación de productores de maíz en Nebraska, el monitoreo de la humedad del suelo y reportes de clima. En este estudio, las condiciones de maximización de ganancia para la eficiencia de riego fueron estimados y la información sobre las condiciones del campo fueron analizadas como variables causales de ineficiencia.

Battese & Coelli (1993) elaboraron una extensión del modelo panel de datos de Huang y Liu (1992) mediante una aplicación empírica del modelo de frontera de ineficiencia estocástica. La función de producción de frontera estocástica postula la existencia de ineficiencias técnicas de producción de empresas envueltas en producir un producto particular. Por una combinación de niveles de insumo, asume que la producción efectuada de una empresa está rodeada hacia arriba por la suma de una función paramétrica de insumos conocidos, envolviendo parámetros desconocidos, y un error aleatorio, asociados con error de medición del nivel de producción u otros factores, tales como los efectos de clima, huelgas, producto dañado, etc. El modelo se desarrolló con una base de datos de alrededor de 15 productores con información de 10 años y un total de 129 observaciones. Dicha base incluyó características que pudieran influenciar en la eficiencia técnica, tales como la edad del productor, la escolaridad, la frecuencia de consultas con extensionistas agrícolas, el acceso al crédito, a variedades de alto rendimiento, fertilizantes, entre otros.

En el modelo mencionado se encontró que los efectos de ineficiencia son una función lineal de algunas variables específicas y de tiempo de la finca, junto con la adición del error estocástico el cual es asumido ser independiente sobre el tiempo y entre las fincas.

Fulginiti & Perrin (1997) usaron índices de productividad Malmquist (en inglés) no paramétricos basados en el producto y examinar si los resultados de tal aproximación confirmaban los resultados de otros métodos que mostraron el declive de la productividad agrícola en los países menos desarrollados, a partir de examinar la productividad agrícola en 18 países en desarrollo sobre el periodo 1961-1985. Además

de dichos resultados, también se encontró que aquellos países que tasan la actividad agrícola (con impuestos más restringidos) tuvieron las tasas más negativas de cambio en productividad.

Thrikawala, Weerink, Kachanoski, & Fox (1999) compararon la factibilidad económica de tres estrategias diferentes de administración de fertilizante (tasa constante, tasa-tres y tecnología de tasa múltiple) en la aplicación de nitrógeno en maíz bajo diferentes distribuciones de probabilidad para la fertilidad de un campo. Una tasa constante fue más rentable que el resto el Sistema tecnológico de tasa variable para campos homogéneos de baja fertilidad. El área de aplicación en la cual la rentabilidad relativa entre los sistemas de información cambió fue grandemente determinada por las características de la distribución de fertilidad más que los asumidos por los costos. La tecnología de tasa variable mejora la calidad del agua subterránea en campos de baja fertilidad por reducir la aplicación total de fertilizante y en campos de alta fertilidad por el incremento del rendimiento de maíz.

Bontems & Thomas (2000) consideraron un modelo de producción agrícola de la aplicación secuencial de nitrógeno bajo riesgo donde los impactos aleatorios entre estados de producción subsecuentes, decisiones de fertilización óptimas dependen de la magnitud de la aversión al riesgo de los agricultores (prima de riesgo), y la posibilidad para los agricultores para procesar información (valor de la información). Además condujeron el problema de producción bajo riesgo basado en la fertilización de nitrógeno, donde el excedente de nitrógeno ocurre probablemente entre pasos sucesivos en el proceso de producción. La estructura recae sobre una estimación conjunta de tecnología y parámetros de aversión de riesgo usando una aproximación

estructural y una simulación basada en una técnica de inferencia econométrica. Estimaciones de parámetros para la función de utilidad representativa del productor permite la evaluación de riesgo promedio de los productores, el valor de la información, y la prima de riesgo así implicada por los impactos aleatorios sobre diferentes estados de producción. El uso del proceso de estimación generalizada del método de momentos (GMM) por sus siglas en inglés, causa estimadores consistentes, por el control de todos los componentes inobservables en el modelo.

Anselin, Bongiovanni, & Lowenberg-DeBoer (2004) determinaron el potencial usando el análisis econométrico especial de base de datos combinada del monitoreo de rendimiento para estimar las funciones de respuesta al sitio específico de cultivo. El caso específico de estudio fue para sitiar la aplicación de nitrógeno (N) en la producción en Argentina. Estructura especial de la base de datos de rendimientos fue modelada con variables de campo, error espacialmente autorregresivo y heterocedasticidad. Sus resultados exponen que la respuesta de N difiere por la posición del campo, y que la aplicación de aquel sitio específico puede ser modestamente rentable. La rentabilidad depende sobre la especificación usada del modelo, con todo los modelos espaciales consistentemente indican rentabilidad, así los modelos no espaciales no la muestran.

Otra de las funciones populares aplicadas al sector agropecuario es la Cobb–Douglas cuando se trata de caracterizar la producción agrícola de una región o de un país (Gómez, 1964).

Cobb & Douglas (1928) desarrollaron su teoría del movimiento de trabajo, capital, producción, valor y salarios para las industrias manufactureras de los Estados Unidos. Este modelo fue diseñado inicialmente para medir los cambios en la cantidad de trabajo y capital los cuales han sido usados para convertir cierto volumen de bienes y para determinar qué relaciones existían entre los factores de trabajo, capital y producto.

La función Cobb-Douglas puede ser obtenida a través de dos formas: directa e indirecta a través de distintos tipos de regresiones. La forma directa es la estimación por regresión multiplicativa para este objetivo a través de un software estadístico se define la formula general del modelo y las variables explicativas, obteniéndose los parámetros de la ecuación. La forma indirecta es la estimación por regresión lineal de datos transformados este necesita la obtención del logaritmo neperiano de los datos originales, tanto para las variables independientes como para la dependiente, posteriormente por medio de una regresión lineal se llega al modelo de función de producción Cobb-Douglas (Toro et al., 2010).

Otras funciones son las obtenidas a través del modelo donde Nelder & Wedderburn (1972) combinaron componentes sistemáticos y aleatorios para producir un modelo lineal generalizado (GLM) por sus siglas en inglés, caracterizado por una variable dependiente, una serie de variables independientes y predichas y una función de liga que conecta el parámetro de la variable dependiente con las variables predichas del modelo.

Toro et al. (2010) explicó otra forma de obtener funciones de producción a través de las relaciones funcionales de regresión lineal múltiple donde destacan la función lineal; la función cuadrática, la función cúbica y la función hiperbólica.

La función lineal corresponde a una función que asocia dos o más variables de forma que la dependiente se calcula a partir de las independientes x 's, del valor del término independiente α , del coeficiente β , y del error ε , siendo ε y β independientes de X e Y , y X no puede estar elevada a ninguna potencia.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

La función cuadrática tiene un modelo que representa este tipo de frontera, queda expresado por:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + \varepsilon$$

Donde α corresponde al intercepto o término independiente, β_1 es el coeficiente lineal o de primer grado, β_2 es el coeficiente cuadrático o de segundo grado (siendo siempre distinto de cero) y ε corresponde al error.

La función cúbica en una función de producción suele contener un rango de rendimientos crecientes, seguido por una etapa de rendimientos decrecientes y posteriormente por resultados negativos.

Yunker citado por (Toro et al., 2010) representó la función cúbica como:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2 - \alpha_3 X^3$$

Donde Y corresponde al output, X es el factor de producción, α_0 corresponde al intercepto, α_1 , α_2 y α_3 son parámetros positivos [sic].

Las funciones hiperbólicas poseen propiedades similares a las cuadráticas, con la diferencia de presentar una mayor dificultad en la realización de su ajuste. La productividad marginal es creciente y luego decreciente para un solo inputs [sic] variable.

Aspicueta et al. (citado por Toro et al., 2010) representó a la función hiperbólica en la predicción diaria de leche como sigue:

$$Y = b_0 + b_1x + b_2x^{-1}$$

Donde, y es la producción de leche diaria, x es la semana de lactación y b_0 , b_1 , y b_2 son los parámetros de cada función.

Las funciones de producción lineales; cuadráticas, cubicas e hiperbólicas en su vasta mayoría han sido utilizadas para determinar la relación entre los insumos aplicados y los productos obtenidos. En los sistemas agropecuarios, para determinar la relación en la cantidad de insumos por la cantidad de maíz obtenida, en la producción de carne como las características que la calidad obtenida; entre otros productos.

1.2. Perspectiva teórica del problema de investigación

De lo anterior se obtuvo una función de producción de maíz para la zona oriente Estado de México, adaptada del modelo de regresión lineal generalizado de Nelder & Wedderburn (1972), y de la teoría de producción explicada por Dorman (2014), como:

$$R = f (N, P, K, A, MO, TS, A, QS, \dots)$$

Donde R es la variable dependiente y N, P, K, A, MO, TS, A y QS las variables independientes así:

R = Rendimiento

N = Nitrógeno

P = Fosforo

K = Potasio

MO = Mano de obra

TS = Tipo de semilla

QS = Cantidad de semilla

Dicha función se puede interpretar como: el rendimiento de maíz depende de los insumos aplicados per se, así como de la combinación de los mismos.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar de investigación

La investigación se realizó en la zona oriente del estado de México, este se localiza en la zona central de la República Mexicana, en la parte oriental de la mesa de Anáhuac. Colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo; y al sur con Guerrero y Morelos; al este con Puebla y Tlaxcala; y al oeste con Guerrero y Michoacán, así como con el Distrito Federal, al que rodea al norte, este y oeste. La extensión territorial del estado es de 22, 499.95 kilómetros cuadrados, cifra que representa el 1.09 % del total del país y ocupa el lugar 25 en extensión territorial, respecto a los demás estados. Cuenta con 125 municipios divididos en 16 regiones. (G.E.M., 2013).

Con el mapa adaptado del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010 se identificó el lugar de investigación en la Figura 1, los municipios contemplados fueron Amecameca; Ayapango, Chalco, Chiahutla, Ozumba, Texcoco y Tepetlaoxtoc.

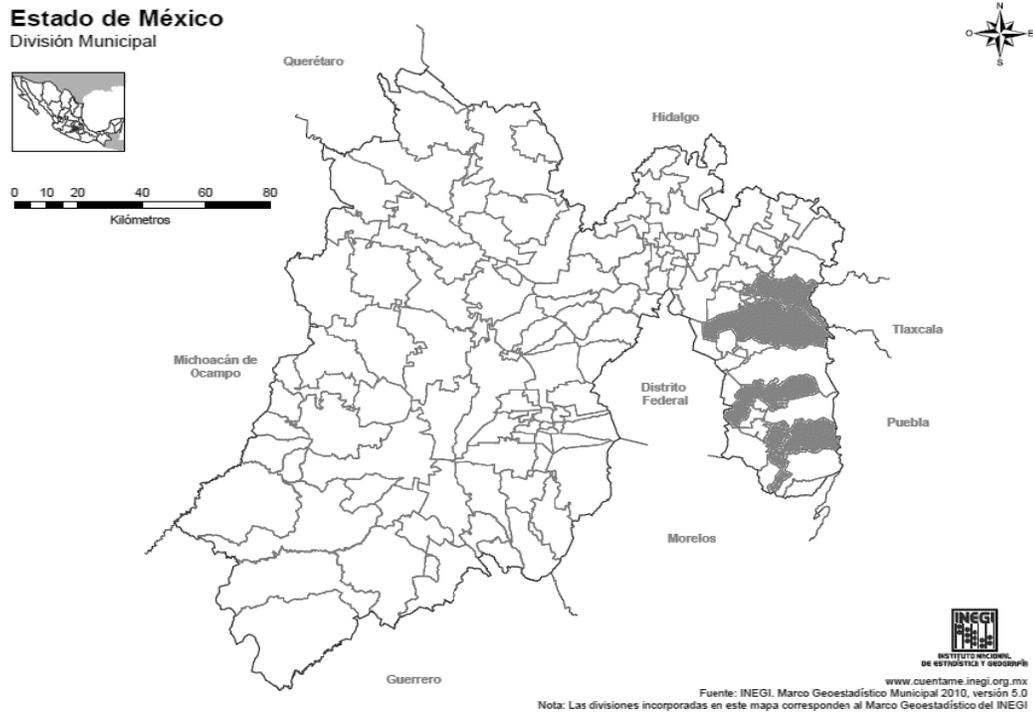


Figura 1. Zona oriente del Estado de México.
Nota: Adaptado del sitio de INEGI, 2010.

2.2. Tipo de investigación

El uso de las funciones lineales de producción tienen como antecedente el modelo de Nelder & Wedderburn (1972) que se ha aplicado en diferentes sectores de la economía así como la teoría de la producción explicada en Dorman (2014). En la agricultura se han utilizado mayormente para la detección de la factibilidad en la administración de insumos como fertilizantes o agua y en general su uso se ha encaminado hacia la evaluación de la productividad de los sistemas agrícolas.

La presente investigación se considera del tipo exploratoria y correlacional pues además de incluir factores técnicos, usualmente insumos, también considera la relación entre ellos y sus efectos en diversos escenarios.

2.3. Recopilación de información

La naturaleza de esta investigación comprende el ámbito nacional y el internacional partiendo de lo general a lo particular.

A nivel nacional y estatal se recopiló información sobre la producción del grano en riego y temporal a través del Sistema de información agrícola y de consulta (SIACON). La base de datos fue obtenida de Hurtado (2006) que consintió de 229 encuestas a productores dedicados a la siembra de maíz en la zona oriente del estado de México (ciclo agrícola 2004).

Para el alcance de los objetivos planteados se emplearon las variables de las labores culturales e insumos aplicados. Dentro de las labores culturales se ubicaron; subsoleo, barbecho, cruza, rastra, nivelación, surcado, siembra, fertilización, riego y otras técnicas aplicadas para el control para plagas y enfermedades.

Los insumos fueron; semilla, nitrógeno, fosforo, potasio, herbicidas, plaguicidas, agua así como la cantidad de mano de obra utilizada.

A nivel internacional se obtuvieron datos de los principales países productores, consumidores, exportadores e importadores de maíz y de biocombustibles por consultas en FAO, USDA, entre otras fuentes.

2.4. Técnicas de análisis de datos

En el ámbito nacional, incluido el estado de México, se consideraron los periodos 1995 a 2012, 2000 al 2012 y para algunos se utilizó solo los años disponibles a fin de no subestimar la información. Los datos obtenidos fueron de maíz grano blanco, amarillo y de color para superficie sembrada, rendimiento y precio.

Para el ámbito internacional se emplearon los mismos periodos de tiempo, de acuerdo a disponibilidad, o bien se utilizaron periodos cercanos a los ya definidos de tal forma que fuera un análisis en el mismo tiempo.

En ambos casos se calculó la TCMA empleada por INEGI (2001) y la Tasa de Crecimiento (TC) usada por la Universidad de Sevilla (s.f.) , ambas fórmulas adaptadas, a los datos recabados tanto a nivel nacional como internacional para facilitar el estudio entre periodos aplicando las siguientes fórmulas:

$$TCMA = \left[(Pf / Pi)^{1/t} - 1 \right] * 100$$

Donde Pf = Dato al final del periodo en estudio

Pi = Dato a inicio del periodo de estudio

t = la magnitud de dicho periodo.

Esta se aplica cuando los datos tienen valores regulares en el tiempo y cuando cada uno de ellos tiene un valor propio.

Y

$$TC = \frac{(Vpe - Vpa)}{Vpa} * 100$$

Donde Vpe = Valor presente

Vpa = Valor pasado

Esta es una tasa básica de crecimiento y se expresa como la diferencia entre dos valores en el tiempo en cuanto a porcentaje del primer valor o (valor pasado); es decir, expresa cuánto es más grande o más pequeño el valor presente.

El análisis de resultados consistió en dos aspectos; el socioeconómico y el técnico. En el socioeconómico se elaboraron gráficas y frecuencias que permitieran la discusión de la naturaleza de la información (base de datos zona oriente). En el aspecto técnico, se elaboraron modelos de regresión lineal (GLM) y de regresión stepwise, por su nombre en inglés, que mejor representaran al problema de investigación aplicando la teoría de la producción y utilizando el Statistical Analysis System (SAS® 9.0, 2002).

En el caso de los modelos GLM sirvieron para identificar que las variables independientes incluidas tuvieran relación estadística significativa con la variable dependiente. En el caso de las regresiones stepwise se utilizaron para identificar las variables que tuvieran relación significativa con la variable dependiente; iniciando con la de mayor relación y acumulada con las siguientes variables de manera descendiente. Posteriormente se seleccionaron e interpretaron los mejores modelos GLM y la regresión stepwise.

Finalmente se redactaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación en el sentido socioeconómico como estadístico.

CAPITULO 3. MERCADO INTERNACIONAL DE MAIZ GRANO

3.1. Principales países productores de maíz

A nivel internacional el maíz grano ha cobrado importancia, como se muestra en la Figura 2, con datos de la Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (FAOSTAT, 2013) de 1995 al 2012 Estados Unidos de América (EUA) fue el principal productor de maíz con una producción promedio aproximada de 269, 192, 252.7 t eso fue el 38.5 % del promedio total producido a nivel mundial para el mismo periodo; China se ubicó como el segundo productor a nivel mundial con un promedio de 141, 323, 000.4 t dando el 20.2 % mundial, Brasil generó 43, 599, 088.61 t y aportó el 6.2 % a nivel mundial. Por otro lado, México aportó 20, 098, 252.94 t y generó el 2.9 % a nivel mundial. Otros países que sobresalieron en la producción del grano fueron; Argentina, Francia, India, Indonesia, Sudáfrica e Italia.

Aunque EUA se ubicó como el principal productor a nivel mundial, Sudáfrica fue el país que mostró una TCMA más activa con 5.4 % seguido de Indonesia con 4.9 % y Argentina con 4.6 %. India, Brasil, China, EUA e Italia crecieron en menor grado. (Ver Anexo A).

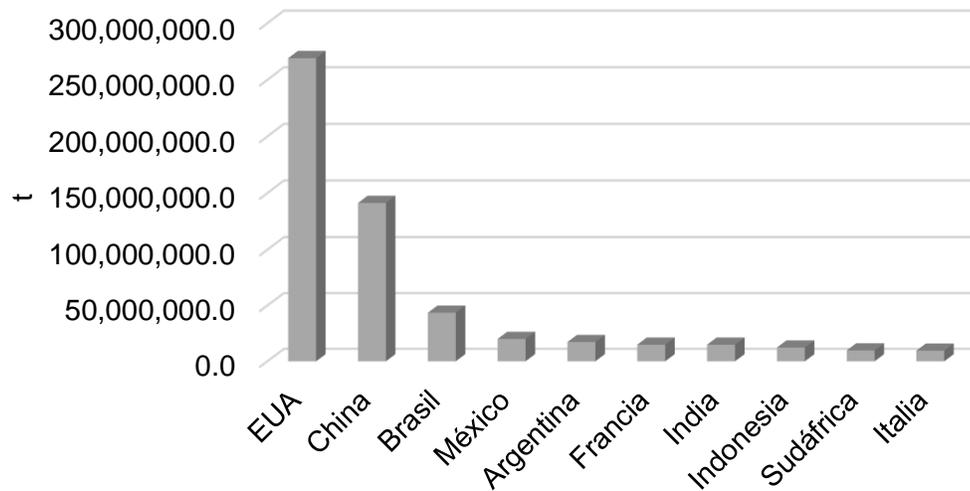


Figura 2. Principales países productores de maíz.

3.2. Principales países exportadores de maíz

En el Cuadro 1, EUA destacó como el país exportador más grande a nivel mundial en 2011 con 45, 888, 272 t, es de mencionarse que el grano en ese país se destina a la producción de biocombustibles, alimento de ganado y de otros derivados industriales, pero poco se destina al consumo humano permitiéndole así excedentes para la exportación. En América Latina los países exportadores fueron Argentina y Brasil con 15, 805, 601 t y 9, 486, 914 t. Por su parte en Europa; Ucrania y Francia fueron los mayores exportadores con 7, 806, 319 y 6, 246, 519 t.

Cuadro 1. Principales países exportadores de maíz.

Región	Cantidad (t)	Valor (EUA \$1000)	Valor unitario (EUA \$/t)
EUA	45, 888, 272	13, 982, 404	305
Argentina	15, 805, 601	4, 518, 823	286
Brasil	9, 486, 914	2, 716, 354	286
Ucrania	7, 806, 319	1, 982, 725	254

Francia	6, 246, 519	2, 539, 203	406
India	3, 952, 102	1, 086, 175	275
Hungría	3, 643, 766	1, 216, 156	334
Sudáfrica	2, 563, 159	813, 731	317
Rumania	2, 310, 666	805, 072	348
Serbia	1, 630, 891	455, 504	279

3.3. Principales países importadores de maíz

En cuanto a las importaciones, en el Cuadro 2, Japón encabezó la lista registrando 15 284,561 t en 2011. México cuyas importaciones destina al sector industrial y animal registró 9, 476, 171 t. Otros países que sobresalieron fueron Corea con 7, 758, 658 t, Egipto con 7, 047, 864 t y España con 4, 824, 485 t; de estos se reconoce a España como uno de los principales países productores y consumidores de biocombustibles a nivel mundial.

Cuadro 2. Principales países importadores de maíz.

Región	Cantidad (t)	Valor (EUA \$1000)	Valor unitario (EUA \$/t)
Japón	15, 284, 561	5, 347, 247	350
México	9, 476, 171	2, 989, 322	315
República de Corea	7, 758, 658	2, 248, 200	290
Egipto	7, 047, 864	2, 179, 859	309
España	4, 824, 485	1, 567, 668	325
Taiwán provincia de China	4, 148, 434	1, 385, 015	334
Irán (República Islámica)	3, 644, 664	1, 294, 012	355
Países Bajos	3, 482, 563	1, 114, 210	320

Indonesia	3, 207, 657	1, 028, 527	321
Argelia	3, 153, 350	999, 094	317

3.4. Producción de biocombustibles

La Energy Information Administration (EIA) 2013 define a los biocombustibles como combustibles de transporte como el etanol y el biodiesel que están hechos de materiales de biomasa. Estos combustibles son usualmente mezclados con combustibles de petróleo como gasolina y combustible diesel, pero también puede estar usados por sí mismos. Usar etanol o biodiesel significa que no se quemará tanto como el combustible fósil. El etanol y el biodiesel son usualmente más caros que los combustibles fósiles que ellos remplazan, pero estos son combustibles más limpios, que producen menos contaminantes al aire.

El etanol es combustible de alcohol hecho de azúcares encontrados en granos, tales como; maíz, sorgo y cebada. Otros recursos de azúcares incluyen piel de papa, arroz, caña de azúcar, remolacha, entre otros. Más del etanol usado en EUA es destilado de maíz. Científicos están trabajando sobre formas más económicas para hacer etanol por el uso de otras partes de plantas y árboles más que solo del grano. Agricultores están experimentando con cultivos maderables, principalmente árboles pequeños de álamo.

El etanol está mezclado con gasolina, cerca de toda la gasolina vendida ahora en los EUA contiene etanol. Cerca del 99 % del etanol consumido en EUA está adherida gasolina en mezclas de 10 % etanol y 90 % gasolina. Cualquier motor a gasolina en EUA puede usar E10 (gasolina con 10 % etanol), pero solamente tipos específicos de vehículos pueden usar mezclas con más de 10 % de etanol. La Environmental

Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos emitió en Octubre de 2010, que los autos y camionetas ligeras de modelo año 2007 y más recientes pueden usar E15. Un vehículo de combustible flexible es necesario mezclar con cantidades más altas de etanol. E85, un combustible que tiene 85 % etanol y 15 % gasolina, es principalmente vendido en el medio oeste.

Por otra parte, el biodiesel está hecho de aceites vegetales, grasas animales y de otro tipo tales como las grasas recicladas de restaurantes. El biodiesel puede ser usado en motores a diesel sin cambiarlos. Este es el combustible alternativo de más rápido crecimiento en EUA. Biodiesel, es un combustible renovable, seguro, biodegradable y produce más bajos niveles de contaminantes del aire que productos basados en el petróleo (EIA, 2013).

3.4.1. Principales países productores de biocombustibles.

Como se muestra en el Cuadro 3, a nivel mundial EUA encabeza la producción total de biocombustibles con una TCMA de 16.3 % esta es mayor que la registrada a nivel mundial de 11.5 %, le continuó Brasil con una producción semejante y una TCMA de 2.1 %.

En el continente europeo, Alemania se ubicó en primer lugar con una TCMA de 0.5 %. Le continuaron Francia con una TCMA de 12.9 % y China con una TCMA de 8.8 %, dichos países tuvieron producciones sobresalientes a nivel mundial, pero su brecha de producción es grande comparada con EUA y Alemania.

España, Tailandia e Italia han ido consolidándose en la producción, de estos Tailandia registró la TCMA mas alta con 35.4 %.

Cuadro 3. Principales países productores de biocombustibles.

País	2007	2008	2009	2010	2011	Miles de barriles/día promedio del periodo	TCMA %
EUA	457.3	649.7	747.1	889.8	971.7	743.1	16.3
Brasil	395.7	486.3	477.5	527.1	438.1	464.9	2.1
Alemania	63.8	65.0	58.0	62.0	65.3	62.8	0.5
Francia	28.0	50.4	58.0	55.0	51.4	48.6	12.9
China	30.7	39.4	43.0	43.0	46.8	40.6	8.8
Argentina	3.9	14.1	23.5	38.1	50.3	26.0	66.8
Canadá	15.4	16.7	22.1	26.4	32.7	22.7	16.3
España	10.5	10.3	22.0	24.0	20.0	17.4	13.8
Tailandia	4.2	13.4	17.4	18.5	19.1	14.5	35.4
Italia	10.2	14.1	16.6	16.5	12.2	13.9	3.6
Mundial	1103.3	1477.3	1635.4	1865.4	1897.2	1595.7	11.5

3.4.2. Principales países consumidores de biocombustibles.

A nivel mundial, el consumo de combustibles ha ido en ascenso, como se muestra en el Cuadro 4, en el periodo 2007-2011 EUA se situó como el mayor consumidor de biocombustibles con 723.8 mil barriles diarios y una TCMA de 13.7 %; este consume menos de lo que produce no así Brasil con 369.2 mil barriles por día y una TCMA de 7 % mayor que la de producción. Por su parte el consumo de Alemania permaneció sin cambios. Francia también resultó deficitario y con una TCMA de 10.5 %. China se mostró ligeramente autosuficiente con un promedio de 40.2 miles de barriles por día y una TCMA de 7.9 %.

Cuadro 4. Principales países consumidores de biocombustibles.

País	2007	2008	2009	2010	2011	Miles de barriles/día promedio del periodo	TCMA %
Estados Unidos	472.5	650.5	741.2	855.9	898.9	723.8	13.7
Brasil	268.5	355.7	420.3	424.3	377.4	369.2	7.0
Alemania	74.0	66.0	68.0	75.5	73.9	71.5	0.0
Francia	34.3	54.6	59.0	55.0	56.5	51.9	10.5
China	30.7	39.4	43.0	43.0	45.0	40.2	7.9
Canadá	21.6	25.7	27.8	34.2	47.0	31.3	16.8
España	9.9	15.0	25.0	34.0	40.0	24.8	32.2
Italia	4.2	16.0	27.3	35.2	35.9	23.7	53.6
Reino Unido	8.6	18.8	23.5	29.0	27.2	21.4	25.9
Tailandia	4.1	13.2	18.5	18.0	17.2	14.2	33.2
Mundial	990.9	1, 350.3	1, 585.1	1, 772.2	1, 819.8	1, 503.7	12.9

3.5. Mercado agrícola entre EUA y México

La cercanía de México con EUA ha facilitado el intercambio comercial y tecnológico entre ambos, de acuerdo al United States Department of Agriculture (USDA) y el Economic Research Service (ERS) 2014, el comercio agrícola entre México y EUA comenzó a finales de 1980 cuando México emergía de un periodo de dificultades económicas, adoptando una serie de reformas comerciales. En 1986, México acordó unirse al General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) y a la World Trade Organization (WTO). A inicios de 1990, México disminuyó un número de barreras comerciales agrícolas, y en 1994, México se unió junto con Canadá y EUA para formar

The North American Free Trade Agreement (NAFTA). En adición, México tiene acuerdos comerciales con alrededor de 50 países.

A pesar de que el intercambio comercial oficialmente comenzó en 1980, existen registros desde 1975 donde el intercambio era poco significativo como se observa en el Cuadro 5; sin embargo, este ha ido aumentando, las exportaciones a una TCMA 20.8 % y las importaciones a una TCMA de 18.9 % hasta 1993.

Cuadro 5. Comercio Agrícola de EUA a México (1975-1993).

Año	Exportaciones (Billones de dólares)	Importaciones (Billones de dólares)	Balanza agrícola de EUA
1975	0.1	0.1	0.0
1976	0.4	0.7	-0.3
1977	0.7	1	-0.3
1978	0.9	1.1	-0.2
1979	1	1.2	-0.2
1980	2.5	1.1	1.4
1981	2.4	1.1	1.3
1982	1.2	1.2	0.0
1983	1.9	1.3	0.6
1984	2	1.3	0.7
1985	1.4	1.4	0.0
1986	1.1	2.1	-1.0
1987	1.2	1.9	-0.7
1988	2.2	1.8	0.4
1989	2.7	2.3	0.4
1990	2.6	2.6	0.0

1991	3	2.5	0.5
1992	3.8	2.4	1.4
1993	3.6	2.7	0.9
TCMA	20.8	18.9	

A partir de 1994 hasta 2012, en el Cuadro 6, las exportaciones agrícolas de EUA a México fueron de 181.1 billones de dólares con una TCMA de 7.7 %, las importaciones agrícolas fueron de 149.7 billones de dólares con una TCMA de 9.5 %. En este periodo la balanza agrícola fue superavitaria excepto en el año 1995.

Con la firma del NAFTA, México se benefició, pues en este último periodo las importaciones de EUA fueron mayores que sus exportaciones.

Cuadro 6. Comercio Agrícola de EUA a México (1994-2012).

Año	Exportaciones (Billones de dólares)	Importaciones (Billones de dólares)	Balanza agrícola de EE.UU.
1994	4.6	2.9	1.7
1995	3.5	3.8	-0.3
1996	5.4	3.8	1.6
1997	5.2	4.1	1.1
1998	6.2	4.7	1.5
1999	5.6	4.9	0.7
2000	6.4	5.1	1.3
2001	7.4	5.3	2.1
2002	7.2	5.5	1.7
2003	7.9	6.3	1.6
2004	8.5	7.3	1.2
2005	9.4	8.3	1.1

2006	10.9	9.4	1.5
2007	12.7	10.2	2.5
2008	15.5	10.9	4.6
2009	12.9	11.4	1.5
2010	14.6	13.6	1
2011	18.3	15.8	2.5
2012	18.9	16.4	2.5
TCMA	7.7	9.5	

De acuerdo a USDA (2013) las exportaciones agrícolas de EUA a México la integran cuatro divisiones importantes; los productos orientados al consumidor, los productos a granel, los productos intermedios y los productos relacionados.

Los productos orientados al consumidor fueron el sector más significativo de las exportaciones agrícolas de EUA a México, como se observa en la Figura 3, estos forman aproximadamente el 44 % del total agrícola. En este sector están los productos de res; cerdo, aves y otros productos cárnicos, productos lácteos, fruta fresca, fruta procesada, vegetales frescos, vegetales procesados, nueces, chocolate y cocoa, snacks, cereales para desayuno, salsas y condimentos, cerveza y vino, bebidas no alcohólicas, alimento para perro y gato, entre otros.

En segundo lugar estuvieron los productos a granel con un 30 %, dentro de este sector están; trigo, maíz, granos no refinados, arroz, soya, semillas oleaginosas, algodón, semillas comestibles, tabaco, y análogos.

En tercer lugar con el 22 % se ubicaron los productos intermedios dentro de los cuales se encuentran; harina de soya, aceite de soya, aceites vegetales, grasas animales,

animales vivos, pieles, forraje, granos destilados, semillas de plantas, azúcar y endulzantes, entre otros.

Finalmente con el 4 % se situaron los productos relacionados como; destilados espirituosos, etanol (no bebida), biodiesel y mezclas, productos forestales y productos de pescado, etc. (Ver Anexo B).

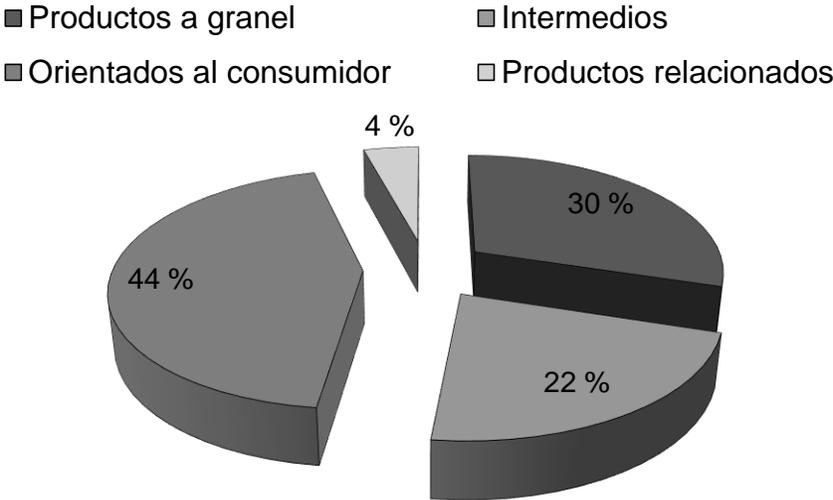


Figura 3. Exportaciones agrícolas y de productos relacionados de EUA a México.

3.5.1. El mercado del maíz entre EUA y México.

En 2013, el maíz se ubicó dentro de las exportaciones a granel de EUA a México, en la Figura 4 fue el grano de mayor relevancia con un 31 % dentro de esta categoría (1,764.80 millones de dólares), seguido de soya con 27 % y trigo 16 %, respectivamente.

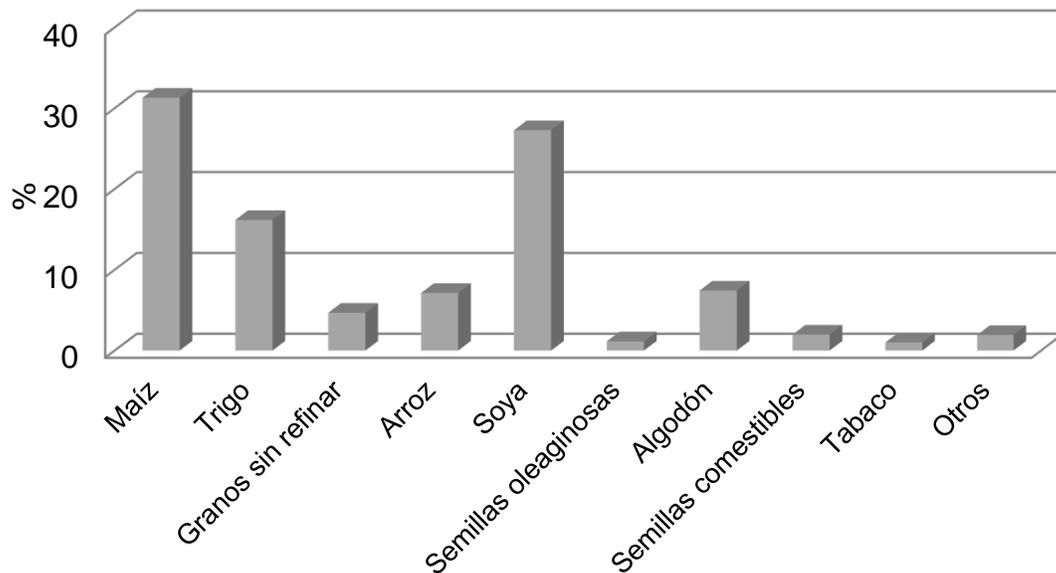


Figura 4. *Exportaciones agrícolas a granel de EUA a México.*
 Nota: *Calculado del total de exportaciones a granel en millones de dólares.

3.5.2. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA 2000-2015.

La información anterior se confirma en la Figura 5, con los datos de Agricultural Market Information System (AMIS) (2014), donde EUA del año 2000 al 2015 obtuvo una balanza superavitaria, y aunque las exportaciones mostraron una TCMA negativa del -.07 % y las importaciones una TCMA del 9.1 %, estas no superan a las exportaciones, siendo EUA autosuficiente en la producción de maíz. (Ver Anexo D).

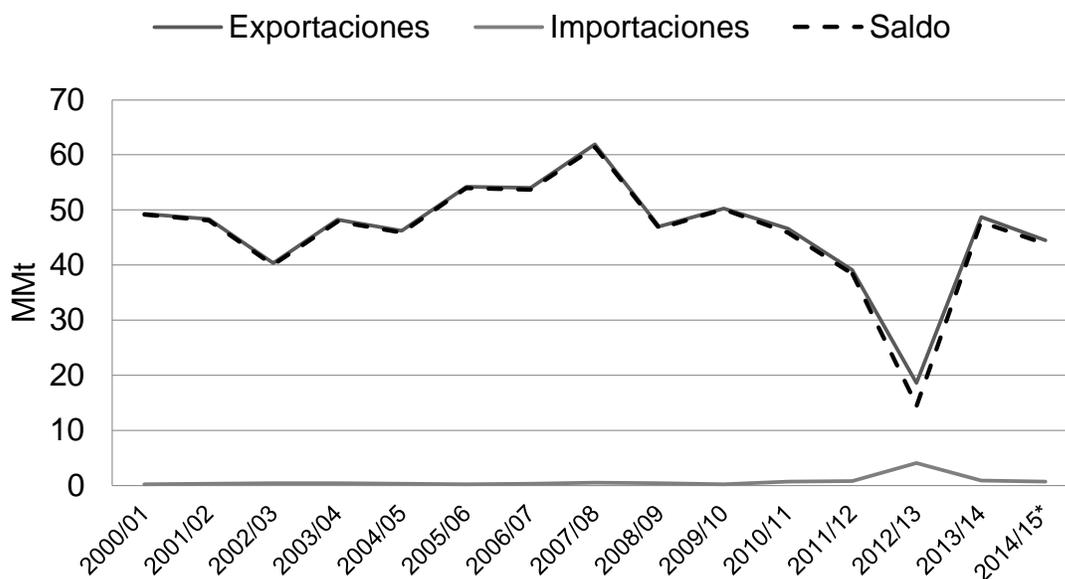


Figura 5. *Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA.*
 Nota: * Los periodos están por año nacional de mercado de EUA y el año 2014/15 es un pronóstico.

3.5.3. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México 2000-2015.

Por su parte para México, presentadas en la Figura 6, las exportaciones de maíz a EUA del periodo 2000 al 2015 mantuvieron una TCMA de 29.8 % y las importaciones una TCMA de 3.6 % sin embargo, estas últimas presentaron una Tasa de Crecimiento Total (TC) del 68.9 %, es decir crecieron más rápido y provocaron en una balanza deficitaria del grano. Los años donde se acentuó el déficit fueron 2011/12 y 2013/14. (Ver Anexo E).

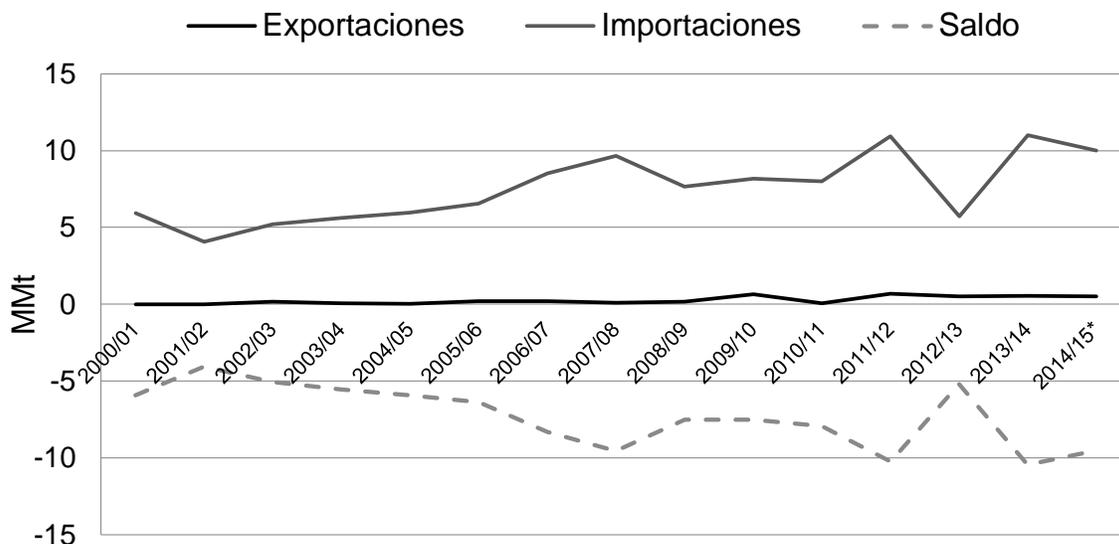


Figura 6. Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México.

Nota: * Los periodos están por año nacional de mercado como se define en EUA y el año 2014/15 es un pronóstico.

3.5.4. Precios del grano.

El precio de maíz en México está muy relacionado con las actividades comerciales y financieras de EUA, tan es así que algunos productores con fines comerciales y aseguradoras agrícolas están pendientes de los precios emitidos por la Chicago Board of Trade (CBOT).

En la Figura 7, se muestra una disminución en ambos precios con repunte en 2005, coincidiendo con el boom del grano para la obtención de combustible; sin embargo, el precio nominal creció a una TC de 7.4 % y el precio real a una TC de -0.58 % de 1995 al 2012. (Ver Anexo F).

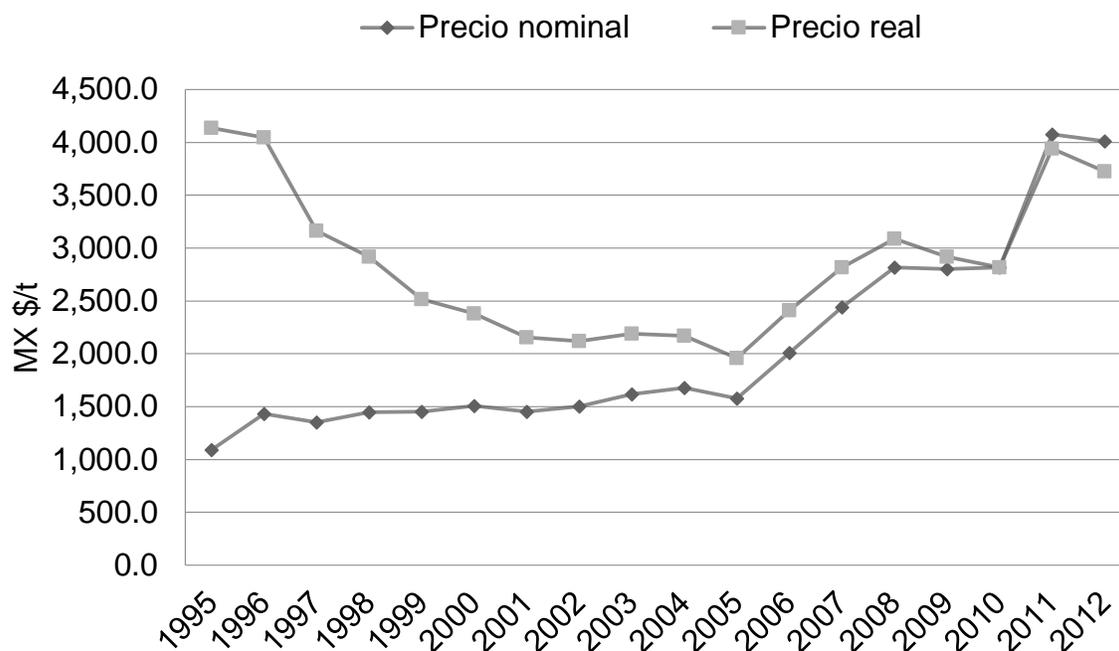


Figura 7. Precio medio rural nominal y real nacional de maíz.
 Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo.

En el caso de EUA como se aprecia en la Figura 8, ambos precios se comportaron estables de 1995 a 2004 y con un repunte de 2005 en adelante, de la misma manera el precio nominal creció más a una TC de 5 % y el precio real creció a una TC de 2.6 %.(Ver Anexo G).

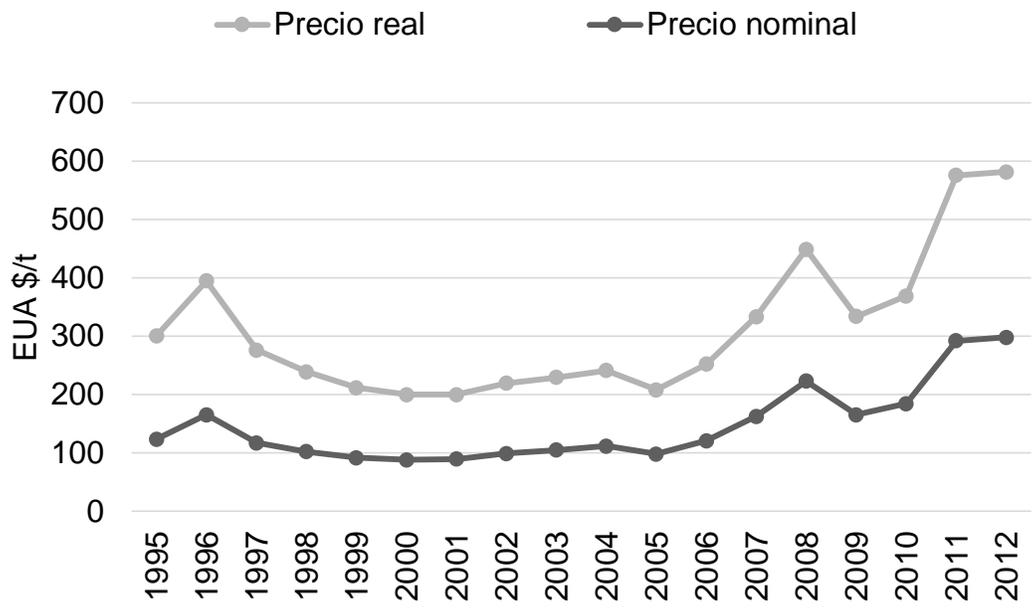


Figura 8. Precios nominales y reales de maíz amarillo (No. 2).

CAPITULO 4. MERCADO NACIONAL DE MAIZ GRANO

4.1. Situación nacional de maíz grano (1995-2012)

El maíz es el cultivo de mayor importancia en la dieta mexicana por tanto el producto más importante de su canasta básica. A nivel nacional existen diferentes variedades nativas de maíz que son destinadas al consumo humano; sin embargo, con la apertura comercial se ha dado cabida al uso de nuevos híbridos tanto de riego y temporal, diversificando así los usos del grano.

Las ventajas de los avances científicos en la agricultura han sido tecnológicas y también económicas, muchas de ellas han permitido la diversidad de la producción, el aumento de sus rendimientos y la disminución de sus costos a través del empleo de menos recursos como tierra, mano de obra y capital.

4.1. 2. Superficie sembrada nacional.

A nivel nacional la superficie sembrada de maíz es principalmente de temporal, a razón de 7:1, considerando que el país tiene una gran extensión de zonas áridas; sin embargo, como se observa en la Figura 9, esta disminuyó más que lo que sucede con el maíz de riego con una TCMA de -1.2 % y 0.8 %, respectivamente.(Ver Anexo H).

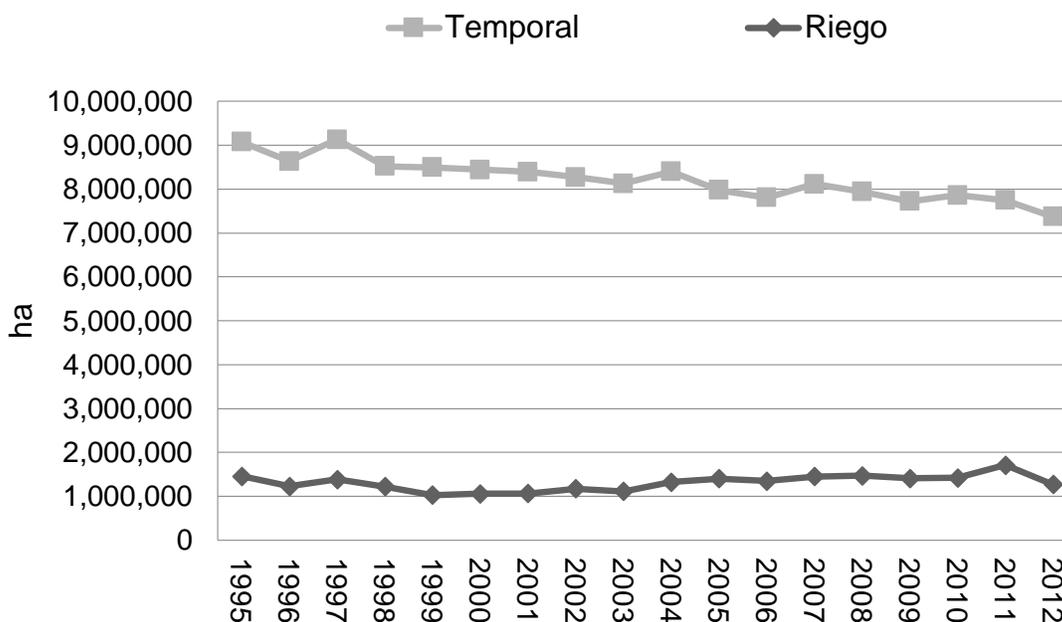


Figura 9. Superficie sembrada nacional de maíz grano.
 Nota: Datos considerando el año agrícola.

4.1. 3. Rendimiento nacional.

Algunos resultados visibles de la innovación tecnológica son los aumentos en los rendimientos. En la Figura 10 se exponen los obtenidos en riego y temporal, siendo estos últimos los que mejoraron en el periodo 1995-2012 con una TCMA de 1.1 %, el rendimiento en riego registró mayores incrementos con una TCMA de 3.0 %. Es destacable que a finales de los años 90s México firma un tratado comercial muy importante con sus vecinos del norte, el NAFTA, mismo que contribuyó, entre otras cosas, al intercambio de nuevas tecnologías aplicadas a la agricultura que contribuyeron al incremento de estos rendimientos (SIACON, 2013). (Ver Anexo I).

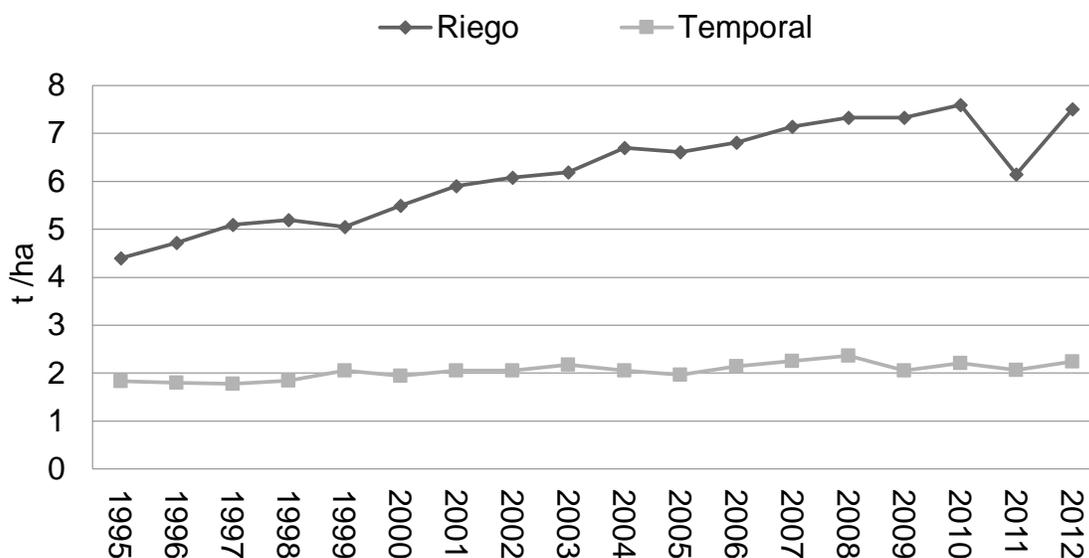


Figura 10. Rendimiento nacional de maíz grano.
 Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo.

4.1.4. Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco (1995-2012).

En la Figura 11 se exponen los registros de producción de maíz los cuales se han ido modificando y perfeccionando, anteriormente no existía la categoría de maíz blanco o maíz amarillo, en general se encontraban solo registros como maíz grano sin clasificar³ con datos desde 1980. La clasificación formal para maíz blanco y amarillo por categoría inició en 1996 para maíz amarillo y en 1999 para maíz blanco.

El volumen de producción de maíz grano a nivel nacional ha tenido cambios considerables en su proporción, mientras que en 1995 a 1999 no se registraron datos de volumen de producción de maíz grano amarillo, excepto en 1996, la producción de este tipo de grado ha aumentado considerablemente a una TCMA de 17 %, pasando de 228, 289.50 t en el año 2000 a 1, 765, 571.02 t producidas en 2012.

³ A partir de 2006 a esta categoría pertenecen en maíz pozolero, maíz de color, etc. Estas no se encuentran en la gráfica por el ciclo de investigación elegido. 1995-2012.

El maíz blanco es el grano preferido de los consumidores mexicanos a partir del año 2000 hasta 2012 registró una TCMA de 46.8 % más que el grano amarillo para el mismo periodo. (Ver Anexo J).

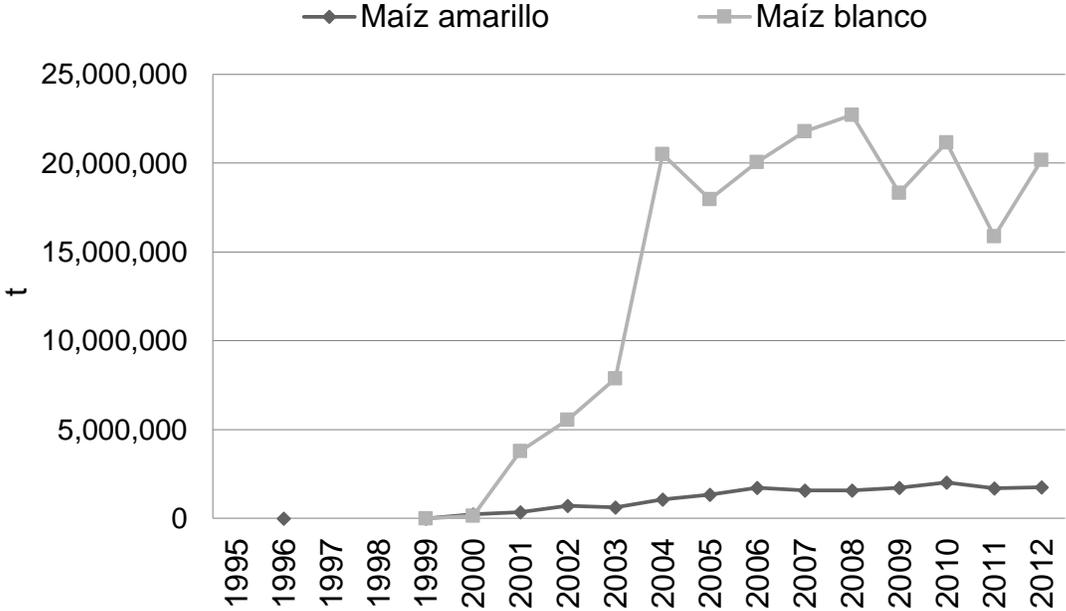


Figura 11. Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco.
 Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo (riego y temporal).

4.1.5. Principales estados productores de maíz grano amarillo⁴, 2012.

Como se muestra en el Cuadro 7, en 2012, solo dieciocho entidades sembraron maíz amarillo; los estados más importantes en maíz fueron Chihuahua, Chiapas y Jalisco, tan solo estos estados ocuparon más del 70 % de la superficie sembrada total. Les continuaron los estados de Tamaulipas, Yucatán y Puebla que juntos forman el 18.6 % del total nacional. Finalmente; los estados de México, Zacatecas, Nayarit y Tlaxcala cuya producción osciló entre el 2 y el 5 % del total (SIACON, 2013)

⁴ Todos los cuadros consideran año agrícola y modalidad de riego y de temporal.

Cuadro 7. Principales estados productores de maíz grano amarillo por superficie sembrada.

Estado	Superficie sembrada(ha)	Porcentaje nacional (%)
Chihuahua	112, 694.46	32.7
Chiapas	86, 770	25.2
Jalisco	56, 617.29	16.4
Tamaulipas	29, 852.74	8.7
Yucatán	19, 871.85	5.8
Puebla	14, 420	4.2
México	7, 306.50	2.1
Zacatecas	6, 933.35	2.0
Nayarit	2, 565	0.7
Tlaxcala	2, 339	0.7

Por otro lado, en 2012, los estados más significativos en cuanto a volumen de producción de maíz amarillo, mostrados en el Cuadro 8, fueron Chihuahua; Jalisco y Tamaulipas, tan solo estos estados ocuparon más del 80 % de las toneladas producidas de este grano a nivel nacional. Les siguieron Chiapas; Zacatecas y el estado de México con poco más del 12 %, y finalmente los estados de Puebla; Nayarit, Sinaloa y Yucatán que ocuparon en conjunto el 3 % (SIACON, 2013).

Cuadro 8. Principales estados productores de maíz grano amarillo por volumen de producción.

Estado	Volumen de producción (t)	Porcentaje nacional (%)
Chihuahua	942, 816.10	53.40
Jalisco	342, 224.99	19.38
Tamaulipas	190, 470.38	10.79

Chiapas	153, 424.07	8.69
Zacatecas	45, 880.38	2.60
México	21, 462.10	1.22
Puebla	16, 515.60	0.94
Nayarit	12, 903.70	0.73
Sinaloa	12, 005.88	0.68
Yucatán	10, 931.30	0.62

Lo distintos volúmenes de producción se explican por la superficie sembrada y por los rendimientos obtenidos. El Cuadro 9 muestra los estados con los mejores rendimientos de grano amarillo encabezados por Querétaro a la cabeza con 9.8 t/ha con más del doble de rendimiento respecto del promedio nacional de 4.3 t/ha. Le siguieron Sinaloa Chihuahua con rendimientos semejantes.

A pesar de ser los estados con los mejores rendimientos existe una diferencia de seis toneladas entre el menor y el mayor rendimiento.

Los estados de Zacatecas; Tamaulipas y Jalisco son los que tuvieron rendimientos homogéneos con 6.6, 6.4, y 6.1 t/ha. Finalmente Nayarit; Guerrero, Tlaxcala y Morelos fueron de los estados, de este grupo, que mostraron menores rendimientos (SIACON, 2013).

Cuadro 9. Estados con mayor rendimiento de maíz grano amarillo.

Estado	Rendimiento t/ha
Querétaro	9.8
Sinaloa	9.3
Chihuahua	8.4
Zacatecas	6.6

Tamaulipas	6.4
Jalisco	6.1
Nayarit	5.1
Guerrero	4.1
Tlaxcala	3.2
Morelos	3.1

4.1.6. Principales estados productores de maíz grano blanco⁵, 2012.

El maíz blanco es dominante entre los consumidores mexicanos, prácticamente se siembra en todos los estados de la República Mexicana. En el Cuadro 10 se exponen los principales estados productores de este grano fueron Chiapas; Oaxaca y Veracruz que formaron más del 25 % de la superficie sembrada de dicho grano. Los estados de Puebla, Jalisco y México con aproximadamente 23.5 % de la superficie sembrada total y finalmente los estados de Michoacán; Guerrero, Sinaloa y Guanajuato con alrededor del 25 % de la superficie sembrada total (SIACON, 2013).

Cuadro 10. Principales estados productores de maíz grano blanco por superficie sembrada.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Porcentaje nacional (%)
Chiapas	610, 792.70	8.78
Oaxaca	600, 900.02	8.63
Veracruz de Ignacio de la Llave	573, 904.20	8.25
Puebla	556, 085.60	7.99
Jalisco	546, 439.90	7.85
México	530, 499.82	7.62

⁵ Todos los cuadros se refieren al año agrícola y en la modalidad de riego y de temporal.

Michoacán de Ocampo	479, 982	6.90
Guerrero	467, 408	6.72
Sinaloa	407, 923.90	5.86
Guanajuato	381, 571.20	5.48

En cuanto a los estados con mayor volumen de producción de maíz grano blanco, expuestos en el Cuadro 11, fueron Sinaloa; Jalisco, Michoacán y México, estos cuatro estados dominaron cerca del 49 %. Le siguieron los estados de Guerrero; Veracruz, Chiapas y Guanajuato con el 25 %. Finalmente los estados de Puebla y Oaxaca con más del 8 % (SIACON, 2013).

Cuadro 11. Principales estados productores de maíz grano blanco por volumen de producción.

Estado	Volumen de producción(t)	Porcentaje nacional (%)
Sinaloa	3, 634, 869.38	18.01
Jalisco	2, 891, 586.65	14.33
Michoacán de Ocampo	1, 796, 825.46	8.90
México	1, 502, 568.73	7.45
Guerrero	1, 296, 997.82	6.43
Veracruz de Ignacio de la Llave	1, 275, 317.54	6.32
Chiapas	1, 240, 430.52	6.15
Guanajuato	1, 217, 706.12	6.03
Puebla	969, 864.21	4.81
Oaxaca	729, 351.18	3.61

Como se observa en el Cuadro 12, el estado con mayor rendimiento de maíz blanco fue Sinaloa, que en el año 2012 obtuvo 9.4 t/ha que fue tres veces mayor al rendimiento

promedio nacional de 2.86 t/ha. Le continuaron Baja California, Sonora y Jalisco con 5.87; 5.57 y 5.50 t/ha respectivamente. Por su parte, Nayarit y Tamaulipas alcanzaron un rendimiento de 4.6 y 4.1 t/ha.

De igual manera que en los rendimientos de maíz amarillo, existe un margen entre los de más bajo y más alto rendimiento que oscila en las cinco t/ha (SIACON, 2013).

Cuadro 12. Estados con mayor rendimiento en maíz grano blanco.

Estado	Rendimiento (t/ha)
Sinaloa	9.40
Baja California Sur	5.87
Sonora	5.57
Jalisco	5.50
Nayarit	4.60
Tamaulipas	4.18
Michoacán de Ocampo	3.88
Guanajuato	3.68
Colima	3.37
Morelos	3.15

4.1.7. Principales estados productores de maíz grano de color y pozolero, 2012⁶

El Cuadro 13 muestra los estados con mayor superficie sembrada donde Campeche fue el mayor productor de maíz grano de color con aproximadamente el 42 % del total de hectáreas sembradas a nivel nacional, en segundo y tercer lugar se ubicaron

⁶ Para la elaboración de estos gráficos se usaron las categorías de maíz de color y maíz pozolero por separado que antes de 2006 fue el maíz sin clasificar.

Chiapas y el estado de México con alrededor del 25 y 13 % respectivamente (SIACON, 2013).

Cuadro 13. Principales estados productores de maíz de color por superficie sembrada.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Porcentaje nacional
Campeche	25, 053	41.7
México	14, 869	24.8
Chiapas	7, 679	12.8
Puebla	3, 040	5.1
Tlaxcala	3, 011	5.0
Jalisco	2, 025	3.4
Guerrero	1, 631	2.7
Michoacán de Ocampo	1, 513	2.5
Chihuahua	1, 230	2.0

Como se aprecia en el Cuadro 14, el grano de color se concentra en cinco estados, los estados de México; Campeche, Chiapas, Tlaxcala y Puebla con más del 87 % del total de las toneladas producidas a nivel nacional. Michoacán; Guerrero, Chihuahua y Jalisco ocuparon casi el 13 % (SIACON, 2013).

Cuadro 14. Principales estados productores de maíz de color por volumen de producción.

Estado	Volumen de producción (t)	Porcentaje nacional (%)
México	34, 446.40	36.8
Campeche	16, 069.76	17.2
Chiapas	10, 825.33	11.6

Tlaxcala	10, 463	11.2
Puebla	9, 975	10.7
Michoacán de Ocampo	4, 828.70	5.2
Guerrero	3, 805.97	4.1
Chihuahua	1, 740	1.9
Jalisco	1, 377	1.5

Los estados que obtuvieron los mejores rendimientos expuestos en el Cuadro 15, fueron Tlaxcala, Puebla y Michoacán con rendimientos superiores a 3 t/ha mayores a la media nacional, en grano de color, de 2.1 t/ha; Guerrero y México obtuvieron rendimientos por alrededor de la media, Chiapas y Chihuahua obtuvieron rendimientos semejantes con 1.4 t/ha. De los menos sobresalientes fueron Campeche y Jalisco con rendimientos menores a la tonelada (SIACON, 2013).

Cuadro 15. Estados con mayor rendimiento en maíz de color.

Estado	Rendimiento t/ha
Tlaxcala	3.5
Puebla	3.4
Michoacán de Ocampo	3.2
Guerrero	2.3
México	2.3
Chihuahua	1.4
Chiapas	1.4
Campeche	0.7
Jalisco	0.7

Como se aprecia en el Cuadro 16, los estados oferentes de maíz pozolero fueron México, Morelos y Puebla con aproximadamente el 96 % de la superficie sembrada a

nivel nacional en 2012. El estado de Guerrero donde se hace el tradicional pozole ocupó el 3.1 % de la superficie sembrada nacional. En último lugar, el estado de Aguascalientes produjo 0.5 % de la superficie (SIACON, 2013).

Cuadro 16. Principales estados productores de maíz pozolero por superficie sembrada.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Porcentaje nacional (%)
México	3, 650	48.7
Morelos	2, 360	31.5
Puebla	1, 222.90	16.3
Guerrero	230	3.1
Aguascalientes	38	0.5

De acuerdo al Cuadro 17, los estados con mayor volumen de maíz pozolero fueron México, Morelos y Puebla con el 97 % del total producido a nivel nacional. Guerrero y Aguascalientes con alrededor del 3 % del volumen total (SIACON, 2013).

Cuadro 17. Principales estados productores de maíz pozolero por volumen de producción.

Estado	Volumen de producción (t)	Porcentaje nacional (%)
México	16, 823.25	54.9
Morelos	7, 080	23.1
Puebla	5, 923.20	19.3
Guerrero	749	2.4
Aguascalientes	93.6	0.3

El maíz pozolero se ha destinado principalmente a la elaboración de platillos típicos aumentando su consumo en las épocas decembrinas. El Cuadro 18 expone los estados con los mayores rendimientos de este grano. Puebla con 7.4 t/ha casi duplica

la media nacional de 4.1 t/ha, México; Guerrero y Morelos con rendimientos superiores a las 3 t/ha, en último lugar se ubicó Aguascalientes con 2.5 t/ha. El rendimiento del maíz pozolero es comparable con los rendimientos del maíz blanco y además superior al maíz de color (SIACON, 2013).

Cuadro 18. Estados con mayores rendimientos de maíz pozolero.

Estado	Rendimiento t/ha
Puebla	7.4
México	4.6
Guerrero	3.3
Morelos	3.0
Aguascalientes	2.5

4.2. Situación de maíz grano en el estado de México (2001-2012)

El estado de México es uno de los consumidores y productores de maíz grano blanco, aunque los registros oficiales actualmente son a partir de 2001, su producción ha ido aumentando al igual que el maíz grano amarillo. En cuanto a maíz de color este es más aún más apreciado que el de color amarillo pues se destina al consumo humano para la elaboración de platillos típicos y además es preferido por su sabor (SIACON, 2013).

4.2.1. Superficie sembrada en el estado de México.

Como se describe en el Cuadro 19, los registros de producción de maíz grano amarillo en el estado de México fueron a partir de 2004 con una TCMA de 46.9 % hasta 2012. En el caso del maíz grano blanco manifestó un crecimiento más dinámico con una TCMA de 86.6 %. El maíz de color obtuvo una TCMA de 47.7 %. En cuanto al maíz pozolero este obtuvo una TCMA de -3.4 % (SIACON, 2013).

Cuadro 19. Superficie sembrada (ha) de maíz grano en el estado de México.

Año	Maíz grano amarillo	Maíz grano blanco	Maíz grano de color	Maíz grano pozolero
2001		298		
2002		41, 059		
2003		80, 470		
2004	230	545, 119.35	445	4, 995
2005	5, 257.25	523, 494.45	6, 906.50	5, 950
2006	4, 969	560, 125	8, 846	5, 678.80
2007	5, 495.50	567, 179.20	6, 399.20	2, 580
2008	4, 001.40	543, 293.80	9, 885.50	2, 740
2009	6, 208.40	542, 786.21	14, 731.50	2, 711
2010	8, 645	545, 412.39	5, 728	2, 711
2011	4, 130	477, 303.30	6, 629.30	3, 450
2012	7, 306.50	530, 499.82	14, 869	3, 650
TCMA	46.9	86.6	47.7	-3.4

4.2.2. Volumen de producción en el estado de México.

Como se aprecia en el Cuadro 20, la producción de maíz blanco fue más dinámica con una TCMA de 85.9 % de 2001 a 2012, le continuó el maíz amarillo con una TCMA de 47 %. El grano de color alcanzó una TCMA de 43.7 % y el maíz pozolero una TCMA de -0.4 %, ambos de 2004 a 2012 (SIACON, 2013).

Cuadro 20. Volumen de producción (t) de maíz grano en el Estado de México.

Año	Maíz grano amarillo	Maíz grano blanco	Maíz grano de color	Maíz grano pozolero
2001		880.2		
2002		99, 576.40		
2003		238, 306.27		
2004	670	1, 564, 187.25	1, 319	17, 482.50
2005	10, 867.12	1, 166, 299.10	16, 769.79	17, 500
2006	12, 289.85	1, 740, 506.23	23, 264.17	25, 270.66
2007	17, 041.42	1, 953, 190.52	20, 609.19	11, 860
2008	11, 566.27	1, 846, 761.52	28, 620.49	15, 070.30
2009	10, 668.59	1, 271, 110.57	26, 222.64	8, 200
2010	21, 916.87	1, 505, 440.65	12, 699.30	9, 488.50
2011	4, 460.34	633, 439.41	6, 898.94	4, 380
2012	21, 462.10	1, 502, 568.73	34, 446.40	16, 823.25
TCMA	47.0	85.9	43.7	-0.4

4.2.3. Rendimiento obtenido en el Estado de México.

La evolución del rendimiento del maíz grano, presentada en el Cuadro 21, expone al maíz pozolero como el de mayor dinamismo y una TCMA de 3.1 %. El grano con menor

rendimiento fue el de color con una TCMA de -2.7 %. Referente a los granos amarillo y blanco estos mostraron aumentaron marginalmente su rendimiento con una TCMA de 0.1 % para ambos (SIACON, 2013).

Cuadro 21. Rendimiento (t/ha) obtenido de maíz grano en el Estado de México.

Año	Maíz grano amarillo	Maíz grano blanco	Maíz grano de color	Maíz grano pozolero
2001		3.0		
2002		2.7		
2003		3.0		
2004	2.9	2.9	3.0	3.5
2005	2.3	2.5	2.6	2.9
2006	2.5	3.1	2.6	4.5
2007	3.2	3.5	3.3	4.6
2008	2.9	3.4	2.9	5.5
2009	2.6	2.4	2.1	3.0
2010	2.6	2.8	2.8	3.5
2011	1.7	2.0	1.8	2
2012	2.9	3.0	2.3	4.6
TCMA	0.1	0.1	-2.7	3.1

4.2.4. Precio medio rural en el Estado de México.

El precio del maíz junto de otros granos ha ido en aumento a nivel nacional como internacional y esto porque gran parte de la producción se ha destinado a la elaboración de biocombustibles. Como se observa en el Cuadro 22, el maíz amarillo percibió más incrementos en el precio pasando de 1, 988.06 \$/ t en 2004 a 4, 956.89 \$/t en 2012 con una TCMA de 10.7 %. El maíz blanco paso de 199.81 \$/ t en 2001 a

4, 516.15 \$/ t en 2012 con una TCMA de 7.5 %. En el caso del maíz de color obtuvo una TCMA de 9.1 % con 2, 198.64\$/ t en 2004 a 4, 827.85 \$/ t en 2012. Finalmente el maíz pozolero para el Estado de México es el que menos creció en precio con un precio de 2, 900.00 \$/ t en 2004 y 4, 923.40 \$/ t en 2012 y una TCMA de 6.1 % (SIACON, 2013).

Cuadro 22. Precio medio rural de maíz grano en el Estado de México.

Año	Maíz grano amarillo	Maíz grano blanco	Maíz grano de color	Maíz grano pozolero
2001		1, 900.81		
2002		2, 653.44		
2003		2, 084.75		
2004	1, 988.06	1, 641.81	2, 198.64	2, 900
2005	1, 762.25	1, 674.47	1, 803.03	2, 800
2006	2, 300	2, 203.55	2, 099.13	3, 000
2007	2, 370.66	2, 639.40	2, 853.08	2, 300
2008	2, 711	3, 027.55	3, 098.24	4, 000
2009	3, 194.90	3, 067.06	3, 433.29	2, 700
2010	3, 321.07	3, 089.51	3, 535.51	3, 200
2011	4, 390.71	4, 222.27	3, 665.22	4, 420
2012	4, 956.89	4, 516.15	4, 827.85	4, 923.40
TCMA	10.7	7.5	9.1	6.1

CAPITULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis socioeconómico de la producción de Maíz

5.1.2. Género del jefe de familia.

La Figura 12 muestra que el 98 % de los jefes de familia son varones y el 2 % mujeres.

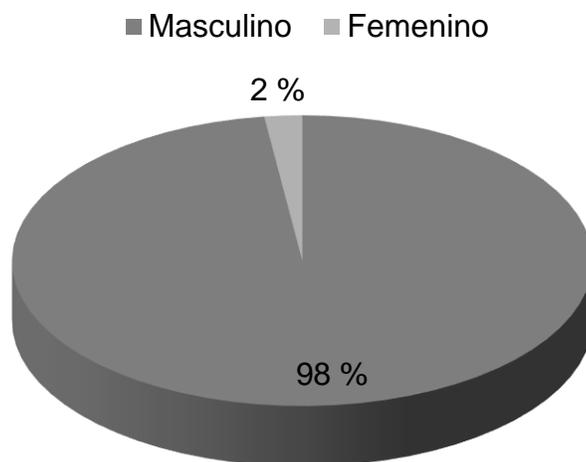


Figura 12. Género del jefe de familia.

5.1.3. Edad del jefe de familia (Varón).

La edad del jefe de familia poseyó un rango de los 20 a 100 años, con una edad promedio de 57 años; sin embargo, en la Figura 13 se aprecia que la edad de los productores se concentró de los 41 a los 70 años. Los deciles más pequeños fueron los productores menores de 30 y mayores de 80 años de edad.

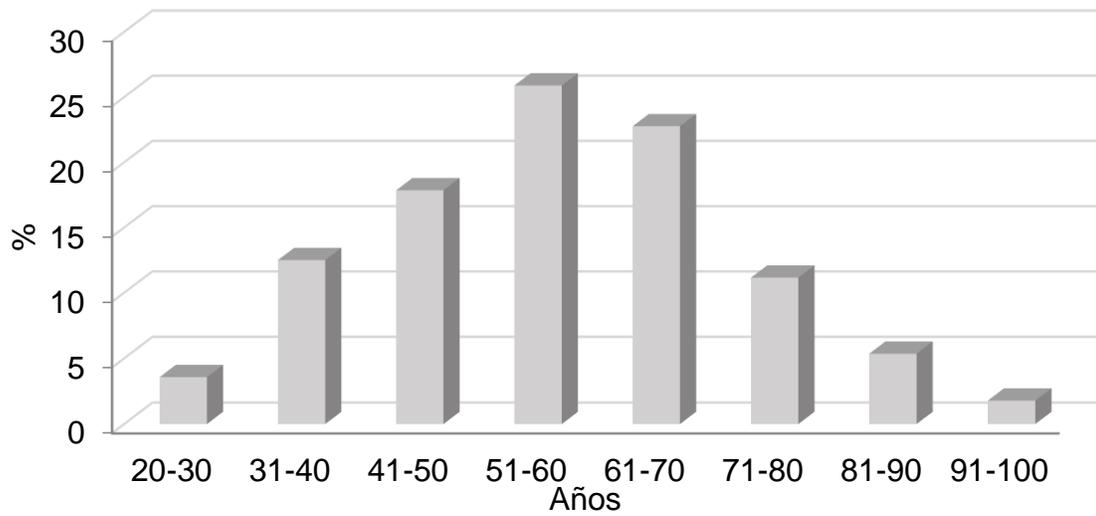


Figura 13. Edad del jefe de familia.

5.1.4. Edad del jefe de familia (Mujer).

Como se expone en la Figura 14, la edad del jefe de familia (mujer) se concentró en el decil de 61 a 70 años edad. Su edad promedio fue de 66 años, aproximadamente 10 años mayor de la edad promedio del jefe de familia.

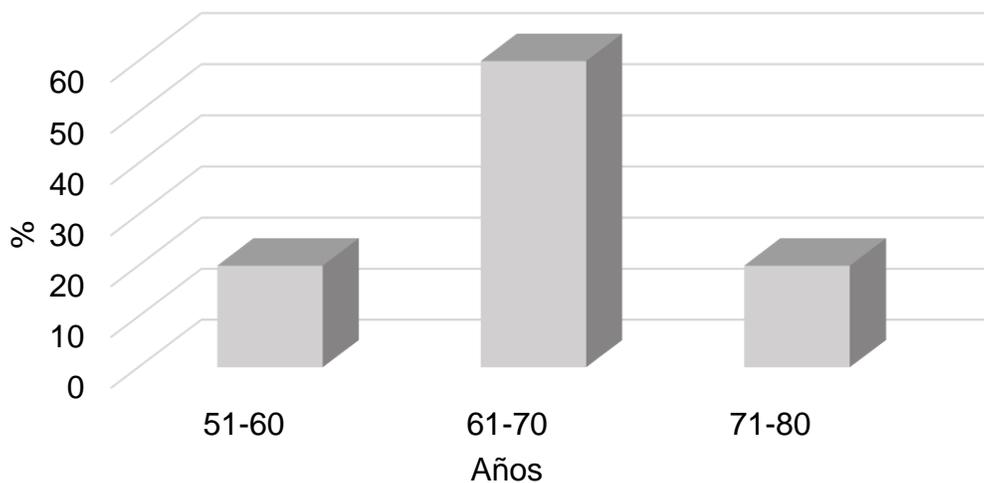


Figura 14. Edad de la jefa de familia.

5.1.5. Escolaridad del jefe de familia (Varón).

Del total de jefes de familia varones, como señala la Figura 15, el 86 % de ellos eran alfabetos y el 14 % analfabetos. El 59 % de estos tenían al menos un grado a nivel primaria, el 16 % de ellos contó con al menos un grado de secundaria. El 11 % con al menos un grado de bachillerato o preparatoria y solo el 3 % con al menos un grado universitario o técnico universitario.

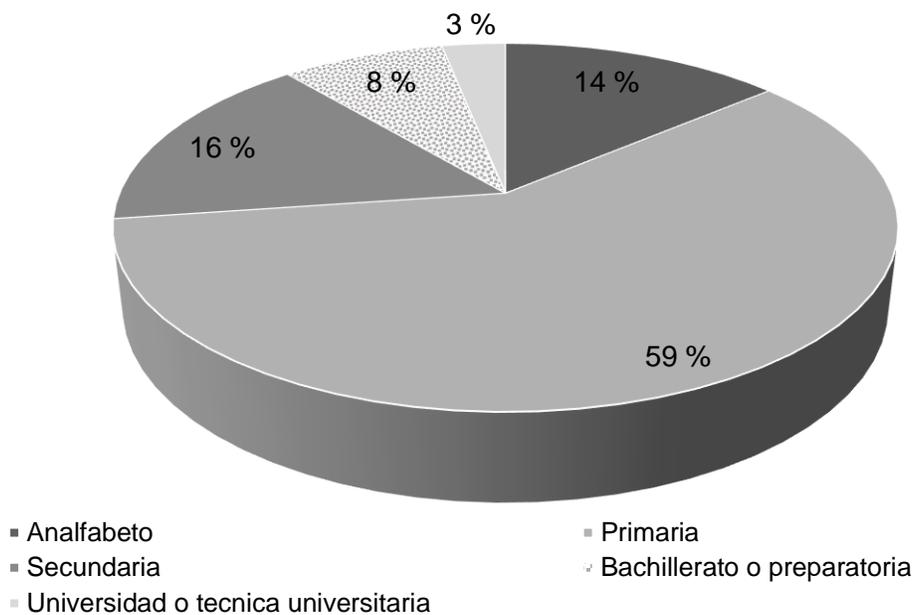


Figura 15. Escolaridad del jefe de familia varón.

5.1.6. Escolaridad del jefe de familia (Mujer).

Como se observa en la Figura 16, aproximadamente el 80 % de las jefas de familia eran alfabetas, con al menos un grado cursado a nivel primaria, y el restante 20 % analfabetas.

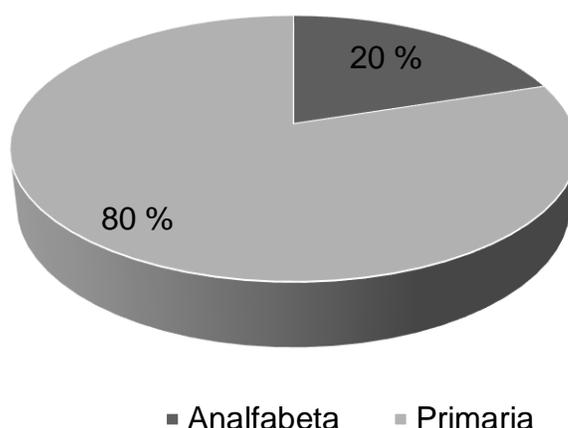


Figura 16. Escolaridad de la jefa de familia mujer.

5.1.7. Principal fuente de ingreso del productor (Varón).

En la Figura 17, se aprecia que el 90 % de los productores, varones, de maíz declararon que su principal fuente de ingreso provinó de oficios no agropecuarios como albañilería; comercio, obrero o empleado en el área de autoservicios, de algunos pocos proviene de las pensiones o de empleos a nivel profesional.

Solo el 10 % de los productores manifestaron que las actividades agropecuarias eran su principal fuente de ingreso.

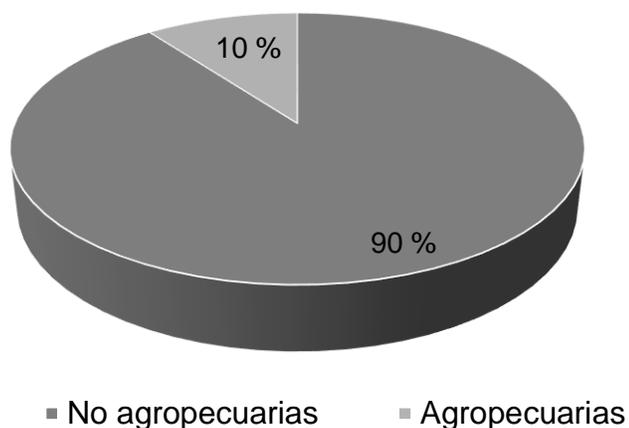


Figura 17. Principal fuente de ingreso del productor varón.

5.1.8. Principal fuente de ingreso del productor (Mujer).

En el caso del productor (mujer); la Figura 18 revela que el 80 % de estas obtuvieron sus ingresos de actividades no agropecuarias como el comercio. Por su edad avanzada y bajo nivel educativo estas no ejercían como obreras ni tareas a nivel profesional.

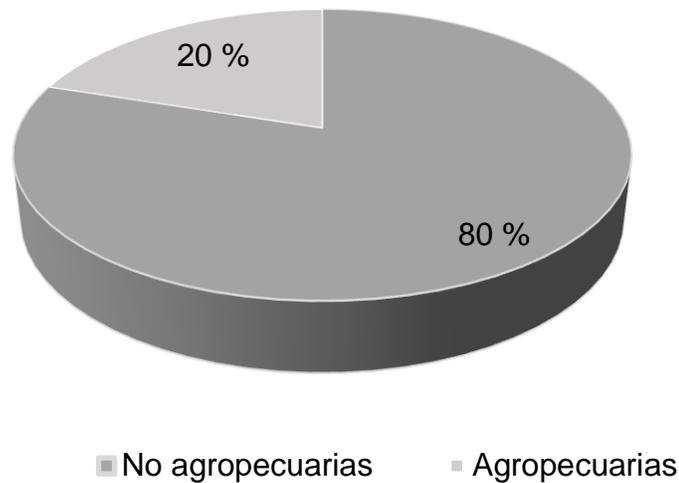


Figura 18. Principal fuente de ingreso del productor mujer.

5.2. Análisis técnico de la producción de Maíz

En este apartado se formularon diferentes modelos analizados en GLM y la regresión stepwise obteniendo aquel modelo que explica mejor la situación actual de la producción de maíz en el oriente del Estado de México.

Para el cálculo de la función de producción se partió de los supuestos básicos como la existencia de un producto; maíz, y de los factores (insumos) que lo determinan.

5.2.1. Modelos planteados.

En este modelo, para identificar las variables técnicas que afectan a la variable dependiente, se planteó la hipótesis de que el rendimiento de maíz estaba en función

del nitrógeno; fósforo, potasio, mano de obra, tipo de semilla, riego, cantidad de semilla, maquinaria, herbicidas, plaguicidas, estiércol, tracción animal, y de los efectos entre los insumos quedando como sigue:

$$R = f (N, P, K, MO, TS, A, QS, MAQ, HE, PLA, ES, AN, N2, P2, K2, QS2, N3, P3, K3, QS3, NP, NK, PK)$$

Donde:

Variable	Unidad	Símbolo
Rendimiento	kg/ha	<i>R</i>
Riego	binario (0/1)	<i>A</i>
Tipo semilla	binario (0/1)	<i>TS</i>
Mano de obra	no. Jornal	<i>MO</i>
Fósforo	kg/ha	<i>P</i>
Nitrógeno	kg/ha	<i>N</i>
Potasio	kg/ha	<i>K</i>
Maquinaria	hr/ha	<i>MAQ</i>
Herbicidas	binario (0/1)	<i>HE</i>
Plaguicidas	binario (0/1)	<i>PLA</i>
Estiércol	binario (0/1)	<i>ES</i>
Cantidad de semilla	kg/ha	<i>QS</i>
Tracción animal	binario (0/1)	<i>AN</i>

Y los efectos:

Variable	Unidad	Símbolo
N al cuadrado	kg/ha	<i>N</i> ²
P al cuadrado	kg/ha	<i>P</i> ²
K al cuadrado	kg/ha	<i>K</i> ²
Cantidad de semilla al cuadrado	kg/ha	<i>QS</i> ²
P al cubo	kg/ha	<i>P</i> ³
K al cubo	kg/ha	<i>K</i> ³
Cantidad de semilla al cubo	kg/ha	<i>QS</i> ³
Producto NP	kg/ha	<i>NP</i>
Producto NK	kg/ha	<i>NK</i>
Producto PK	kg/ha	<i>PK</i>

No se contó con información estadística de otras variables que pudieran tener influencia sobre los rendimientos como son temperatura; cultivos previos, ambiente, entre otros, para este modelo.

Realizando una primera regresión con GLM, resultó que no todas las variables tenían efecto significativo sobre la variable dependiente utilizando el criterio de selección generalmente aplicado para la discriminación de variables; que la probabilidad de que el parámetro sea 0 fuera < 15 %.

Las variables que tuvieron relación estadísticamente significativa con el rendimiento fueron; *MO*, *TS*, *A*, *MAQ*, *HE*, *PLA*, *P2*, *P3* y *NP*. El resto de las variables no resultaron significativas en este análisis. (Ver Cuadro 23 y Anexo K).

Cuadro 23. Variables con relación estadísticamente significativa ($R^2 = 0.5565$).

Variable	MO	TS	A	MAQ	HE
Pr > t	<.0001	<.0001	0.0796	0.1464	0.0169
Variable	PLA	P2	P3	NP	
Pr > t	0.0892	0.1329	0.1170	0.0555	

En la regresión stepwise se utilizaron las mismas variables. Esta usó dos criterios; seleccionó las variables que hicieron mayor aportación al R^2 y que su respectivo parámetro tuviera una probabilidad menor de 15 % de ser 0 lo que significa que sí tienen relación estadísticamente significativa con la variable dependiente rendimiento. Además discriminó aquellas variables que pudieran tener problemas de multicolinealidad como *MAQ* y *NP*, no así en GLM. (Ver Cuadro 24 y Anexo L).

Cuadro 24. Resumen de variables seleccionadas ($R^2 = 0.5328$).

Step	Variable seleccionada	R2	Pr > F
1	TS	0.4030	<.0001
2	P	0.4503	<.0001
3	A	0.4684	0.0062
4	HE	0.4841	0.0096
5	MO	0.5012	0.0062
6	PLA	0.5090	0.0609

7	P2	0.5166	0.0644
8	AN	0.5234	0.0769
9	P3	0.5279	0.1490
10	N	0.5328	0.1338

5.2.2. Modelos definitivos.

Con los resultados obtenidos en el primer modelo planteado, y para descartar problemas de multicolinealidad; se seleccionaron las variables significativas de ambas regresiones, GLM y stepwise, sin repetir, y se formuló un nuevo modelo aplicando las mismas regresiones quedando como:

$$R = f (MO, TS, A, MAQ, HE, PLA, P2, P3, NP, P, AN, N)$$

En el procedimiento GLM, las variables que tuvieron relación estadísticamente significativa con el rendimiento fueron; *TS, P, A, HE, PLA, P2, P3* y *MO*.

El tipo de semilla (*TS*) que utiliza el productor para la producción de maíz es primordial, tan solo el cambio de usar semilla criolla a semilla mejorada incrementa en el rendimiento 1780.42 kg/ha.

Por cada kilogramo adicional de fósforo (*P*) aplicado se genera un incremento en el rendimiento de 43.52 kg/ha.

El cambio del sistema de temporal al sistema de riego (*A*) incrementa el rendimiento en 665.19 de kg/ha.

La aplicación de herbicida (*HE*), existiendo malezas, aumenta el rendimiento en 386.29 kg/ha con respecto a que si este no se aplicara.

Cada jornal agregado (*MO*) al proceso de producción aumenta el rendimiento en 16.86 kg/ha.

La aplicación de plaguicidas (*PLA*) muestra un efecto negativo en aquellos que los utilizaron, su uso está relacionado con una disminución en el rendimiento en 462.63 kg/ha posiblemente porque la plaga generó algún daño al cultivo.

El efecto cuadrático y cúbico de fósforo (*P2*) y (*P3*) señala que la relación que se establece entre diferentes cantidades de este insumo y el rendimiento tiene productos marginales crecientes y decrecientes. (Ver Cuadro 25 y Anexo M).

Cuadro 25. Variables con relación estadísticamente significativa y ($R^2=0.5565$).

Variable	TS	P	A	HE
Pr > t	<.0001	.0005	0.0180	0.0206
Variable	PLA	P2	P3	MO
Pr > t	0.0854	0.0187	0.0455	0.0003

El análisis stepwise obtuvo los mismos resultados que en el modelo previamente elaborado, seleccionando a *TS, P, A, HE, MO, PLA, P2; AN, P3* y *N* como las variables más significativas.

La variable *TS* es la que tiene mayor relación estadística significativa en el rendimiento y por si sola aporta el 40 % de la variación de dicha variable; el fósforo (*P*) por si solo contribuye al rendimiento en 5 %, la aplicación de riego (*A*) con el 2 %, la aplicación

de herbicida (*HE*) y la utilización de mano de obra (*MO*) aportan más del 1 %, respectivamente. Estas variables en conjunto explicaron en aproximadamente en 50 % la variación en rendimiento de maíz.

El resto de las variables como *PLA*; *P2*, *AN*, *P3* y *N* en total contribuyeron al rendimiento aproximadamente con el 3 %.

Las variables no descritas en este análisis no tienen coeficientes estadísticamente significativos y fueron eliminadas algunas como *MAQ* y *NP* que resultaron correlacionadas por lo que no pueden estar ambas en el mismo modelo de regresión. (Ver Cuadro 26 y Anexo N).

Cuadro 26. Resumen de variables seleccionadas y ($R^2=0.5328$).

Step	Variable seleccionada	R^2	Pr > F
1	TS	0.4030	<.0001
2	P	0.4503	<.0001
3	A	0.4684	0.0062
4	HE	0.4841	0.0096
5	MO	0.5012	0.0062
6	PLA	0.5090	0.0609
7	P2	0.5166	0.0644
8	AN	0.5234	0.0769
9	P3	0.5279	0.1490
10	N	0.5328	0.1338

Al ser *TS* la variable que más afecta en el rendimiento, es importante mencionar que el 78 % de los productores usó semilla criolla y el 22 % usó semilla mejorada, aunque los mayores rendimientos se obtuvieron usando semilla mejorada, tanto en riego como temporal con 4.8 t/ha en ambos sistemas, y los rendimientos usando semilla criolla fueron más bajos con 2.9 t/ha en riego y 2.3 t/ha en temporal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El maíz es el cultivo de mayor importancia en la dieta de la población mexicana, pues es el producto más importante de su canasta básica, a nivel nacional existen diferentes variedades nativas principalmente para consumo humano; sin embargo con la apertura comercial se ha dado cabida al uso de híbridos en sus diferentes modalidades, riego y temporal, ampliando así los usos de este grano.

México es uno de los principales productores de maíz blanco y principal consumidor e importador de maíz amarillo con producción insuficiente para abastecer la creciente demanda del grano (amarillo), no solo a través del consumo de tortilla sino por la creciente demanda de las industrias pecuaria y de almidón, la primera para la elaboración de alimento para ganado y la segunda para suplementos y otros productos alimenticios.

El Estado de México consume y produce principalmente maíz grano blanco, con aumento en los rendimientos obtenidos así como el precio percibido, aunque en este último se ha visto más beneficiado el maíz amarillo por ser destinado al sector industrial.

La producción de maíz en la zona oriente del Estado de México es una actividad liderada por el género masculino, adulto y senil, y donde el sector joven tiene poca participación. La participación femenina solo aparece en sustitución del varón e igualmente con escasez de participación de la población joven.

Los productores, varones y mujeres, son alfabetos contando con al menos un grado de educación primaria.

Las actividades agropecuarias y en particular la producción de maíz no son la principal fuente de ingresos para los productores, hombres y mujeres, sino que obtienen su ingreso de otras actividades como albañilería; comercio, autoservicios, entre otros.

Las variables que determinan en mayor medida el rendimiento de maíz y estadísticamente significativas son el tipo de semilla; el fosforo, el riego, la aplicación de herbicidas, el uso de plaguicidas, el uso de mano de obra, el uso de tracción animal y el uso de nitrógeno.

Recomendaciones

Se sugiere promover el mayor uso de semillas mejoradas como la mejor acción para influir en mayores rendimientos.

Se sugiere que para futuras investigaciones se incorporen otras variables como posibles determinantes del rendimiento tales como temperatura; cultivos previos, precipitación, entre otros y así ver su efecto en los ciclos presentes de producción.

Se sugiere que en investigaciones posteriores, para una región “pequeña”, se aumente el número de encuestas para darle más confiabilidad a los resultados.

LISTA DE REFERENCIAS

- Anselin, L., Bongiovanni, R., & Lowenberg-DeBoer, J. (2004). A spatial econometric approach to the economics of site-specific nitrogen management in corn production. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(3), 675-687.
- Agricultural Market Information System (AMIS). (2014). U.S. imports and exports: Maize. Recuperado de <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html>
- Babu, P. R. (2013). Cost benefit analysis in organic farming. *International Journal of Retailing & Rural Business Perspectives*, 2(4), 609-621.
- Battese, G.E., & Coelli, T. J. (1993). A stochastic frontier production function incorporating a model for technical inefficiency effects. Artículo presentado en The Australasian Meeting of the Econometric Society en la Universidad de Sydney, AUS. Recuperado de http://www.une.edu.au/__data/assets/pdf_file/0004/16087/emetwp69.pdf
- Bontems, P., & Thomas, A. (2000). Information value and risk Premium in agricultural production: The case of split nitrogen application for corn. *American Journal of Agricultural Economics*, 82(1), 59-70.
- Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American Economic Association*, 18(1), 139-165. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1811556>
- Dorman, P. (2014). *Microeconomics: A fresh start*. Recuperado de <http://www.gbv.de/dms/zbw/738433551.pdf>

Energy Information Administration (EIA). (2013a, Abril 23). *Biofuels: Ethanol & biodiesel explained*. Recuperado Noviembre 11, 2013, de http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biofuel_home

Energy Information Administration (EIA). (2013b, Abril 23). Total biofuels consumption. Recuperado Noviembre 11, 2013, de <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=2>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007a). Competitividad de la agricultura en América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de cómputo. Recuperado Enero 15, 2015, de http://www.fao.org/docs/up/easypol/769/comp_agri_america_221sp.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014b). Annual averages maize prices. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.fao.org/economic/est/prices/CIWPQueryServlet>

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (FAOSTAT). (2013a). Top exports. Recuperado Noviembre 11, 2013, de <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (FAOSTAT). (2013b). Top imports. Recuperado Noviembre 11, 2013, de <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division (FAOSTAT). (2013c). World corn production. Recuperado Noviembre 11, 2013, de <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Fulginiti, L. E., & Perrin, R. K. (1997) LDC Agriculture: Non-parametric Malmquist productivity indexes. *Journal of Development Economics*, 53, pp. 373-390. Recuperado de http://digitalcommons.unl.edu/ageconfacpub/11?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fageconfacpub%2F11&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Gobierno del Estado de México (GEM). (2013, Noviembre 15). Turismo: Mapas y municipios. Recuperado Noviembre 15, 2013, de <http://portal2.edomex.gob.mx/edomex/temas/turismo/regionesymunicipios/index.htm>

Gómez, E. (1964). Funciones de producción en la agricultura. *Revista de Estudios Agrosociales*, 48, pp. 35-130. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reas%2Fr048_02.pdf

Hurtado, H.F. (2006). *Competitividad de los productores de maíz en el Estado de México* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

McMahon, T. (2015). Historical consumer price index (CPI-U) data. Recuperado Octubre 15, 2015, de http://inflationdata.com/inflation/Consumer_Price_Index/HistoricalCPI.aspx?reloaded=true

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2001). Nota técnica. Cálculo de indicadores. Recuperado Noviembre 15, 2013, de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpvsh/doc/metodologia_indicadores.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010a). Estado de México: División municipal. Recuperado Noviembre 15, 2013, de http://www.cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/mexico.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013b). Índices de precios al consumidor. Recuperado Noviembre 15, 2013, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112000200010&T=Índices de Precios al Consumidor&ST=Principales índices>

Maneschi, A. (1996). Jules Dupuit: A sesquicentennial tribute to the founder of benefit-cost analysis. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 3(3), pp. 411-432.

McGuckin, J.T., Gollehon, N., & Ghosh, S. (1992). Water conservation in irrigated agriculture: A stochastic production frontier model. *Water Resources Research*, 28(2). pp. 305-312.

Monke, E. A., & Pearson, S. R. (1989). *The policy analysis matrix for agricultural development*. Recuperado Febrero 25, 2015, de <http://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/pambook/pambook.pdf>

Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135(3), pp.370-378. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2344614>

Paul, S. (1970). Investment in Agriculture: A cost-benefit analysis. *Economic and Political Weekly*, 5(20), pp. 808-811. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/4359987>

Pearson, S., Monke, E., Naylor, R., Falcon, W., & Heytens, P. (1990). *Indonesian rice policy*. Recuperado Febrero 25, 2015, de <http://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/ricebook/ricepolicy.pdf>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013a). Estados con mayor rendimiento de maíz grano amarillo. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013b). Estados productores de maíz grano blanco por superficie sembrada 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013c). Estados productores de maíz grano blanco por volumen de producción 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013d). Estados con mayor rendimiento de maíz grano blanco en 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013e). Estados productores de maíz de color por superficie sembrada 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013f). Estados productores de maíz de color por volumen de producción 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013g). Estados con mayor rendimiento en maíz de color 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013h). Estados productores de maíz pozolero por superficie sembrada 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013i). Estados productores de maíz pozolero por volumen de producción 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013j). Estados con mayor rendimiento de maíz pozolero 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013k). Precio medio rural de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013l). Precios Precio medio rural nacional de maíz grano. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013m).Productores de maíz amarillo por superficie sembrada 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013n).Productores de maíz amarillo por volumen de producción 2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013ñ). Rendimiento de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013o). Rendimiento nacional de maíz grano 1995-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013p). Superficie sembrada nacional de maíz grano 1995-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013q).Superficie sembrada de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013r). Volumen de producción de maíz grano de riego y temporal 1995-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Sistema de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013s). Volumen de producción de maíz grano en el Estado de México 2001-2012. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>

Statistical Analysis System (SAS® 9.0) [Programa estadístico]. (2002). SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.

Thrikawala, S., Weersink, A., Kachanoski, G., & Fox, G. (1999) Economic feasibility of variable-rate technology for nitrogen on corn. *American Journal of Agricultural Economics Association*, 81(4), pp. 914-927.

Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., y Vera, R. (2010). Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción. *Departamento Producción Animal. Universidad de Córdoba. Documentos de trabajo producción animal y gestión*, ISSN: 1698-4226 DT 13(1), pp. 1-55. Recuperado de [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2\[1\].pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/25_14_43_Modelos2[1].pdf)

Universidad de Sevilla (US). (s.f.). Apéndice tasas de crecimiento. Recuperado Enero 10, 2015, de http://www.esi2.us.es/~fnunez/Texto/PAT_TteA_tasas%20de%20crecimiento.pdf

United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. (USDA). (2013). U.S. Exports of agricultural & related products to Mexico 2009-2013. Recuperado Noviembre 11, 2013, de <http://apps.fas.usda.gov/GATS/default.aspx>

United States Department of Agriculture. Economic Research Service. (USDA). (2014a). Mexico trade & FDI. Recuperado Agosto 10, 2014, de <http://www.ers.usda.gov/topics/international-markets-trade/countries-regions/nafta,-canada-mexico/mexico-trade-fdi.aspx#.VDW4PPIdUbQ>

United States Department of Agriculture. Economic Research Service. (USDA). (2014b). U.S.-Mexico agricultural trade. Recuperado Agosto 10, 2014, de http://www.ers.usda.gov/media/865916/strong_growth_d.html

ANEXOS

Anexo A: Principales países productores de maíz.

País	Producción promedio (t) 1995-2012	% Respecto al mundial	TCMA
EUA	269192252.7	38.5	2.1
China	141323000.4	20.2	3.5
Brasil	43599088.61	6.2	3.8
México	20098252.94	2.9	1
Argentina	17287217.61	2.5	4.6
Francia	14962353.17	2.1	1.1
India	14947038.89	2.1	4.5
Indonesia	12395950.39	1.8	4.9
Sudáfrica	9761514.278	1.4	5.4
Italia	9579040.389	1.4	-0.2

Anexo B: Exportaciones agrícolas y de productos relacionados de EUA a México, 2013.

Concepto	Millones de dólares	%
Productos a granel	5,639.20	44
Intermedios	4,174.30	22
Orientados al consumidor	8,299.80	30
Productos relacionados	795.00	4
Total	18,908.30	100

Anexo C: Exportaciones agrícolas a granel de EUA a México, 2013.

Producto	Millones de dólares	%
Maíz	1,764.80	31
Trigo	911.30	16
Granos sin refinar	263.70	5
Arroz	402.10	7
Soya	1,537.70	27
Semillas oleaginosas	64.30	1
Algodón	418.60	7
Semillas comestibles	111.50	2
Tabaco	56.90	1
Otros	108.40	2

Anexo D: Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en EUA.

Año nacional de mercado	Exportaciones	Importaciones	Saldo
2000/01	49.31	0.17	49.14
2001/02	48.38	0.25	48.13
2002/03	40.33	0.36	39.97
2003/04	48.25	0.35	47.9
2004/05	46.18	0.27	45.91
2005/06	54.2	0.22	53.98
2006/07	53.98	0.3	53.68
2007/08	61.91	0.5	61.41
2008/09	46.96	0.34	46.62
2009/10	50.29	0.21	50.08
2010/11	46.59	0.7	45.89
2011/12	39.14	0.74	38.4
2012/13	18.54	4.06	14.48
2013/14	48.7	0.9	47.8
2014/15*	44.45	0.63	43.82

Nota: * Los periodos están por año nacional de mercado de EUA y el año 2014/15 es un pronóstico.

Anexo E: Balanza comercial de maíz (amarillo y blanco) en México.

Año nacional de mercado	Exportaciones	Importaciones	Saldo
2000/01	0.01	5.92	-5.91
2001/02	0.009	4.07	-4.061
2002/03	0.16	5.2	-5.04
2003/04	0.07	5.61	-5.54
2004/05	0.03	5.95	-5.92
2005/06	0.2	6.56	-6.36
2006/07	0.22	8.53	-8.31
2007/08	0.11	9.64	-9.53
2008/09	0.16	7.67	-7.51
2009/10	0.64	8.16	-7.52
2010/11	0.08	8	-7.92
2011/12	0.69	10.93	-10.24
2012/13	0.52	5.73	-5.21
2013/14	0.55	11	-10.45
2014/15*	0.5	10	-9.5

Nota: * Los periodos están por año nacional de mercado como se define en EUA y el año 2014/15 es un pronóstico

Anexo F: Precio medio rural nominal y real nacional de maíz en México.

Año	Precio nominal	INPC	Factor	Precio real
1995	1,091.57	25.79	26.39	4135.66
1996	1,434.61	34.66	35.47	4044.80
1997	1,353.75	41.80	42.78	3164.19
1998	1,446.18	48.46	49.60	2915.79
1999	1,454.48	56.50	57.82	2515.34
2000	1,507.78	61.86	63.31	2381.48
2001	1,451.07	65.80	67.34	2154.70
2002	1,500.56	69.11	70.73	2121.46
2003	1,618.01	72.26	73.95	2188.02
2004	1,678.59	75.64	77.42	2168.29
2005	1,577.93	78.66	80.50	1960.09
2006	2,010.55	81.52	83.42	2410.02
2007	2,441.99	84.75	86.73	2815.49
2008	2,817.04	89.09	91.18	3089.57
2009	2,802.05	93.81	96.01	2918.52
2010	2,816.48	97.71	100.00	2816.48
2011	4,077.81	101.04	103.41	3943.44
2012	4,009.63	105.20	107.66	3724.38

Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo.

Anexo G: Precio medio rural nominal y real nacional de maíz amarillo (No. 2) en EUA.

Año	Precio nominal	INPC	Factor	Precio real
1995	123.75	152.4	69.89	177.06
1996	165.34	156.9	71.95	229.79
1997	117.2	160.5	73.60	159.23
1998	102.2	163	74.75	136.72
1999	91.76	166.6	76.40	120.10
2000	88.22	172.2	78.97	111.71
2001	89.61	177.1	81.22	110.33
2002	99.25	179.88	82.49	120.31
2003	105.07	183.96	84.36	124.54
2004	111.94	188.9	86.63	129.22
2005	98.39	195.3	89.56	109.85
2006	121.07	201.6	92.45	130.95
2007	162.65	207.34	95.09	171.05
2008	223.13	215.3	98.74	225.98
2009	165.64	214.54	98.39	168.36
2010	184.56	218.06	100.00	184.56
2011	292.33	224.94	103.16	283.38
2012	298.32	229.59	105.29	283.33

Anexo H: Superficie sembrada nacional de maíz grano.

Año	Riego	Temporal
1995	1,456,917	7,622,719
1996	1,229,322	7,409,723
1997	1,384,207	7,748,867
1998	1,225,156.50	7,295,482.90
1999	1,029,170.20	7,466,705.34
2000	1,060,262.93	7,384,531.52
2001	1,068,565.71	7,328,313.15
2002	1,174,047.50	7,096,891.76
2003	1,115,569.87	7,011,251.38
TCMA	-2.9	-0.9
2004	1,326,576.07	7,077,064.28
2005	1,406,672.29	6,571,931.08
2006	1,351,852.50	6,455,487.66
2007	1,452,322.60	6,665,045.71
2008	1,470,056.51	6,472,228.72
2009	1,410,017.98	6,316,091.62
2010	1,425,157.46	6,435,548.03
2011	1,715,310.50	6,034,990.69
2012	1,269,197.47	6,103,020.72
TCMA	-0.5	-1.6
TCMA TOTAL	-0.8	-1.2

Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo.

Anexo I: Rendimiento nacional de maíz grano.

Año	Temporal	Riego
1995	1.83	4.40
1996	1.80	4.72
1997	1.78	5.10
1998	1.84	5.20
1999	2.05	5.06
2000	1.94	5.50
2001	2.06	5.91
2002	2.05	6.08
2003	2.18	6.19
2004	2.06	6.70
2005	1.97	6.61
2006	2.14	6.82
2007	2.25	7.15
2008	2.36	7.33
2009	2.06	7.33
2010	2.21	7.59
2011	2.07	6.15
2012	2.24	7.51
TCMA	0.6	1.9

Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo.

Anexo J: Producción nacional de maíz grano amarillo y blanco.

Año	Maíz amarillo	Maíz blanco
1995		
1996	2,326	
1997		
1998		
1999	0	0
2000	228,289.50	137,542.98
2001	366,294.38	3,796,629.88
2002	726,590.61	5,553,312.86
2003	631,547.97	7,883,570.01
2004	1,061,330.33	20,508,488.38
2005	1,330,127.71	17,961,283.54
2006	1,718,291.85	20,060,877.16
2007	1,574,675.11	21,777,449.40
2008	1,573,914.77	22,719,396.07
2009	1,713,432.11	18,332,643.86
2010	2,018,369.72	21,165,671.44
2011	1,692,409.67	15,873,783.26
2012	1,765,571.02	20,179,483.20
TCMA	17.0	46.8

Nota: Datos considerando el año agrícola respectivo (riego y temporal).

Anexo K: Salida GLM del primer modelo planteado.

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr> t
Término independiente	-1295.648	2063.4259	-0.63	0.5308
N	10.954944	9.834176	1.11	0.2666
P	21.521289	15.659998	1.37	0.1709
K	12.887387	20.280515	0.64	0.5258
MO	19.852893	4.929977	4.03	<.0001
TS	1825.1456	270.55415	6.75	<.0001
A	543.4635	308.42749	1.76	0.0796
QS	138.32332	194.06824	0.71	0.4768
MAQ	35.725785	24.50523	1.46	0.1464
HE	405.21669	168.24896	2.41	0.0169
PLA	-477.6803	279.70923	-1.71	0.0892
ES	-136.0166	160.43501	-0.85	0.3975
AN	-111.1481	229.21895	-0.48	0.6283
N2	-0.06338	0.096147	-0.66	0.5105
P2	-0.460617	0.305278	-1.51	0.1329
K2	0.070093	0.482788	0.15	0.8847
QS2	-3.700764	5.907954	-0.63	0.5317
N3	-0.000042	0.000269	-0.16	0.8756
P3	0.002194	0.001394	1.57	0.117
K3	-0.000963	0.002571	-0.37	0.7083
QS3	0.032765	0.057318	0.57	0.5682
NP	0.113069	0.058714	1.93	0.0555
NK	0.144626	0.126495	1.14	0.2542
PK	-0.337965	0.253674	-1.33	0.1842

Anexo L: Resumen de selección stepwise del primer modelo planteado.

Step	Varibel entered	Number Var In	Partial R- square	Model R- square	C(p)	F-Valor	Pr>F
1	TS	1	0.403	0.403	50.9592	153.25	<.0001
2	Pte	2	0.0473	0.4503	31.0822	19.46	<.0001
3	A	3	0.018	0.4684	24.7454	7.63	0.0062
4	HE	4	0.0157	0.4841	19.4845	6.82	0.0096
5	MO	5	0.0171	0.5012	13.5852	7.64	0.0062
6	PLA	6	0.0079	0.509	11.9559	3.55	0.0609
7	P2	7	0.0076	0.5166	10.4639	3.45	0.0644
8	AN	8	0.0068	0.5234	9.3005	3.16	0.0769
9	P3	9	0.0045	0.5279	9.2108	2.1	0.149
10	N	10	0.0049	0.5328	8.9677	2.26	0.1338

Anexo M: Salida GLM del modelo definitivo.

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr> t
Término independiente	543.83125	416.942	1.3	0.1935
TS	1780.0421	248.93691	7.15	<.0001
P	43.521306	12.260617	3.55	0.0005
A	665.1963	279.16745	2.38	0.018
HE	386.29446	165.60081	2.33	0.0206
MO	16.86348	4.6406677	3.63	0.0003
PLA	-462.633	267.6871	-1.73	0.0854
P2	-0.648604	0.2737629	-2.37	0.0187
AN	-209.4687	222.78239	-0.94	0.3481
P3	0.002553	0.0012689	2.01	0.0455
N	2.429405	2.4939245	0.97	0.3311
NP	0.017881	0.0390037	0.46	0.6471
MAQ	24.993229	22.996408	1.09	0.2783

Anexo N: Resumen de selección stepwise del modelo definitivo.

Step	Varibel entered	Number Var In	Partial R- square	Model R- square	C(p)	F-Valor	Pr>F
1	TS	1	0.403	0.403	52.6691	153.25	<.0001
2	Pte	2	0.0473	0.4503	32.6566	19.46	<.0001
3	A	3	0.018	0.4684	26.2681	7.63	0.0062
4	HE	4	0.0157	0.4841	20.9622	6.82	0.0096
5	MO	5	0.0171	0.5012	15.0139	7.64	0.0062
6	PLA	6	0.0079	0.509	13.3622	3.55	0.0609
7	P2	7	0.0076	0.5166	11.8486	3.45	0.0644
8	AN	8	0.0068	0.5234	10.6656	3.16	0.0769
9	P3	9	0.0045	0.5279	10.5629	2.1	0.149
10	N	10	0.0049	0.5328	10.3059	2.26	0.1338