



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

**DIVISIÓN DE CIENCIAS
ECONOMICO – ADMINISTRATIVAS**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE
MAÍZ EN EL ESTADO DE MEXICO**

T E S I S



QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMIA AGRICOLA

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

PRESENTA

HERIBERTO GENARO VELAZQUEZ XOCHIMIL

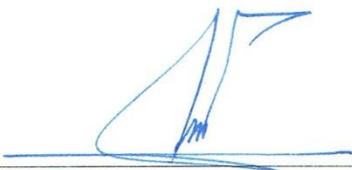
Noviembre de 2015
Chapingo, Estado de México



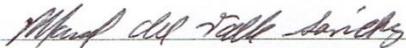
**“ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL ESTADO
DE MÉXICO”**

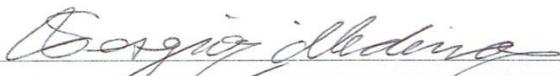
Tesis realizada por **Heriberto Genaro Velázquez Xochimil**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

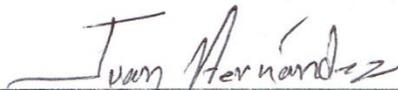
DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR: 
DR. MARCOS PORTILLO VAZQUEZ

ASESOR: 
DR. IGNACIO CAAMAL CAUICH

ASESOR: 
DR. MANUEL DEL VALLE SANCHEZ

ASESOR: 
DR. SERGIO ERNESTO MEDINA CUÉLLAR

LECTOR EXTERNO: 
DR. JUAN HERNÁNDEZ ORTÍZ

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico sin el cual no habría sido posible efectuar mi doctorado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, a la División de Ciencias Económico – Administrativas y a todos mis profesores de quienes me llevo gratos recuerdos y valiosas enseñanzas.

Al Dr. Marcos Portillo Vázquez; mi director de tesis, una gran persona y excelente profesor. Al Dr. Ignacio Caamal Cauch, mi asesor de tesis; por su amistad y dedicación como profesor de toda mi preparación profesional. Al Dr. Manuel del Valle Sánchez, mi asesor de tesis; por su apoyo incondicional y valiosas aportaciones al presente trabajo.

A mis compañeros de generación: Carlos Sánchez Gómez y Bibiana Pérez Licona por su amistad y quienes dieron su valioso punto de vista sobre mis avances en la investigación.

A la Dr. Bertha Larqué, investigadora del INIFAP; quien desde los estudios de maestría me motivo a continuar con el doctorado.

DEDICATORIA

A mis padres y hermana: Genaro Velázquez Vargas, María Xochimil Juárez y Ana Lilia Velázquez, quienes con su esfuerzo, sencillez y optimismo, me dieron las herramientas y los consejos para continuar con mis estudios y de los cuales herede la pasión, gratitud y dedicación por el trabajo.

A Karen, Gabriel y Nicolás, sean cual fuere las circunstancias, siempre sabia que mis logros eran de ellos. Gracias por su tolerancia y compañía en la vida.

DATOS BIOGRAFICOS

Heriberto Genaro Velázquez Xochimil nació el 16 de mayo de 1981, en el Distrito Federal, México.

Los estudios de primaria los realizó en la escuela “Ignacio Zaragoza” de la localidad de Santa Inés, Texcoco. La secundaria en la escuela “Nezahualcoyotl” n°130 localizada en la cabecera municipal del mismo municipio y los estudios posteriores en la escuela preparatoria oficial anexa a la Normal de Texcoco.

En el año 2003 obtuvo el título de Licenciado en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo.

Del año 2004 al 2007 fue profesor de nivel bachillerato en el municipio de Chicoloapan, México.

En el año de 2011 concluyó los estudios de maestría en la Universidad Autónoma Chapingo con el título de Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.

Entre los años 2011 y 2015 realizó los estudios de doctorado en Economía Agrícola en la División de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo, México.

ANALISIS ECONOMICO DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MEXICO
ECONOMIC ANALYSIS OF CORN PRODUCTION IN THE STATE OF MEXICO

Velázquez X.H.G¹., Portillo V.M².

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal propósito la aplicación de la teoría microeconómica en unidades productivas de maíz en el Estado de México, partiendo de información obtenida de la recopilación de datos del Dr. Felix Hurtado Huaman en el año 2006. Dicha información fue para elaborar y proponer funciones de producción: lineales, cuadráticas y cúbicas para obtener los coeficientes técnicos donde la producción se maximiza usando eficientemente los insumos y la mano de obra. Seleccionadas las variables estadísticamente significativas y la conformación de funciones de producción para cada uno de los municipios (en la modalidad riego y temporal), se obtuvo el análisis de los óptimos técnicos y económicos. A través de la elasticidad se puede corroborar que en 73.5% la veracidad de las hipótesis. Los productores trabajan en su mayoría en la segunda etapa de producción debido a un modelo de aprendizaje que se perfecciona con el tiempo.

Palabras clave: maíz, función de producción, Estado de México.

ABSTRACT

The main purpose of this research was to apply microeconomic theory to corn production units in the State of Mexico, based on information gathered by Dr. Felix Hurtado Huaman in 2006. This information was used to develop and propose production functions: linear, quadratic and cubic to obtain technical coefficients where production is maximized by using inputs and labor efficiently. Once the statistically significant variables were selected and the production functions for each of the counties (for irrigation and rain-fed systems) created, the analysis of the technical and economic optima was obtained. Through the elasticity obtained, the veracity of the hypothesis can be corroborated by 73.5%. most producers are working in the second stage of production due to a learning model that will be improved over time

Keywords: corn, production function, State of México.

¹ Tesista

² Director de tesis

INDICE	Página
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO II. MARCO ECONÓMICO AGRÍCOLA.....	19
2.1 Orígenes del maíz	19
2.2. Producción y distribución mundial del maíz.....	22
2.3. Producción y distribución del maíz en México.....	27
2.4. La comercialización del maíz en México.....	33
2.5. El maíz en el contexto del TLCAN.....	35
2.6. Tipología de productores de maíz.....	38
2.7. Caracterización de la producción del Estado de México.....	40
2.8. Análisis económico de la producción de maíz en el Estado de México.....	42
CAPITULO III. MARCO TEORICO.....	47
3.1. Teoría de la producción.....	47
3.1.1. Producto total (Pt).....	50
3.1.2. Producto medio (PM).....	50
3.1.3. Producto marginal (Pmg).....	50
3.1.4. Etapas de la producción.....	52
3.1.5. Elasticidad de la producción.....	53
3.2. Proceso de optimización.....	54
3.2.1. Optimo técnico.....	55
3.2.2. Óptimo económico.....	56
3.3. Modelos.....	57
3.3.1. Modelo económico.....	57
3.3.2. Modelo econométrico.....	58
3.4. Análisis estadístico.....	59
3.4.1. Coeficiente de determinación (R^2).....	59
3.4.2. La F calculada (F_{cal}).....	60
3.4.3. La razón de t.....	60
CAPITULO IV. METODOLOGIA.....	61
4.1. Localización del área de estudio.....	61
4.2. Proceso de producción del maíz.....	62
4.3. Manejo de información.....	64
CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
BIBLIOGRAFIA.....	112
ANEXOS.....	119

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Consumo aparente de granos básicos. Año 2011. Miles de toneladas.....	13
Cuadro 2. Producción nacional de granos básicos. Año agrícola 2011 y 2012. Miles de toneladas.....	16
Cuadro 3. Panorama mundial del maíz, 2013.....	24
Cuadro 4. Variedades y usos del maíz.....	27
Cuadro 5. Principales cultivos de Estado de México (maíz grano- modalidad riego)...	41
Cuadro 6. Principales cultivos de Estado de México (maíz grano- modalidad temporal).....	41
Cuadro 7. Superficie de maíz en Estado de México 2012 (riego OI+PV).....	41
Cuadro 8. Superficie de maíz en Estado de México 2012 (temporal OI-PV).....	42
Cuadro 9. Costo total por hectárea.....	43
Cuadro 10. Costo total por kilo de maíz cosechado.....	43
Cuadro 11. Estructura de los costos de producción de maíz por kilo de maíz cosechado.....	44
Cuadro 12. Ingreso bruto promedio general por kilo de maíz cosechado.....	45
Cuadro 13. Ingreso neto por hectárea.....	45
Cuadro 14. Número de encuestas por municipio.....	65
Cuadro 15. Modalidad de las unidades productivas por municipio.....	67
Cuadro 16. Variables significativas para cada municipio.....	68
Cuadro 17. Resultados estadísticos del municipio de Amecameca modalidad temporal.....	70
Cuadro 18. Resultados de análisis económico del municipio de Amecameca modalidad temporal.....	70
Cuadro 19. Resultados estadísticos del municipio de Ayapango modalidad temporal...72	
Cuadro 20. Resultados del análisis económico del municipio de Ayapango modalidad temporal.....	72
Cuadro 21. Resultados estadísticos del municipio de Chalco modalidad temporal.....	75
Cuadro 22. Resultados del análisis económico del municipio de Chalco modalidad temporal.....	76
Cuadro 23. Resultados estadísticos del municipio de Chalco modalidad riego.....	78
Cuadro 24. Resultados del análisis económico del municipio de Chalco modalidad de riego.....	78
Cuadro 25. Resultados estadísticos del municipio de Chiautla modalidad riego.....	81
Cuadro 26. Resultados del análisis económico del municipio de Chiautla modalidad de riego.....	81
Cuadro 27. Resultados estadísticos del municipio de Jiquipilco modalidad de riego... 84	
Cuadro 28. Resultados del análisis económico del municipio de Jiquipilco modalidad riego.....	85
Cuadro 29. Resultados estadísticos del municipio de Jocotitlan modalidad riego.....	88
Cuadro 30. Resultados del análisis económico del municipio de Jocotitlan modalidad riego.....	88
Cuadro 31. Resultados estadísticos del municipio de Jocotitlan modalidad temporal... 90	
Cuadro 32. Resultados del análisis económico del municipio de Jocotitlan modalidad temporal.....	90
Cuadro 33. Resultados estadísticos del municipio de Morelos modalidad riego.....	92

Cuadro 34. Resultados del análisis económico del municipio de Morelos modalidad de riego.....	92
Cuadro 35. Resultados estadísticos del municipio de Morelos modalidad temporal.....	94
Cuadro 36. Resultados del análisis económico del municipio de Morelos modalidad temporal.....	94
Cuadro 37. Resultados estadísticos del municipio de Ozumba modalidad temporal...	97
Cuadro 38. Resultados del análisis económico del municipio de Ozumba modalidad temporal.....	97
Cuadro 39. Resultados estadísticos del municipio de Temascaltepec modalidad riego.....	100
Cuadro 40. Resultados del análisis económico del municipio de Temascaltepec modalidad riego.....	100
Cuadro 41. Resultados estadísticos del municipio de Temoaya modalidad riego.....	102
Cuadro 42. Resultados del análisis económico del municipio de Temoaya modalidad riego.....	102
Cuadro 43. Resultados estadísticos del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad riego..	104
Cuadro 44. Resultados del análisis económico del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad riego.....	105
Cuadro 45. Resultados estadísticos del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad temporal.....	106
Cuadro 46. Resultados del análisis económico del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad temporal.....	106
Cuadro 47. Resultados estadísticos del municipio de Texcoco modalidad temporal...	107
Cuadro 48. Resultados del análisis económico del municipio de Texcoco modalidad temporal.....	107
Cuadro 49. Variables utilizadas en escasa cantidad.....	108
Cuadro 50. Variables utilizadas racionalmente.....	108
Cuadro 51. Variables utilizadas en exceso.....	108

INDICE DE GRÁFICAS

Página

Gráfica 1. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Amecameca).....	69
Gráfica 2. Dispersión y tendencia de variable estiércol modalidad temporal en el (municipio de Ayapango).....	71
Gráfica 3. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad temporal (municipio de Chalco).....	73
Gráfica 4. Dispersión y tendencia de la variable Tiempo de maquinaria modalidad temporal (municipio de Chalco).....	74
Gráfica 5. Dispersión y tendencia de la variable tipo de semilla modalidad temporal en el municipio de Chalco.....	74
Gráfica 6. Dispersión y tendencia de la variable Potasio modalidad temporal (municipio de Chalco).....	75
Gráfica 7. Dispersión y tendencia de la variable labores agrícolas modalidad riego municipio de Chalco.....	78
Gráfica 8. Dispersión y tendencia de tipo de semilla modalidad riego (municipio de Chiautla).....	79
Gráfica 9. Dispersión y tendencia de la variable fosforo modalidad riego (municipio de Chiautla).....	80
Gráfica 10. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad riego (municipio de Chiautla).....	80
Gráfica 11. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad riego (municipio de Jiquipilco).....	82
Gráfica 12. Dispersión y tendencia de variable cantidad de semilla modalidad riego (municipio de Jiquipilco).....	83
Gráfica 13. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad riego (municipio de Jiquipilco).....	83
Gráfica 14. Dispersión y tendencia de variable herbicidas modalidad riego (municipio de Jiquipilco).....	84
Gráfica 15. Dispersión y tendencia de variable tiempo de maquinaria modalidad riego (municipio de Jocotitlan).....	86
Gráfica 16. Dispersión de variable nitrógeno modalidad riego (municipio de Jocotitlan).....	87
Gráfica 17. Dispersión de variable fósforo modalidad riego (municipio de Jocotitlan).87	
Gráfica 18. Dispersión de variable potasio modalidad riego (municipio de Jocotitlan).88	
Gráfica 19. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad temporal (municipio de Jocotitlan).....	90
Gráfica 20. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad riego (municipio de Morelos).....	91
Gráfica 21. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad riego municipio de Morelos.....	92
Gráfica 22. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad temporal (municipio de Morelos).....	93
Gráfica 23. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad temporal (municipio de Ozumba).....	95

Gráfica 24. Dispersión y tendencia de variable tipo de semilla modalidad temporal (municipio de Ozumba).....	95
Gráfica 25. Dispersión y tendencia de variable cantidad de semilla modalidad temporal (municipio de Ozumba).....	96
Gráfica 26. Dispersión y tendencia de variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Ozumba).....	96
Gráfica 27. Dispersión y tendencia de la variable nitrógeno modalidad de riego (municipio de Temascaltepec).....	99
Gráfica 28. Dispersión y tendencia de la variable potasio modalidad riego (municipio de Temascaltepec).....	99
Gráfica 29. Dispersión y tendencia de la variable potasio modalidad riego (municipio de Temoaya).....	101
Gráfica 30. Dispersión y tendencia de la variable labores agrícolas modalidad riego (municipio de Temoaya).....	102
Gráfica 31. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad riego (municipio de Tepetlaoxtoc).....	104
Gráfica 32. Dispersión y tendencia de la variable tracción animal modalidad temporal (municipio de Tepetlaoxtoc).....	105
Gráfica 33. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Texcoco).....	107

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Producción mundial de maíz 2012/13.....	23
Figura 2. Flujo comercial del maíz.....	24
Figura 3. Estadística básica del maíz grano.....	28
Figura 4. Los cinco grandes de México.....	28
Figura 5. Cadena producción - consumo del maíz.....	29
Figura 6. Producción de maíz en México.....	36
Figura 7. Cultivos principales del Estado de México.....	40
Figura 8. Producto total, producto marginal y producto medio.....	52
Figura 9. Óptimo técnico.....	56
Figura 10. Localización del Estado de México.....	61
Figura 11. Colindancias del Estado de México.....	61
Figura 12. Clima del Estado de México.....	62
Figura 13. Ciclo productivo del cultivo del maíz.....	64

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La agricultura aporta a la economía de país; alimentos, materias primas y divisas. La producción de este sector es muy diversa dentro del cual se puede encontrar: granos, oleaginosas, frutales, productos derivados de madera, entre otros.

La producción de maíz obedece al significado y uso que se le han dado en la cultura mexicana, desde su domesticación por las culturas prehispánicas hasta la actualidad, se consume maíz para la alimentación humana y la producción animal. En los últimos años este consumo ha sido superior a la producción nacional, es decir, se necesita una mayor cantidad de maíz para cubrir la demanda del mercado nacional. Tan solo en el año 2011, el consumo fue de 26.8 millones de toneladas, cifra superior a la producida de 17.2 del mismo año. Este déficit de producción ha sido cubierto con importaciones, principalmente de Estados Unidos.

Cuadro 1. Consumo aparente de granos básicos. Año 2011
Miles de toneladas

Cultivo	Total 2011
Maíz	26 896
Frijol	667
Trigo	7 027
Arroz	1 122

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2013.

El consumo de este grano ha formado parte de la alimentación mexicana cotidiana, es esencial en nuestra gastronomía. El maíz es el elemento más relevante en la dieta de los mexicanos, comprendiendo que está no solo se compone de la ingesta de alimentos, sino que expresa relaciones sociales y hace patente actos profundamente cargados de simbolismo cultural (García, 2012: p 16).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), la dieta de los mexicanos está determinada por el nivel de ingresos y la edad, sin embargo

hay coincidencia en algunos alimentos. La mayor frecuencia de gasto de los hogares mexicanos se da en productos como la tortilla (maíz), tomate, huevos, cebolla, papa, pan de dulce, pollo y pasta para sopa (Martínez, 2003: p 6). En casi todos los segmentos de edad, la tortilla tiene un alto porcentaje de consumo y es considerada por todos como un alimento nutritivo y en menor medida: rico y sabroso. (García, 2012: p 177).

La dieta mexicana no es producto de unos pocos años o por la conciencia social de aportes nutricionales, sino que es el resultado de la adaptación de las culturas prehispánicas quienes al ir mejorando las variedades salvajes de maíces originarios, formaron una identidad nacional. La teoría más difundida es la que acepta el origen en México, hace más de 5,000 años, derivándose de una especie silvestre llamada “teosintle”, la selección natural y la hecha por los nativos mesoamericanos, dieron paso a una especie domestica (Paliwal, 2001).

Existen diversas variedades de maíz: que por su color y tamaño dan identidad a sus regiones de origen, sin embargo, en términos generales se hace referencia a dos tipos de maíz: amarillo y blanco, el primero usado en la producción animal y el segundo en la alimentación humana.

A nivel de los estados, la producción se concentra en Sinaloa, Jalisco, Guerrero, Estado de México y Michoacán en el caso del maíz blanco. En especial para el Estado de México, el cultivo de maíz grano abarca el 58.53% de la superficie total sembrada (SEDAGRO, 2011), ocupando a 52,266 productores con rendimientos promedios de 2.01 ton/ha (ASERCA, 2012). El rezago del Estado de México con respecto a otros estados en los rendimientos obedece a los paquetes tecnológicos utilizados en las diferentes regiones, aunado al hecho de que la producción es generalmente de temporal.

Una herramienta con la que se cuenta para elevar los rendimientos sin alterar el nivel de inversión, son las funciones de producción. La función de producción tiene dos utilidades fundamentales: por un lado, nos permiten conocer cómo afectan los diferentes factores productivos a la producción total, y por el otro, es posible realizar predicciones sobre la evolución del mismo (Cepas, 1999: p 19). Generalmente se utilizan formas lineales, cuadráticas y tipo Cobb-Dougllass. Algunas recomendaciones

que nos ofrece una regresión de este tipo y nos muestra las actividades fundamentales es en la región de Cuijingo, Estado de México, donde los factores determinantes del rendimiento resultaron ser el nitrógeno y fosforo, aplicando una función cuadrática. (Velázquez, 2011: p 41). Otra aplicación en la región sureste de Anatolia (Asia menor, Turquía) en el cultivo de trigo, se concluyó que los factores determinantes son el fertilizante y la cantidad de lluvias (Ozsabuncuoglu, 1998: p75).

Otro resultado que pudiese derivar de una función de producción es la determinación del tamaño de una plantación, considerando el costo unitario por unidad de muestra el cual depende del precio del producto y renta de la tierra (Troncoso, 2000).

Planteamiento del Problema

El Estado de México tiene un rendimiento promedio de 2.01 ton/ha en la modalidad de temporal, valor muy por debajo al de otros estados como Jalisco (5.8 ton/ha), Nayarit (3.70 ton/ha); inclusive la nacional que es de 3.2 ton/ha en la misma modalidad. Se destina más de la mitad de la superficie cultivable a este grano con una población de 52, 266 productores. El mejoramiento del rendimiento de la producción de maíz es una condición necesaria para elevar los ingresos que de ella deriven, así como de proveer de alimentos a una sociedad en crecimiento. A nivel nacional, el maíz es el grano mas difundido, se produce al igual que el frijol en todos los Estados del país y su consumo es innegable en la dieta del mexicano, tan solo en 2012 en promedio se consumo por cada individuo era de 123 kg anualmente, cifra muy superior al promedio mundial que es de 16.8 kg (AGRODER, 2012: p 2).

Muchos son los esfuerzos por mejorar la producción en el sector agrícola, desde los años ochenta con la “revolución verde” se inicio una campaña de introducción de variedades mejoradas resistentes a la sequía y con alto potencial productivo. El uso intensivo de capital reflejado en maquinaria para la preparación del terreno, cosecha así como de sistemas de riego. No todos los productores hasta la fecha se han integrado a este proceso de mejoramiento por falta de capital, mala fertilidad de la tierra, falta de

sistemas de riego, entre otras cosas. Es por ello que se debe buscar herramientas que coadyuven en el proceso de eficiencia de los recursos. El incremento de la productividad de los factores reflejado en el rendimiento por hectárea ayudara a elevar los ingresos de la población que de ella dependen. Una alternativa factible es la aplicación de la teoría microeconómica con el uso de funciones de producción. Es importante destacar que los resultados teóricos son pocas veces asimilables por los productores quienes al realizar las actividades de forma tradicional no adoptan las recomendaciones que de ella derivan. Aunado a otros factores como: el acceso limitado a los factores de la producción, las prácticas tradicionales, desempeño de otras actividades complementarias, bajos ingresos, migración y escasa asesoría técnica (Damián^A, 2007: p163).

Sin embargo a pesar de las limitantes que pudieran presentarse en el momento de la aplicación de la teoría, es importante identificar el potencial de la producción con fines de política agrícola que busquen la optimización de los recursos.

Justificación e importancia

En el grupo de los granos básicos a nivel nacional destaca el maíz siendo el cultivo al cual se le dedican grandes extensiones de superficie agrícola, su producción es superior a otros como el frijol, sorgo, arroz ó trigo. Tan solo en el año 2012, en la producción de los cinco granos anteriores, el maíz represento el 60.8%, situación similar a la del año anterior (60.2%).

Cuadro 2. Producción nacional de granos básicos. Año agrícola 2011 y 2012
Miles de toneladas

Cultivo	Total 2011	Total 2012
Maíz	17 240.3	17 446.1
Frijol	567.6	1 068.3
Trigo	3 636.8	3 231.0
Arroz	174.7	177.9
Sorgo	6 729.2	7 022.1

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI, 2013

El Estado de México es uno de los cinco grandes productores de maíz a nivel nacional, aunque también es uno de los más rezagados en cuanto a rendimientos, tiene poca eficiencia en el uso del recurso tierra y un número importante de productores que dependen de este cultivo como medio de subsistencia. La diferencia del rendimientos con otros Estados es explicado por las diferencias en el tipo de suelo, el uso de capital que se traduce en maquinaria, riego y semilla mejorada. Se debe destacar la importancia que tiene no solo para el Estado de México aprovechar su potencial productivo, la necesidad de satisfacer el mercado interno donde la demanda es superior a la producción nacional.

Una de las herramientas con que se cuenta para elevar los rendimientos bajo el mismo nivel tecnológico y la aplicación de insumo de una forma apropiada, es la función de producción. Su aplicación permite hacer recomendaciones sobre el nivel óptimo de uso de recursos en un proceso de producción determinado, para ciertas condiciones de precios de insumos y productos (Krugman, 2006).

La optimización de los recursos es fundamental ya que puede ser el determinante de la rentabilidad o el fracaso de una unidad productiva, la identificación exacta de las variables que influyen en la producción del cultivo de maíz así como la cantidad de insumos y mano de obra, creara un sistema apropiado a cada región del Estado de México. Las actividades no redituables que elevan los costos deben puntualizarse ya que en muchos casos la producción se realiza por transmisión cultural y no por datos empíricos procesados en modelos estadísticos.

Es importante la aplicación de funciones, nos determina con exactitud los insumos a utilizar, las cantidades de mano de obra, entre otras, así como el punto más rentable de una unidad productiva.

Objetivos

Objetivo general

- Aplicar la teoría microeconómica en unidades productivas de maíz del Estado de México.

Objetivos particulares

- Elaborar funciones de producción del cultivo de maíz en el Estado de México de tipo: lineal, cuadrática y cubica para identificar el nivel de ajuste, así como los óptimos técnico y económico.
- Obtener los coeficientes técnicos donde la producción se maximiza en base al uso eficiente de los insumos y de la utilización de mano de obra.
- Identificar las variables que explican la producción, así como la utilización de los precios para optimizar económicamente la regresión estadística.
- Calcular los óptimos técnico y económico de la producción que se desprenden de la función que se ajuste mejor en términos estadísticos.

Hipótesis

De acuerdo a los objetivos planteados, se establecen las siguientes hipótesis:

- La función de producción que se obtenga para cada de los municipios y modalidad que presente el mejor se ajuste dependerá en gran medida de la etapa en la que los productores se encuentren.
- De acuerdo con los estudios encontrados, las variables explicativas del rendimiento son: el nitrógeno, la cantidad de semilla y los riegos, dejando fuera actividades de preparación del terreno como rastreo, deshierbe o escardas.
- Los productores trabajan en la segunda etapa de la producción, por ser un cultivo que a pesar de parecer no rentable, se sigue manteniendo su nivel de cobertura de superficie.

II. MARCO ECONÓMICO AGRÍCOLA

2.1. Orígenes del maíz

El maíz (*Zea Mays L.*) es una planta perteneciente a la familia *gramíneae*, su producción es anual con un ciclo que va de 6 a 10 meses de acuerdo con la variedad, es de porte robusto y de fácil desarrollo. Es de inflorescencia monoica, el tallo es erecto, de elevada longitud puede alcanzar cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, las hojas son largas de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias; se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, las hojas son afiladas y cortantes. Requiere una temperatura de 25° a 30° C, así como bastante incidencia de luz solar,. Para alcanzar la germinación en la semilla la temperatura debe oscilar entre 15° y 20° C. Es un cultivo exigente de agua (5mm al día), sus necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo. Se adapta muy bien a todos los tipos de suelos pero suelos con PH de 6 a 7 son a los que mejor se adapta.

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Serratos, 2009: p2). Es uno de los principales alimentos cultivables en el mundo, se consideran dos las variedades más importantes: el maíz blanco y el maíz amarillo. El primero se produce exclusivamente para consumo humano por su alto contenido nutricional, elaboración de tortillas y tamales, pero también se puede obtener aceite o en la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones. El maíz de grano amarillo también se puede usar para consumo humano, sin embargo, se tiene como destino el consumo pecuario en la alimentación del ganado y en la producción de almidones (Financiera Rural, 2009).

En cuanto al origen, se considera una de las primeras plantas cultivadas por lo agricultores, la evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de

algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas estimadas en más de 5,000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. Las primeras especies que presentan cambios debido a la manipulación humana son el guaje y la calabaza, seguidos del chile y el aguacate... el maíz hace su aparición 2000 años después (Carrillo, 2009: p6)

Existen tres teorías principales del origen del maíz:

- a) Origen asiático. El maíz se habría originado en Asia, en la región del Himalaya. Esta teoría no ha tenido un gran apoyo y se reconoce como uno de los cultivos que se originaron en el Nuevo Mundo.
- b) Origen Andino. Su origen habría sido en los Altos Andes de Bolivia y Perú, la principal justificación de esta hipótesis es la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos.
- c) Origen mexicano. La teoría más aceptada es la que reconoce los vestigios de más de 5,000 años encontrados en México: teoría que cree que el maíz deriva de una especie silvestre llamada “teosinte”, la cual a través de mutaciones y selección natural se convirtió en una especie domestica (Paliwal, 2001).

El teocintle es considerado el ancestro directo del maíz actual y según las últimas evidencias arqueológicas, el origen del maíz data de 8,700 años antes de nuestra era, en la región de Iguala en el estado de Guerrero, en la localidad de Tlaxmalac. Los teocintles son plantas rústicas y silvestres que aun se encuentran en varias localidades en México y que en no pocas ocasiones se les considera como malas hierbas, ó maleza y que en otras tantas como una fuente alterna de alimento para el ganado cuando escasea el forraje (Bedoya, 2011: p32).

Actualmente las mayores colecciones de teocintle se ubican en los bancos de germoplasma de INIFAP, CIMMYT, USDA –ARS y de la Universidad de Guadalajara. (Bedoya, 2010. P36). El conocimiento y estudio de la diversidad del teocintle, tiene el potencial de brindar a los fitomejoradores características agronómicas útiles en esta

especie, que pueden ser utilizadas para mejorar al cultivo del maíz (Bedoya, 2010: p 41).

La diversidad de maíces en México es muy grande, coexisten en el territorio más de 60 razas y cientos de variedades nativas, además de las variedades teocintles. El maíz es un cultivo de polinización cruzada. El polen de una planta fecunda a las plantas vecinas. Así todos los granos de una mazorca y todas las plantas de un campo de maíz son diferentes entre sí y de la generación que las precede (CECCAM, 2012: p1). Esta diferencia en la polinización ha seguido creando nuevas variedades, aunado a la introducción de transgénicos quienes coexisten en la polinización con los maíces nativos. Oficialmente SAGARPA y SEMARNAP han prohibido la siembra de transgénicos en 2011 por la contaminación hacia los maíces nativos, aunque sí ha extendido permisos de siembras experimentales en el norte del país (Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Baja California), lugares que han quedado fuera de las regiones que no son consideradas como centros de origen y diversidad del maíz por ambas instituciones. Tales lugares han sido aprovechado con fines de investigación por diversas corporaciones como: Monsanto, Dow Agrosiences, Syngenta, PHI, etc.

La clasificación y mejora del maíz ha estado en continuo proceso, desde su domesticación hasta la fecha, de forma rustica se ha llevado una selección de los mejores maíces por parte de los productores. A partir de los propios procesos que se generan en las comunidades y los criterios de identificación de las mejores mazorcas por parte de los productores, se aseguran las semillas de buena calidad y su germinación. Como fuente de genes adaptados La conservación de variedades locales tiene una importancia crucial, tanto para los programas convencionales de mejoramiento de los cultivos como para la agricultura de subsistencia (Acosta, 2009: pp 118-119).

A pesar de que algunos plantean que en proceso de domesticación y manejo de las poblaciones pueden estarse activando procesos que causen la perdida de variantes genéticas en el cultivo, otros manifiestan que las comunidades rurales han mantenido gran diversidad genética durante siglos, lo que constituye hoy la fuente donde el sistema

formal institucional obtiene los recursos genéticos para los bancos de germoplasma y la industria de semillas (Acosta, 2009: p119). Resulta paradójico que los pobladores de las comunidades marginadas sean los guardianes de la diversidad del maíz, ya que cada vez se destinan menos recursos económicos a estas comunidades (Serratos, 2009: p2). Los pueblos indígenas y campesinos en los que descansa la supervivencia de la diversidad del maíz están amenazadas por factores económicos que los desplazan de sus territorios y los obliga a emigrar en busca de mejores condiciones de vida (Serratos, 2009: p30).

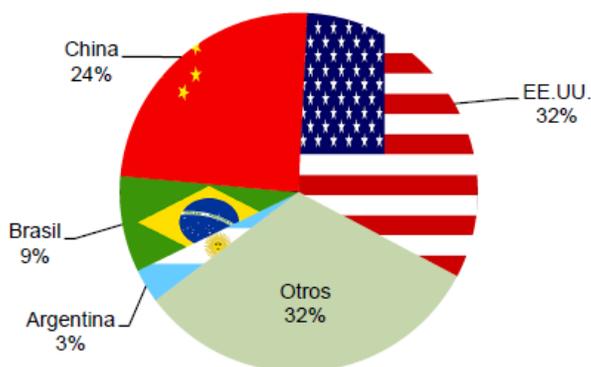
Después de la domesticación del maíz, este fue difundido rápidamente en todo el continente americano, incluyendo Estados Unidos y el Caribe, los exploradores europeos los llevaron a Europa y posteriormente los comerciantes lo difundieron en Asia y África. El maíz se estableció en todo el globo como un importante cultivo alimenticio en numerosos países (Paliwal, 2001). Es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina y, cada vez más en países africanos, un gran porcentaje de maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (Serratos, 2009: p2).

2.2. Producción y distribución mundial del maíz

De todos los cereales existentes, el maíz es el más importante del mundo, debido a la diversificación, ya que se puede usar para uso humano y pecuario especialmente en la producción de pollo y cerdo. En la industria se utiliza para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructosa, aceites, botanas, etanol, bebidas alcohólicas, además de servir como materia prima en la industria minera, textil, electrónica, farmacéutica, alimentaria, etc.

Los principales países productores de maíz son Estados Unidos y China, con más de la mitad de la producción mundial del grano. Lo siguen Brasil y Argentina... siendo estos los principales países productores de maíz a nivel, cualquier situación que afecte la producción de alguno de ellos repercute inmediatamente en los precios internacionales del grano (Villagrán, 2013: p1).

Figura 1. Producción mundial de maíz 2012/13



Fuente: Tomado de Villagrán, 2013: p1.

En cuanto al comercio, destaca nuevamente Estados Unidos quien exporta el 60% del comercio mundial seguido de Argentina quien participa con el 12%. En síntesis, en el mercado mundial existen tres grandes oferentes: Estados Unidos, Argentina y Francia, así como cuatro grandes compradores: Japón, Corea, México y Taiwan. Japón es el mayor importador mundial de maíz por el momento. Mientras que su producción de granos es escasa. Japón es un productor de carne muy grande, por lo que el país es un comprador regular de maíz con especial atención en la calidad. Por su parte Corea del Sur, que es el segundo mayor importador de maíz en el mundo, es un comprador consciente en precio, dispuesto a cambiar su alimentación por trigo u otros cereales y dispuesto a comprar maíz si es la fuente más barata (Romero, 2013: p16).

En la distribución del maíz, los países exportadores son prácticamente los mismos que ocupan los primeros lugares en la producción, en el caso de México, la demanda de maíz es superior a su producción, por lo que se convierte en uno de los mayores importadores sobre todo de maíz amarillo.

Cuadro 3. Panorama mundial del maíz, 2013.

Principales productores		Principales importadores		Principales exportadores	
(Miles de T.M.)		(Miles de T.M.)		(Miles de T.M.)	
Estados Unidos	351, 637	Japón	15, 500	Estados Unidos	32, 500
China	211, 000	Corea del Sur	9, 400	Brasil	20, 500
Brasil	72, 000	México	8, 000	Ucrania	18, 000
Unión Europea	64, 996	Unión Europea	7, 500	Argentina	16, 000
Argentina	26, 000	China	7, 000	India	3, 500

Fuente: Tomado de ASERCA, 2013.

El flujo comercial más grande se realiza de los Estados Unidos de América hacia Japón, Taiwán, Corea, México y la Unión Europea. Argentina exporta a Corea.

Figura 2. Flujo comercial del maíz



Fuente: Tomado de Valdivia, 2004: p41.

Actualmente a nivel mundial, existe una tendencia creciente a producir biocombustibles. Particularmente Estados Unidos destina actualmente 20% de su producción de maíz amarillo a la generación de etanol. Dicha tendencia tendrá efectos en los precios y cantidades producidas y consumidas (González, 2010: p74).

Ante la disminución de la oferta mundial y el aumento de los precios de los combustibles fósiles existe una tendencia creciente por generar alternativas energéticas.

La producción de materias primas para generar biocombustibles compite con la producción de alimentos, fibras y madera (González, 2010: p73). En 2016, las proyecciones de la OECD indican que cerca de un tercio de la producción de cereales secundarios de Canadá y Estados Unidos se utilizara para generar biocombustibles. En promedio, esta mantendrá más altos los precios de los cereales y oleaginosas del 20% a un 40% durante la próxima década, en relación con los precios medios de los últimos años (González, 2010: p82).

En la primera década del siglo XXI se ha vuelto evidente que la agricultura mundial ha sufrido cambios estructurales: el consumo mundial de alimentos y su comercio internacional han alcanzado records históricos; la producción agrícola mundial ha empezado a enfrentar restricciones importantes, sobre todo de suelo y agua; una proporción creciente de la producción de alimentos se ha dedicado a la elaboración de biocombustibles; el impacto de la agricultura en el medio ambiente se ha incrementado de forma notable, y la volatilidad de los precios ha alcanzado niveles sin precedentes (Ketelhöhn, 2012: p3). Se debe recordar que la producción de cereales, también es destinada para la alimentación de animales, la falta de materia prima para los alimentos balanceados creara un aumento también en el precio de los derivados de los animales como: carnes, huevo, leche, entre otros. Otro cultivo que se ve afectado y que debe mencionarse es el de la caña de azúcar donde la máxima productividad y usos se extienden en la elaboración de etanol en Brasil.

El éxito ó fracaso de un país en la sustitución de alimentos por combustibles, dependerá del nivel de incremento que tengan cada uno de ellos, en el caso de México, como un importador de alimentos y exportador de energéticos, el crecimiento evidente de los energéticos por la escasez creara un escenario perjudicial, si por un lado el precio de los combustibles sube, existirá una tendencia al aumento de la producción de etanol destinando la producción de maíz a este fin, reduciendo la cantidad ofertada en el mercado de alimentos, si la demanda es constante, los precios en este caso del maíz

aumentaran. Reduciendo la entrada de divisas por el incremento de los precios del petróleo.

Aunado a lo anterior, la industria nacional que requiere de los dos tipos de maíz: blanco y sobretodo amarillo en la industria pecuaria, el cual se importa de Estados Unidos, y somos deficitarios, debe ser la pauta para seguir elevando la productividad mediante políticas de tecnificación, incremento de riego, introducción de variedades mejoradas, acceso a compra de maquinaria, entre otros. la aplicación de las recomendaciones anteriores requiere de una inversión y transformación de la agricultura nacional, cuya conformación es variada y compleja vista desde cualquier punto de vista.

Conforme los países en crecimiento acelerado enfrentan limitantes a su producción, se ven forzados a abandonar sus intenciones de autosuficiencia y a importar una mayor proporción de los alimentos que requieren. América Latina, África Y Europa de este son las regiones con mayor potencial para suplir las crecientes necesidades mundiales de alimentos (Ketelhöhn, 2012: p4). Los recursos naturales, como el agua, sean vuelto más escasos. Durante el siglo XX, la población se triplicó y el consumo de agua ha aumentado en cerca de seis veces. De los 210 naciones del planeta, 190 tiene escasas de agua y solo diez son abundantes en este recurso. Se estima que aproximadamente 70% del agua disponible en el mundo se usa para la agricultura, y que el arroz, el trigo, el maíz y la soya representan en conjunto 53.3% del consumo hídrico de la agricultura mundial (Ketelhöhn, 2012: p6). Dado que la producción de biocombustibles se desarrolla y expande, se continuará ejerciendo presión sobre la producción de maíz y otros cereales forrajeros en Estados Unidos (Romero, 2013:p20).

Como una opción y nuevamente una justificación en la búsqueda de la elevación de la productividad para evitar escenarios desfavorables en un corto plazo, se deben aplicar técnicas que sean baratas y eficientes, una de ellas es la optimización de los insumos en cada una de las unidades productivas, llamada función de producción.

2.3. Producción y distribución del maíz en México

El maíz es el cultivo de mayor importancia en México, ya que constituye una de las actividades más importantes del sector rural, no solo en términos de uso de suelo, sino que también en el empleo y en el suministro de alimentos de la población rural y urbana (Romero, 2013: p22)...se caracteriza por una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortilla, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera (SIAP, 2012).

Cuadro 4. Variedades y usos del maíz

Nombre de la variedad	Usos
Maíz cerero o ceroso	Se utiliza en la elaboración de adhesivos y gomas
Maíz cristalino	Como alimentos
Maíz dulce	Como alimento para enlatados
Maíz dentado	Como alimento en la industria
Maíz palomero	Como alimentos
Maíz semidentado	Como alimento para mejoramiento genético
Maíz truncado	Para mejoramiento genético del maíz en general

Fuente: Tomado de SIAP, 2012.

Por lo general se hace mención de dos variedades: maíz blanco y maíz amarillo. El primero siendo el más importante, cuya participación en la producción total de maíz fue de 94.6% para 2004 y 92.9% para 2005. Por otro lado, el maíz amarillo represento el 5.9% en promedio para ambos años (SIAP, 2012).

México es superavitario en la producción de maíz para consumo humano. El volumen de importación corresponde casi de forma exclusiva al maíz amarillo, variedad que se usa para alimentar al ganado y producir sustancias derivadas, desde jarabes hasta combustibles.

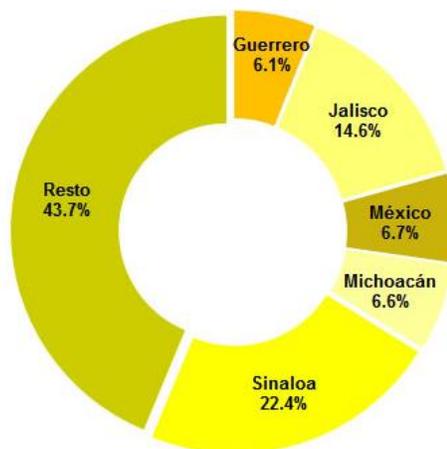
Figura 3. Estadística básica del maíz grano



Fuente: Tomado de SIAP, 2013.

La producción está concentrada en cinco entidades federativas que generan el 56.4% del total nacional. Los principales estados productores de maíz blanco son: Sinaloa, que aporta el 22.4% del total; Jalisco, 14.6%; Michoacán 6.6% y Guerrero contribuye con el 6.1% cada uno. Otros importantes estados en la producción de este grano es el Estado de México con 6.7%. En cuanto a la producción de maíz amarillo, cuatro entidades contribuyen con el 94% de la producción total: Chihuahua (35%), Jalisco (25%), Tamaulipas (21%) y Chiapas (13%).

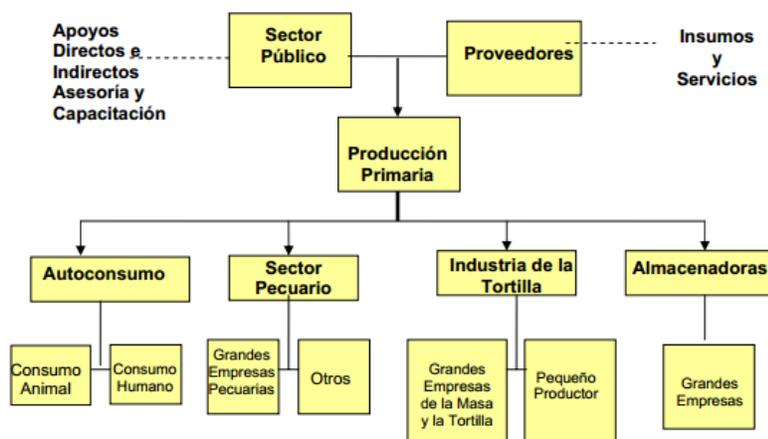
Figura 4. Los cinco grandes de México



Fuente: Tomado de SIAP, 2013.

En los dos ciclos de producción: primavera-verano (PV) y otoño- invierno (OI), hay una clara diferencia en el volumen y la superficie cosechada. El primero alcanza durante el periodo 1996 al 2006 una producción promedio de 15,167.2 miles de toneladas, siendo el 77% de ellas de régimen de temporal. El segundo ciclo durante el mismo periodo alcanza las 4,152.9 miles de toneladas donde el 82% fue obtenido mediante riego (SIAP, 2012). Finalmente, la producción de maíz blanco cubre satisfactoriamente la demanda de este grano. En varios Estados de la republica, el maíz forma parte del sustento directo de millones de personas, lo que representa más del 50%, en forma de tortilla, tamal, atoles, etcétera.

Figura 5. Cadena producción - consumo del maíz



Fuente: Tomado de SIAP, 2012.

Dentro de la cadena de maíz, el productor representa el principal eslabón y tiende a diferir considerablemente en cuanto a los sistemas de producción utilizados en las distintas regiones del país (Romero, 2013: p239). De acuerdo con SIAP, existen en México aproximadamente 2 millones de productores que se dedican al cultivo del maíz, de los cuales el 85% cuentan con menos de cinco hectáreas. Esto nos indica que solo el 15% de los productores cuenta con una extensión superior a cinco hectáreas y es capaz de aprovechar las economías de escala.

Esta desventaja en la extensión de tierra, se debe de agregar los rendimientos que se presentan en cada una de ellas, se estima que el déficit de rendimiento es del orden de

43% bajo temporal, mientras que es sólo 10% en las unidades grandes bajo riego. La mayor parte de las unidades de producción de pequeña y mediana escalas opera a menos de 50% de su potencial (Turrent, 2012: p2).

A nivel nacional, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) es la institución a nivel federal encargada de propiciar el ejercicio de una política de apoyo que permita producir mejor, aprovechar mejor las ventajas comparativas de nuestro sector agropecuario, integrara las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía, y estimular la colaboración de las organizaciones de productos con programas y proyectos propios, así como con las metas y objetivos propuestos, para el sector agropecuario, en el Plan Nacional de Desarrollo (SAGARPA, 2013). Dentro de los programas de apoyo para el maíz tenemos:

- PROCAMPO: El programa de apoyos directos al campo es una contribución directa que el gobierno federal otorga a través de la SAGARPA para apoyar los ingresos de los productores rurales. Este apoyo consiste en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción sembrada y registrada por los agricultores en el programa.
- FIRA: La principal fuente de financiamiento proveniente del sector público es el Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura, dependiente del Banco de México, cuyas acciones están orientadas a incrementar, desarrollar la producción y la productividad de las cadenas agroalimentarias y pesqueras.
- SEGURO: El gobierno federal a través de AGROASEMEX destina recursos en apoyo al aseguramiento agrícola y pecuario, cuyo objetivo es apoyar a los productores para la contratación del seguro agropecuario.
- ASERCA: Apoyos y Servicio a la Comercialización comprende apoyos directos al productor por excedentes de comercialización para la reconversión productiva, integración de cadenas agroalimentarias y atención de factores

críticos que combinan apoyos directos al productor, el manejo de cupos e instrumentos de cobertura de riesgos, la promoción de exportaciones e información comercial y de comportamiento de los mercados que tiene como objetivo proporcionar certidumbre al productor en la toma de decisiones, manteniendo como prioridad la canalización de apoyos directamente al productor.

- **ALIANZA CONTIGO:** Los objetivos específicos están dirigidos a apoyar la organización económica campesina, fomentar la inversión rural de los productores, desarrollar capacidades de la población rural, fortalecer la organización interna de las unidades de producción, producir suficientes alimentos básicos y avanzar en los niveles de sanidad e inocuidad agroalimentaria y pesquera.
- **MASAGRO:** Apoya principalmente a los pequeños productores de maíz en México, a probar y usar variedades mejoradas de maíz y trigo y a promover el uso de la agricultura de conservación y otras tecnologías para incrementar sus rendimiento y sus ingresos, mientras se reducen sus costos (Romero, 2013: pp 28-30).

En cuanto al tipo de producción de maíz: temporal y riego, la primera representa más de la mitad de la producción total, productores con extensiones de tierra mínima, pocos apoyos para la producción y rezago en los sistemas tecnológicos utilizados.

Los rendimientos guardan gran varianza en el país. Las unidades de producción de riego practican el modelo de Agricultura Industrial, logrando rendimientos del orden de 10 ton/ha, comparables a los logrados por sus homólogos estadounidenses. En las tierras temporaleras de mayor calidad, como partes del estado de Jalisco, se cultiva híbridos comerciales con altos niveles tecnológicos, produciendo rendimientos entre 7 y 8 ton/ha. Las tierras de menor calidad agrícola se manejan mayormente en pequeñas unidades, cultivan principalmente razas nativas de maíz, alcanzando rendimientos entre 2 y 3 ton/ha; algunos producen excedentes de grano para el mercado regional. Las

unidades de producción que cultivan tierras marginales tienden a ser del tipo de subsistencia y sub-subsistencia, logrando rendimientos de menos de 1 ton/ha, siembran únicamente razas nativas de maíz. A pesar de sus bajos rendimientos, estas unidades contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria de los estratos rurales más pobres del país (Turrent, 2012: p8).

De acuerdo con la producción de maíz y desde el punto de vista geográfico, Turrent (2012), hace una clasificación en cuatro grandes grupos:

Grupo I. Se ubica en el centro y sur-sureste de México contiene el 70% de las razas nativas de maíz. Esta región tiene una alta probabilidad de preservar su biodiversidad de maíz; comprende estados con medianas a muy altas proporciones de población rural, con uso limitado de híbridos, con producciones de maíz desde media a alta, y rendimientos bajos a altos.

Grupo II. Se ubica en estados del norte del país que producen poco maíz y con frecuencia de población rural desde baja hasta mediana, su uso de híbridos es de bajo a mediano, y en general tienen muy baja a mediana producción y productividad de maíz.

Grupo III. Se ubica en el estado de Jalisco que es gran productor de maíz, con rendimientos que varían desde bajos hasta medios y altos. Hay un uso alto de híbridos en las regiones más productivas; también hay considerable número de razas nativas de maíz y poblaciones de teocintle. El nivel de población rural es medio.

Grupo IV. Se localiza en los estados de Sonora y Sinaloa, y en los alrededores del Distrito Federal.

Por lo anterior se puede decir que el Estado de México se encuentra entre la zona I y la zona IV, la diversidad va de poblaciones rurales con alto uso de variedades criollas hasta las que aplican paquetes tecnológicos de alto rendimiento.

2.4. La comercialización del maíz en México

La intervención del gobierno mexicano en el mercado de granos data del año 1937, cuando se fundó el Comité Regulador del Mercado del Trigo, sustituido en 1938 por el Comité Regulador del Mercado de las Subsistencias Populares, y en 1941 por la Nacional Reguladora y Distribuidora. En 1943 se creó un consorcio formado por el Banco Nacional de Crédito Agrícola, el Banco de Crédito Ejidal, el Comité de Aforos y la mencionada Nacional Distribuidora y Reguladora. En 1950 se funda la Compañía Exportadora e Importadora Mexicana (CEIMSA) (Haag, 1981: pp 390-391). El 1 de abril de 1965 se constituye la Compañía Nacional de Subsidios Populares (CONASUPO) (Gurza, 1994: p93). La regulación se enfocó a los mercados de subsistencias básicas producidos y consumidos por la mayoría de la población en México: maíz, trigo, frijol y arroz. La protección estaba orientada a los campesinos pertenecientes al área de la agricultura de subsistencia y a los consumidores de bajos recursos (Martínez, 2011: p198). De acuerdo con Martínez, el beneficio real que Conasupo brindó a los productores de maíz fue cuestionado por varias razones:

- Los precios de garantía solo beneficiaban a los productores con excedentes que vendían maíz, no así a los campesinos más pobres que debían comprar grano.
- Los excesivos trámites y regulaciones para la compra de maíz por parte de Conasupo ocasionaban que muchos productores quedaran al margen del programa.
- Las fechas de compra se limitaban a ciertos meses del año, de forma que el resto estaba abierto a la operación de comerciantes muchas veces especuladores sin escrúpulos.
- La corrupción e ineficiencia de la paraestatal.

De acuerdo con la Secretaría de Economía (SE, 2012: pp10-11), desde la desaparición de CONASUPO la conformación distributiva de almacenamiento y comercialización de maíz en México se identifica en cinco rubros:

- Dos grandes empresas harineras (MINSA y MASECA) adquieren a precio de cosecha el volumen del grano programado para su procesamiento en plantas.
- Las empresas comercializadoras compran el grano en las zonas productoras al precio de cosecha y lo trasladan a áreas urbanas para su venta diferida a la industria del nixtamal principalmente.
- Diversas empresas acopiadoras regionales de igual forma almacenan el grano adquirido en tiempo de cosecha para su venta diferida a distintos consumidores, entre ellos a la industria del nixtamal
- Asociaciones de productores pecuarios con apoyos crediticios abastecen el insumo forrajero en zonas de cosecha.
- Las grandes industrias almidoneras después de un análisis comparativo de precios nacionales y de importación definen su volumen de compra de maíz en las zonas productoras de México.

Existen dos variedades que destacan en nuestro país, por su participación en la producción y comercialización: el maíz blanco y el amarillo. El primero para consumo humano el cual representa el 91% de la producción total y el amarillo representando el 9% restante. En México se consumen cerca de 30 millones de toneladas de maíz; 22 millones se producen en México (maíz blanco) y se importan 7.8 de Estados Unidos (maíz amarillo). La industria harinera de maíz en México está concentrada en pocas empresas, destacan por orden de importancia las siguientes: Grupo Industrial MASECA que participa con 71.2% del mercado, MINSA (23.54%), Harimasa (1.4%), Cargill de México (1.3%), Molinos Anahuac (1.1%)y Productos Manuel José (0.2%) (SE, 2012: p19).

Con respecto al maíz que se importa, se mencionan ciertas deficiencias de logística que encarecen el producto, elevando el precio para los consumidores finales quienes absorben esos costos. Existen ineficiencias en el patrón de importaciones mensuales de maíz por puerto y por frontera, ya que un porcentaje considerable de las compras al exterior se realizan en meses de máxima producción nacional y no aprovechan la estacionalidad de los precios internacionales; es decir, no se aprovecha la abundancia de cosecha en Estados Unidos, país del que proviene casi 100% de las importaciones de maíz en México (García, 2004: p158). De acuerdo con García, la construcción de infraestructura y el establecimiento de un programa de cupos de importación que contemplará la distribución de la producción y el consumo espacial e intertemporal seguramente inducirá hacia una situación de mejor planeación de las importaciones de maíz (García, 2004: p159).

Otro problema con el que se encuentra la comercialización del maíz dentro del territorio es la dualidad en la producción, por una lado una sexta parte de la superficie concentrada en el norte del país, dedicada a este producto es de riego y presenta rendimientos cercanos incluso a los de los Estados Unidos.: y por otro lado, la mayor parte de la producción es de temporal y está dispersa por todo el país con rendimientos muy bajos (SE, 2012: p13).

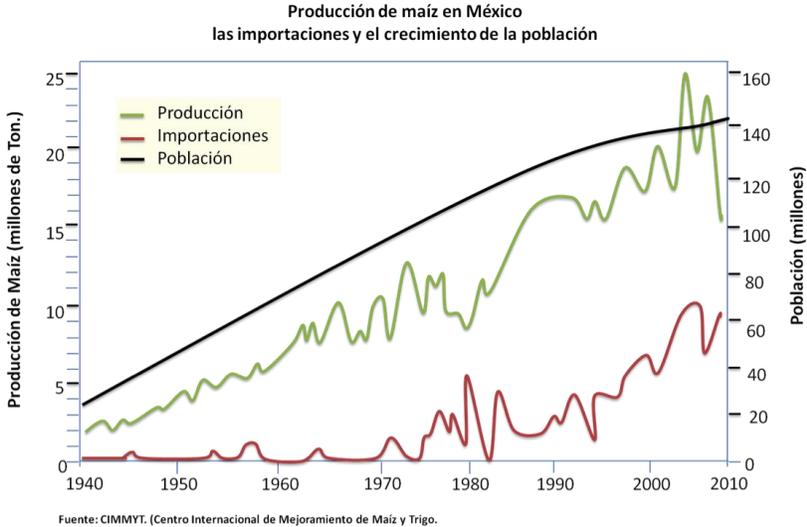
2.5. El maíz en el contexto del TLCAN

Después de la crisis de 1982, México inicio una reestructuración en el modelo económico a través de la sustitución de importaciones, buscando el crecimiento de largo plazo con medidas de desregulación comercial y adelgazamiento del Estado: entre algunas medidas adoptadas están: firma de acuerdos comerciales, reducción de tarifas arancelarias que con el tiempo han ido bajando cada vez más, eliminación de algunos apoyos internos a la producción de bienes no competitivos, entre otros. Estas políticas no son exclusivas de México, su adhesión al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986 hoy llamado Organización Mundial de

Comercio (OMC) han venido impulsando políticas de ajuste estructural en beneficio de la liberalización económica, culminando en México con el Tratado de Libre Comercio (TLC) firmado con Estados Unidos y Canadá en 1993.

A partir de los últimos años del decenio de los ochenta y hasta principios de los noventa, el Estado se alejó de las políticas de seguridad alimentaria de decenios anteriores, con lo que se desmantelaron los mecanismos de apoyo estatal que incluían el otorgamiento de créditos con tasas de interés más bajas que las del mercado, la comercialización de productos agrícolas y la venta de insumos a precios subsidiados. México redujo las operaciones de Banrural, el banco estatal de crédito al campo; eliminó el monopolio de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) respecto de la comercialización de alimentos básicos, con excepción del maíz y el frijol, y redujo los servicios de investigación y extensiones rurales (Von, 2004: p761).

Figura 6. Producción de maíz en México



En el acuerdo agropecuario del TLCAN con Estados Unidos algunos bienes fueron liberalizados desde su inicio; otros, considerados sensibles, lo hicieron paulatinamente para alcanzar el “libre comercio” en enero de 2003 ó 2008 (Yunes, 2008: p1). Era de esperarse al inicio del tratado que la producción nacional de maíz se desplomara, sin embargo hay evidencias numéricas de lo contrario, la producción no solo se ha

mantenido sino que ha seguido un proceso de crecimiento. Se observa que a pesar del aumento en las importaciones, la producción mexicana del grano se ha elevado. Además del aumento en la productividad del maíz cultivado bajo riego, ello se debe a los subsidios que los grandes productores han recibido, al crecimiento de la demanda, como lo ha sido también el tipo de reacción ante las reducciones de precios de los productores campesinos, es decir de los hogares rurales (Yunes, 2008: p7).

En el sector rural, se sigue produciendo maíz y frijol, los precios y la liberalización comercial parecieran no afectarlos. La agricultura significa sólo una reducida fuente de ingresos para los pequeños agricultores que cuentan con toda una cartera de actividades productivas... la liberalización del maíz afecta de manera apenas marginal la prosperidad de la familia campesina (Von, 2004: p769).

El sector ha resistido los esfuerzos gubernamentales en pro de su modernización: entre una de las razones es la pobre adaptación a las condiciones agroecológicas de cada región de las variedades comerciales (híbridos), otra es el costo que implica las nuevas tecnologías como semilla, fertilizante, plaguicidas, etc.; suficientes para explotar el máximo potencial. El acceso al crédito inseguro. Una segunda razón de adopción acotada de híbridos y variedades mejoradas de polinización libre, deriva del uso cultural del maíz como alimento. Las más de 59 razas nativas de maíz cultivadas mayormente en tierras de mediana, baja calidad y marginales, son ingredientes especializados insustituibles de la cocina pluricultural mexicana, que incluye más de 600 preparados comestibles (alimentos y bebidas) a base de maíz nativo nixtamalizado- incluyendo 300 tipos de tamales. Hay una estrecha relación entre la raza nativa y el preparado, e.g., la tortilla especial “tlayuda” de la cocina oaxaqueña solo puede ser preparada con grano de la raza nativa “bolita”, a la vez el “totopo” también de la comida oaxaqueña, solo puede ser preparado con grano de la raza nativa “Zapalote chico” (Turrent, 2012: p9).

Un tema que ha generado polémica dentro del marco de la liberalización comercial, es la seguridad alimentaria, la cual argumentaba la dependencia de las importaciones en productos de alimentación básica como el maíz: el crecimiento en las importaciones se

ha hecho evidente, pero lo mismo ha crecido la producción nacional. La seguridad alimenticia no se consigue necesariamente con la protección comercial, ya que se logra cuando la población tiene el poder adquisitivo necesario para alimentarse adecuadamente. Además, es sabido que al aumentar el ingreso de los habitantes de cualquier país crece su demanda por carnes, frutas y hortalizas (Yunes, 2008: p8).

La producción en México no ha presentado una reducción, ha aumentado sin embargo este aumento no ha sido suficiente para cubrir el consumo nacional. A pesar del incremento en la producción de maíz de México, la dependencia en su importación aumento desde 7 por ciento en los años 1990, hasta 34 por ciento en años recientes (2006-08), como parte de la creciente importación generalizada de granos estratégicos y de carnes desde EEUU. Esta dependencia se ha vuelto muy costosa para México, especialmente después de los incrementos de precios internacionales del maíz en el periodo 2007-2008, que llevaron el costo de importación de alimentos hasta el orden de 10 mil millones de dólares anuales (Turrent, 2012: p4).

México no puede correr riesgos de escasez de alimentos y la producción domestica de maíz constituye un problema de seguridad nacional por lo que habrá que movilizar todos los recursos humanos, financieros y de infraestructura, así como los técnicos y científicos para generar un entorno propicio para el desarrollo de este grano (Vega, 2004: p9).

2.6. Tipología de productores de maíz

Una tipología de un determinado sector hace referencia hacia la clasificación, estratificar un conjunto de elementos que por su origen tienen características que los hacen afines. En el caso del sector agrícola, la clasificación persigue el fin de aplicar políticas públicas a favor (en el mejor de los casos) de mejorar las condiciones de producción, nivel de vida, u otra deseada por la implementadora de dichas políticas.

La tipología de productores del agro mexicano ha sido una aspiración no resuelta desde los años 70. Surgió ligado a los estudios de la economía campesina que se debatían entre una agricultura campesina y una empresarial, la primera no contrata mano de obra, no acumula capital y destina la producción mayoritariamente al autoconsumo; la segunda prospera con el trabajo asalariado, acumula capital y está orientada al mercado. La dotación de recursos es también una diferencia notoria, mientras que la economía campesina mantiene un recurso tierra reducido a menos de dos hectáreas, generalmente de temporal, la agricultura empresarial goza de grandes predios y dispone de riego (Vega, 2004: pp 22-23).

Siguiendo lo mencionado anteriormente. Existen básicamente dos sistemas productivos: de autoconsumo y aquella orientada al mercado.

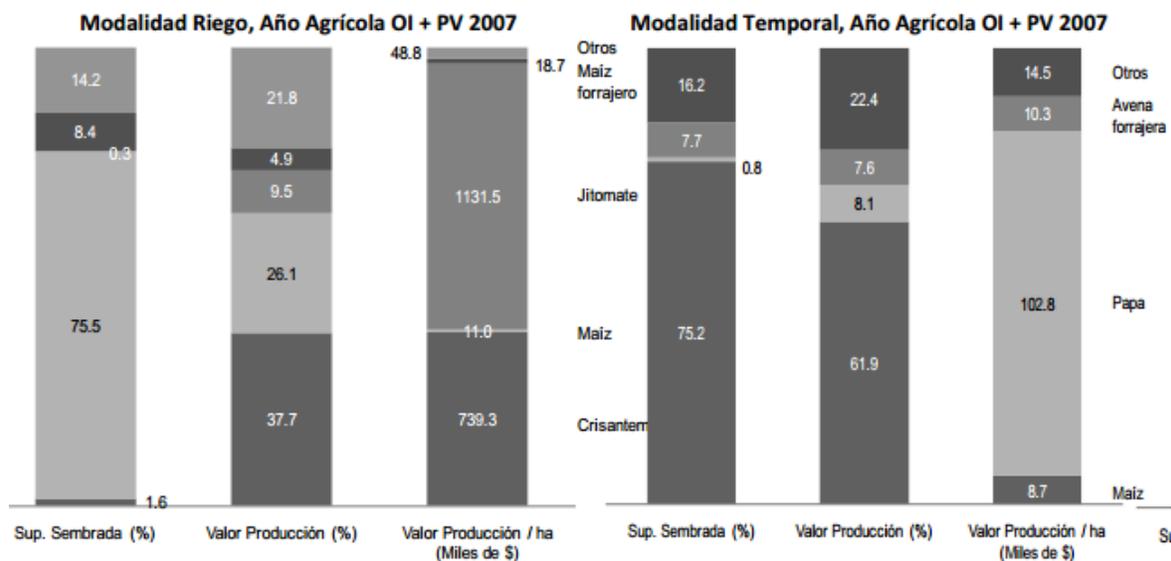
- a) La Agricultura de autoconsumo. Relacionada con el minifundio, basado en el uso intensivo de mano de obra familiar de origen rural, y que tiene como principal prioridad garantizar el abastecimiento de maíz para el consumo familiar durante todo el año, por lo que sólo los excedentes son vendidos, pero no necesariamente después de la cosecha

- b) Producción orientada al mercado. La característica principal es el uso intensivo del capital, tecnología escala de producción, integración a los mercados y uso de semilla mejorada.

De acuerdo con Vega (2004: p24), en años recientes la SAGARPA ha estado utilizando una clasificación para la instrumentación de programas como Alianza para el Campo: productores de bajos ingresos (PBI), productores de bajos ingresos en transición (PBIT) y resto de productores.

2.7. Caracterización de la producción del Estado de México

Figura 7. Cultivos principales del Estado de México



Fuente: Tomado de Monitor agroeconómico, 2009

El Estado de México dedica gran parte de su superficie al cultivo del maíz (75 % para el año 2007), en las modalidades de riego y temporal, sin embargo también se dedica a cultivos como crisantemo, avena forrajera, jitomate, papa, entre otros. En valores absolutos, la superficie se ha mantenido constante en más de 103, 000 has para el año 2007, 2008 y 2009, con rendimientos promedio de más de 4 ton/ ha; para la modalidad de riego se ve disminuido en la modalidad de temporal donde para los mismos años apenas y sobrepasa las 3 ton/ha.

En los cuadros siguientes se puede observar la proporción que representa el maíz en la superficie dedicada a ella en ambas modalidades, en riego representa apenas arriba de 100, 000 has, mientras que para temporal es de más de 400, 000 cercanos a los 500, 000 has.

Cuadro 5. Principales cultivos de Estado de México (maíz grano- modalidad riego)

Maíz Grano	2007	2008^a	2009*
Superficie Cosechada (ha)	104,102.5	103,519.0	103,423.4
Rendimiento (ton / ha)	4.3	4.0	4.1
Producción (ton)	446,599.7	410,763.4	428,873.0
Precio Medio Rural (\$ / Ton)	2,589.1	3,239.3	3,235.6
Valor de la Producción (millones de \$)	1,156.3	1,330.6	1,387.7

Fuente: Tomado de Monitor agroeconómico, 2009.

En los datos de la muestra utilizada se puede notar la gran importancia que tiene el riego en la producción de grano de maíz, elevando los rendimientos al doble sobre la producción de temporal, como ejemplo se tiene el municipio de Tepetlaoxtoc donde en temporal en promedio se alcanzan rendimientos de 1248 kg/ha y en riego 7371 kg/ha, esta diferencia se repite en Jicotitlan y Chalco.

Cuadro 6. Principales cultivos de Estado de México (maíz grano- modalidad temporal)

Maíz Grano	2007	2008^a	2009*
Superficie Cosechada (ha)	470,080.3	455,529.0	484,089.5
Rendimiento (ton / ha)	3.3	3.1	3.3
Producción (ton)	1,555,965.8	1,398,474.0	1,581,453.4
Precio Medio Rural (\$ / Ton)	2,651.1	3,316.9	3,313.1
Valor de la Producción (millones de \$)	4,125.1	4,638.6	5,239.6

Fuente: Tomado de Monitor agroeconómico, 2009.

A continuación se muestra la información del cultivo de maíz en: superficie sembrada, superficie cosechada, superficie siniestrada y valor de la producción, por distrito de desarrollo rural (DDR). Puede observarse que destaca en ambas modalidades Atlacomulco, Toluca y Zumpango.

Cuadro 7. Superficie de maíz en Estado de México 2012 (riego OI+PV)

Distrito	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Siniestrada	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ha)	(Miles de Pesos)
1 ATLACOMULCO	41,866.00	40,407.00	1,459.00	1,004,432.57
2 COATEPEC HARINAS	8,648.55	8,644.05	4.50	1,552,091.46
3 JILOTEPEC	18,170.00	18,170.00	0.00	371,891.06

4	TEJUPILCO	1,771.20	1,771.20	0.00	81,960.04
5	TEXCOCO	5,605.50	5,476.25	129.25	155,081.69
6	TOLUCA	20,881.35	18,981.35	1,900.00	338,107.30
7	VALLE DE BRAVO	6,904.00	6,904.00	0.00	242,344.34
8	ZUMPANGO	22,871.25	21,600.25	1,271.00	425,752.18
		126,717.85	121,954.10	4,763.75	4,171,660.65

Fuente: tomado de SIAP, 2013

Cuadro 8. Superficie de maíz en Estado de México 2012 (temporal OI-PV)

	Distrito	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Siniestrada	Valor Producción
		(Ha)	(Ha)	(Ha)	(Miles de Pesos)
1	ATLACOMULCO	148,149.00	144,942.40	3,206.60	1,490,888.65
2	COATEPEC HARINAS	47,946.00	47,931.00	15.00	893,866.25
3	JILOTEPEC	42,755.00	42,504.00	251.00	537,114.46
4	TEJUPILCO	53,225.09	53,182.09	43.00	784,673.45
5	TEXCOCO	57,793.79	57,721.79	72.00	1,190,663.27
6	TOLUCA	135,157.55	116,128.05	19,029.50	2,163,068.42
7	VALLE DE BRAVO	61,837.00	61,768.00	69.00	1,061,637.81
8	ZUMPANGO	95,934.50	95,813.50	121.00	528,360.30
		642,797.93	619,990.83	22,807.10	8,650,272.59

Fuente: Tomado de SIAP, 2013

En total a nivel estatal, para el año 2012 ciclo PV-OI en la modalidad de riego - temporal, la superficie sembrada fue de 769, 515 .78 has, la superficie cosechada de 741, 944 .93 has.

2.8. Análisis económico de la producción de maíz en el Estado de México

En términos globales, al 91.5% de los agricultores, producir maíz les cuesta más de 7500 pesos/hectárea. Al 94.7% de los productores de temporal y al 87.8% de los agricultores de riego también les cuesta más de 7500 pesos/hectárea (Hurtado, 2006:p135).

Cuadro 9. Costo total por hectárea

Costo total (pesos/hectárea)	TEMPORAL		RIEGO		GLOBAL	
	Número de agricultores	%	Número de agricultores	%	Número de agricultores	%
5490 - 6000	1	0.6	3	2.0	4	1.3
6001 - 7500	8	4.7	15	10.2	23	7.2
7501 - 10000	53	31.0	49	33.3	102	32.1
10001 - 15000	103	60.2	66	45.0	169	53.1
15000 - 20000	5	2.9	6	4.1	11	3.5
20001 - 30658	1	0.6	8	5.4	9	2.8
Total	171	100	147	100	318	100

Fuente: Tomado de Hurtado 2006: p135

Considerando los costos totales por cada kilo de maíz cosechado; en términos globales, al 83.0% de los agricultores les cuesta más de 2 pesos/kilo de maíz grano cosechado. Resulta interesante observar que al 95.3% de los agricultores de temporal y al 68.8% de los agricultores de riego les cuesta más de 2 pesos/kilo de maíz grano; es decir que mientras que solo al 4.7% de agricultores de temporal les cuesta menos de 2.01 pesos/kilo, al 31.2% de los agricultores de riego les cuesta menos de 2.01 pesos/kilo (Hurtado, 2006:p136).

Cuadro 10. Costo total por kilo de maíz cosechado

Costo total unitario (pesos/kilo)	TEMPORAL		RIEGO		GLOBAL	
	Número de agricultores	%	Número de agricultores	%	Número de agricultores	%
0.91 - 1.00	0	0.0	3	2.0	3	1.0
1.01 - 1.50	1	0.6	21	14.2	22	6.9
1.50 - 2.00	7	4.1	22	15.0	29	9.1
2.01 - 5.00	81	47.4	78	53.1	159	50.0
5.01 - 10.00	65	38.0	21	14.3	86	27.0
10.01 - 13.99	17	9.9	2	1.4	19	6.0
Total	171	100	147	100	318	100

Fuente: tomado de Hurtado, 2006: p136.

Cuadro 11. Estructura de los costos de producción de maíz por kilo de maíz cosechado

Concepto	TEMPORAL		RIEGO		GLOBAL	
	pesos/kilo maíz	%	pesos/kilo maíz	%	pesos/kilo maíz	%
Mano de obra	2.64	47.7	1.18	37.1	1.96	44.0
Tracción animal	0.54	9.8	0.17	5.3	0.37	8.3
Maquinaria	0.57	10.3	0.45	14.2	0.52	11.7
Semilla	0.08	1.4	0.08	2.5	0.08	1.8
Nitrógeno	0.27	4.9	0.23	7.2	0.25	5.6
Fósforo	0.14	2.5	0.13	4.1	0.13	2.9
Potasio	0.01	0.2	0.02	0.6	0.02	0.4
Estiércol	0.07	1.3	0.03	0.9	0.06	1.3
Riego	0.00	0.0	0.10	3.1	0.05	1.1
Insecticida	0.01	0.2	0.00	0.0	0.01	0.2
Fungicida	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
Herbicida	0.05	0.9	0.06	1.9	0.06	1.3
Adherente	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
Acarreo grano	0.31	5.6	0.12	3.8	0.22	4.9
Acarreo zacate	0.26	4.7	0.14	4.4	0.20	4.5
COSTOS DIRECTOS	4.95	89.5	2.71	85.2	3.93	88.3
Renta de la tierra	0.44	8.0	0.38	11.9	0.41	9.2
Impuesto predial	0.01	0.2	0.01	0.3	0.01	0.2
Costo administrativo	0.13	2.4	0.08	2.5	0.10	2.2
COSTOS INDIRECTOS	0.58	10.5	0.47	14.8	0.52	11.7
COSTOS TOTALES	5.53	100	3.18	100	4.45	100

Fuente: tomado Hurtado, 2006: p137

En el cuadro anterior se puede ver que el costo que lleva un mayor porcentaje y peso en la producción de maíz es la mano de obra utilizada, desde la siembra hasta la cosecha. En segundo lugar la maquinaria utilizada represente en forma global (temporal y riego) casi el 12% de los costos totales. Uno de los conceptos que esta desglosado pero que es importante es el fertilizante que en su conjunto (nitrógeno, fosforo y potasio, así como estiércol) representan casi el 10% del total, cifra inferior a la esperada.

Para conocer si la actividad es rentable, se necesita conocer el ingreso total del productor: no solo por la venta del grano sino la existencia de ingresos que pocas veces se contabiliza, la hoja de tamal, la venta de zacate y olote y las transferencias gubernamentales como PROCAMPO. Estos ingresos representan aproximadamente el 30% del total para riego y temporal.

Cuadro 12. Ingreso bruto promedio general por kilo de maíz cosechado

Concepto	TEMPORAL		RIEGO		GLOBAL	
	pesos/kilo	%	pesos/kilo	%	pesos/kilo	%
Grano	1.77	61.0	1.53	69.5	1.66	64.4
Zacate	0.51	17.5	0.35	15.8	0.43	16.8
Hoja de tamal	0.21	7.2	0.04	2.0	0.13	5.1
Elote	0.04	1.3	0.03	1.5	0.04	1.4
Olote	0.01	0.5	0.02	0.7	0.01	0.6
PROCAMPO	0.36	12.5	0.23	10.5	0.30	11.7
Total	2.90	100	2.20	100	2.57	100

Fuente: tomado de Hurtado, 2006: p151

Cuadro 13. Ingreso neto por hectárea

Ingreso neto (pesos/hectárea)	TEMPORAL		RIEGO		CRIOLLO		HIBRIDO		GLOBAL	
	Número de agricultores	%								
(-16479) – (-10000)	4	2.3	8	5.4	11	4.5	1	1.3	12	3.8
(-9999) – (-5000)	62	36.3	28	19.0	88	36.1	2	2.7	90	28.3
(-4999) – (0.00)	89	52.0	59	40.1	126	51.6	22	29.7	148	46.5
0.01 – 2500	14	8.2	26	17.6	17	7.0	23	31.1	40	12.6
2501 – 5000	0	0.0	12	8.2	1	0.4	11	14.9	12	3.8
5001 – 10000	2	1.2	13	8.8	1	0.4	14	18.9	15	4.7
10001 – 11382	0	0.0	1	0.7	0	0.0	1	1.4	1	0.3
Total	171	100	147	100	244	100	74	100	318	100

Fuente: Hurtado, 2006: p 154.

Al hacer el comparativo de ingresos brutos y costos totales, se obtienen por diferencia los ingresos netos, como una actividad productiva que busca la ganancia y la conservación de la actividad, se destaca que en pocos y casi nula existe rentabilidad para los productores. Mejora en forma marginal en la utilización de semilla híbrida sin embargo el mayor peso se concentra en los ingresos netos que van de 0 a \$2,500 por hectárea.

Sin embargo, pese a lo mencionado anteriormente. La rentabilidad no es condición suficiente para la adopción de innovaciones en el sector tradicional de la agricultura; existen circunstancias de índole social y cultural de los mismos productores y circunstancias externas a la unidad de producción como, falta de oportunidad, de insumos, conocimiento inadecuado de la tecnología, alto riesgo, entre otras, que influyen en la toma de decisiones del productor. Todo esto explica en buena medida el bajo porcentaje de adopción de tecnología (Ramírez, 1983: p48).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Teoría de la producción

La producción es un proceso de transformación de factores en productos (Troncoso, 2001). En el caso de la producción agrícola es el resultado de la acción progresiva o simultánea de diversos factores: la semilla, las labores de cultivo, los fertilizantes, el trabajo de la mano obra, etc.

Existen muchos factores que influyen de una u otra manera en la actividad productiva de una empresa, región o país, de tal manera, que algunas veces es necesario determinar cómo estos factores se relacionan para desenvolver alguna actividad específica. Sin embargo existen conceptos económicos y estadísticos que se conjugan para explicar la relación que existe entre un producto obtenido y la combinación de los factores a través de una expresión matemática, tal es el caso de las funciones de producción (Maldonado, 2009: p1).

La función de producción engloba todas las actividades por las cuales los insumos ó recursos utilizados son transformados en un determinado período de tiempo en productos (bienes o servicios). En este caso se define una función de producción como la relación entre las cantidad de factores productivos que una empresa utiliza y la cantidad de *output* (producto) que la empresa produce (Krugman, 2006). Con el propósito de hacer una comparación se tienen las siguientes definiciones:

- Es una representación matemática de la relación física que existe entre los factores de producción y el ó los productos obtenidos en este proceso (Troncoso, 2001).
- Una función de producción se define como la relación técnica que transforma los factores en producto. Representa la cantidad máxima de producción que se puede obtener aplicando eficientemente una cantidad dada de factores (Azofeifa, 1996: p9).

Lo anterior muestra la parcialidad de cada autor, faltan en cada uno de ellos elementos que son importantes y que no se consideran. Una definición que podría abarcar las anteriores se puede enunciar como: la expresión matemática que muestra la relación entre la cantidad de recursos físicos con el máximo nivel de producción que puede obtenerse, lo anterior en relación con un estado dado de los conocimientos técnicos bajo un nivel tecnológico.

Las funciones de producción no solo muestran los puntos donde el producto es máximo, ya que nos permite hacer un análisis a fondo de la situación en que se encuentran en este caso los productores de maíz del Estado de México. Entre las ventajas que tiene esta herramienta se encuentran:

- ... se establecen relaciones entre uno o más productos y los factores o insumos que intervienen en su producción, pudiendo de esta manera predecir los valores de producción y determinar los niveles óptimos del uso de insumos y su productividad marginal (Pech, 2002: p188).
- ... permite conocer las productividades marginales de los insumos, las que, comparados con los precios de estos, permite calcular el grado de eficiencia económica de la producción (Yver, R. 1964: p 48).
- ... puede ser utilizada como base inicial para estimar el producto potencial (Azofeifa, 1996: p7).

Existe una función de producción para cada tecnología. Por ejemplo: el caso de un agricultor que se dedica al cultivo del maíz: este productor utilizará la tierra de que dispone, las semillas, trabajo, maquinaria, fertilizante, tecnología de riego, etc. La función de producción le indicará al agricultor, cual es el nivel de producción y la cantidad de maíz que alcanzará mediante la combinación de todos los factores de la producción que tiene a su disponibilidad en ese momento. Esto último es importante, la dimensión temporal. Esto quiere decir que la función de producción hace referencia a un

momento del tiempo en que la tecnología está dada, si ocurre una innovación o retroceso tecnológico, es decir, si ocurre un cambio en la tecnología, la función de producción cambiará.

Es importante mencionar que una función de producción se puede calcular considerando que al menos un factor de la producción es fijo, es decir, no se puede modificar. Si existe un solo factor variable, de este dependerá el producto final. Por ejemplo, el caso de un productor de maíz que cuenta con una hectárea y puede contratar la mano de obra que él crea indispensable para las diferentes actividades. En este caso el factor tierra es fijo y la mano de obra es el factor variable. A diferentes cantidades de trabajo, el producto va creciendo, sin embargo existe un momento en el que éste deja de crecer, ya que por más trabajadores que se ocupen en una sola hectárea estos no incrementaran el producto.

Formalmente una función de producción se expresa como:

$$q = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Donde:

q : representa la cantidad de producto total por periodo de tiempo.

x_i : representa las cantidades de los diferentes tipos de insumos.

Incluyendo los coeficientes β_n :

$$q = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots \beta_n$$

Una vez que se han determinado las variables que explican el modelo y se ha obtenido una función de producción estadísticamente aceptable, se procede a realizar el análisis completo que incluye la obtención de: producto total, productos marginales, elasticidades de las variables, entre otras. Todo lo anterior considerando su posibles aplicación en el contexto racional de los productores de cada municipio.

3.1.1. Producto total (Pt)

Un concepto que va de la mano con la función de producción es el producto total, el cual se define como la cantidad de producto que se obtiene por la combinación de los diferentes insumos a un determinado nivel tecnológico, representado por medio de una función de producción. La curva de producto total muestra la relación entre la cantidad de un factor variable, y la cantidad de producto obtenida.

El producto total que se obtiene a través de la función de producción no siempre corresponde con los valores promedios ó con el análisis directo de la información, esta se ajusta a un nivel de significancia y puede ser mayor o menor del que se presenta al productor, este análisis es importante para estandarizar la información y poder realizar una proyección de la utilización de cada insumo y su contribución al producto total así como la cantidad exacta en la búsqueda de un objetivo: maximización de ganancia y/o de producción.

3.1.2. Producto medio (PM)

Se define como el producto total entre el nivel del insumo utilizado, es decir, el producto medio es la relación producto-insumo para un cierto nivel de producción y una cantidad determinada de insumo usado manteniendo constante el resto de los insumos.

Es igual a la producción total dividida por la cantidad de factores.

$$PM_{x_1} = \frac{q}{x_1} = \frac{f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)}{x_1}$$

El producto medio se puede considerar como la aportación que tiene cada insumo al producto total, mientras mayor sea su aportación este corresponderá a su importancia en su utilización.

3.1.3. El producto marginal (Pmg)

Es la cantidad adicional de output (producto) que se produce por utilizar una unidad más de ese factor productivo (Krugman, P. y Wells, R. 2006). El producto marginal de un

factor es el producto adicional que se obtiene mediante una unidad adicional de ese factor, manteniéndose constantes los demás.

$$Pmg^{x_1} = \frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)}{\partial x_1}$$

El conocimiento de las productividades marginales relativas de los distintos insumos agrícolas tiene gran importancia para guiar las políticas y reestructuración en forma económicamente eficiente (Yver, 1964: p48). Otra ventaja de la productividad marginal es que muestra como el aumento en una unidad de un factor variable afecta al producto obtenido. Como el producto marginal, es la aportación de cada trabajador adicional al producto, este va disminuyendo. Es decir, cada trabajador extra aporta una cantidad al producto total, pero cada vez es menor, esto lo conocemos como “Ley de los rendimientos marginales decrecientes”.

Sin embargo existen dentro de una función de producción tres tipos de rendimientos:

- a) Rendimientos constantes; suceden cuando la cantidad de producto se incrementa en una misma cantidad por cada unidad de insumos adicional.
- b) Rendimientos crecientes: cuando la unidad adicional de insumo provoca un incremento mayor en el producto, que la unidad anterior.
- c) Rendimientos decrecientes: existen rendimientos marginales decrecientes de un factor productivo cuando un incremento en la cantidad de ese *input* (factor), manteniendo constante el resto de los factores productivos, conduce a una disminución en el producto marginal de ese factor productivo (Krugman, P. y Wells, R. 2006).

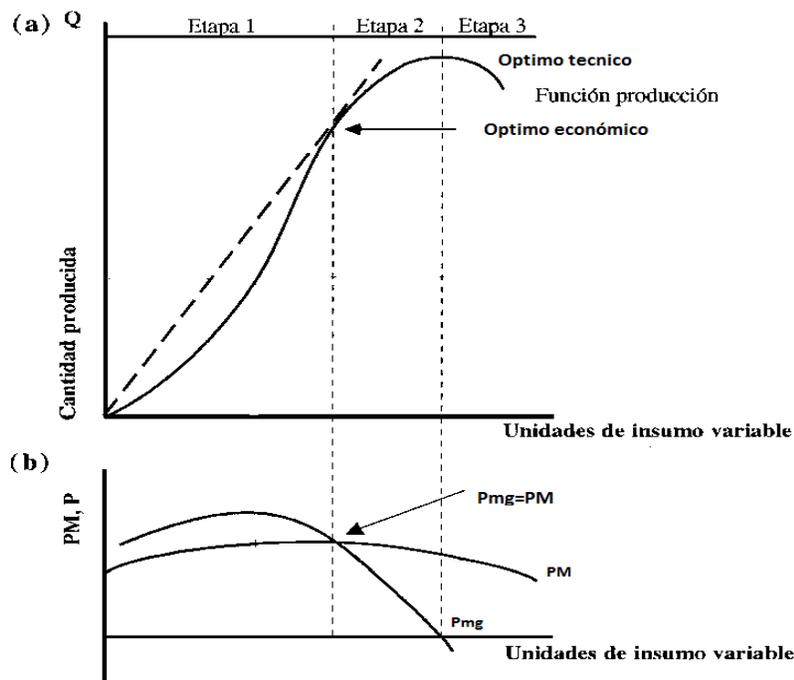
En el largo plazo, todos los factores son variables, se parte del supuesto de que ha pasado un periodo suficientemente largo para ajustar las cantidades de cualquier factor. Es decir, en el largo plazo no hay factor fijo.

El producto medio y el producto marginal son dos referentes que sirven para determinar la etapa de la producción en la que se encuentra cada insumo obteniendo a través de ellos la elasticidad de la producción.

3.1.4. Etapas de la producción

Existen tres etapas dentro de una función de producción como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. Producto total, producto marginal y producto medio



Etapa I: Va desde cero hasta donde el producto medio igual al producto marginal; esta primera etapa es irracional, porque al aumentar la producción puede reducir los costos y seguir recibiendo el mismo precio por cada unidad adicional vendida, lo que significa que sus beneficios totales pueden aumentar.

Etapa II: Es la etapa racional, se encuentra entre la etapa I y la etapa III, los insumos se combinan perfectamente. Los beneficios serán máximos, donde el valor del producto

marginal producido por el insumo incrementado sea igual al precio del insumo (Rebollar, 2007: p 259).

Etapa III: También es una etapa irracional, significa que se usa insumo variable en exceso y la producción se encuentra cayendo. El productor en esta etapa estará en condiciones de obtener una mayor producción empleado menos cantidad de insumo variable. El productor debe trabajar dentro de la etapa II para maximizar sus ingresos, trabajando con rendimientos decrecientes, para encontrar el punto óptimo económico se debe contar con información de los precios del producto y de los insumos. Estas tres etapas pueden ser caracterizadas con base en la elasticidad producto del insumo variable.

La etapa en la que se encuentra el máximo de ganancia y máximo de producción va desde donde el producto marginal es igual al producto medio hasta donde el producto marginal es igual a cero, la primera de ellas depende del nivel de precios existente del insumo y del producto final para este caso el de un fertilizante, labor, insumo con respecto al precio del grano de maíz. El máximo de producción solo logra cuando el insumo tiene rendimientos crecientes a escala, es decir cada unidad extra aporta una cantidad adicional al producto total.

3.1.5. Elasticidad de la producción

Se define como el cambio proporcional en el nivel de producción ante un cambio proporcional en el insumo utilizado. Se representa como:

$$\eta_{q_{x1}} = \frac{Pm^{x1}}{PM_{x1}}$$

La elasticidad es un indicador para determinar la etapa de la producción en que se encuentra un insumo, así:

Etapa 1: No es óptimo porque cada unidad de insumo variable que se adiciona puede brindar una cantidad mayor de producto total.

$$\eta q_{x1} \geq 1$$

Etapa 2: Aquí se optimizan los recursos, los insumos se combinan de la mejor manera posible. Es mayor la efectividad del insumo variable, es decir, el producto físico marginal disminuye, pero por abajo del producto medio

$$0 \leq \eta q_{x1} \leq 1$$

Etapa 3: No es óptimo, puesto que puede obtenerse mayor producto físico total reduciendo la cantidad del insumo variable.

$$\eta q_{x1} \leq 1 \text{ Etapa III}$$

Uno de los objetivos principales al obtener una función de producción es el de calcular la elasticidad y con ello hacer ajustes para que el productor trabaje en la segunda etapa de la producción.

3.2. Proceso de optimización

El objetivo de la optimización es determinar la cantidad del insumo variable que debe ser usado en combinación con los insumos fijos en forma eficiente. Así en el caso agrícola deberá determinarse cuantas labores realizar y cuanto insumo colocar para obtener el máximo beneficio “óptimo económico”. También existe aquel punto donde las combinaciones de las variables dan como resultado el máximo nivel de producción llamado “óptimo técnico” Al momento de diagnosticar una situación productiva y elaborar una propuesta técnica es importante visualizar la diferencia entre el nivel de producción que constituye el óptimo técnico y el óptimo económico (Lanfranco, 2006: p2). Al optimizar una función y determinar el objetivo fundamental, se debe de

considerar los recursos con los que se cuenta. El tiempo es otro recursos escaso; para dedicárselo a cualquier actividad hay que quitárselo a otra, incluido el ocio, esto también constituye un costo de oportunidad. (Lanfranco, 2006: p5).

Una vez que se tienen los resultados del análisis de optimización, se procede a su aplicación y comparar la teoría con la realidad, sin embargo...el productor necesita visualizar claramente las ventajas de incorporar tecnologías con ese objetivo, de lo contrario no lo hará. Para ello se debe cuantificar su costo económico estimando costos de oportunidad, en especial de lo aprendizaje y otros costos ocultos asociados a la adopción de las mismas, lo que constituye todo un desafío (Lanfranco, 2006: p5).

3.2.1. Optimo técnico

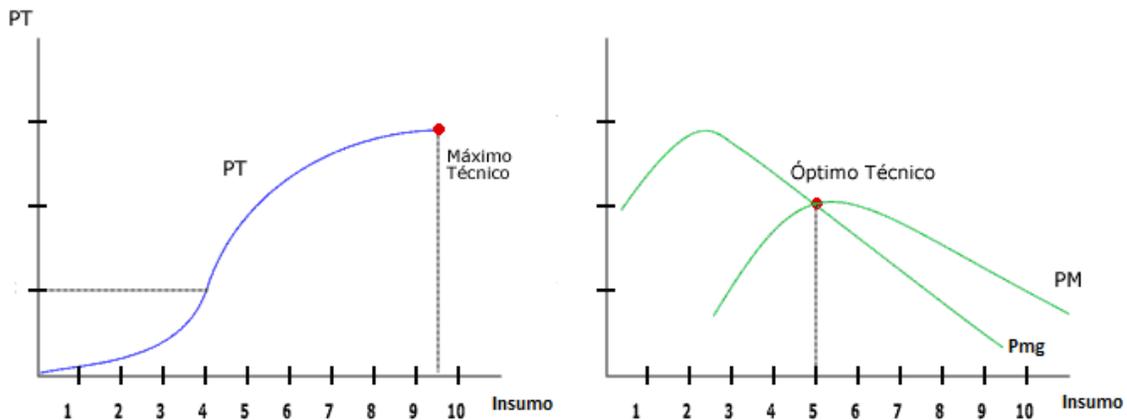
Para obtener el máximo nivel de producción se deben encontrar aquel punto donde la función tenga su punto más alto, gráficamente es donde la derivada parcial es igual a cero. Aquí no intervienen los precios y económicamente no es recomendable dado que una mayor producción no garantiza una mayor ganancia, solo es válido si lo que interesa al productor es producir el mayor volumen posible sin importar los costos. Los objetivos que persigue cualquier productor al aplicar diversas dosis de insumo variable son: maximizar su ingreso ó rendimiento total y maximizar su ganancia. No intervienen los precios y se producirá en el nivel de utilización del insumo que aporta el mayor volumen de producción por unidad de insumo. Lo cual económicamente no es recomendable (Robollar ^A, 2007: p 69). Aquí no importan los costos. Se define el óptimo técnico como el punto donde la función de producción: relación que ilustra las posibilidades de producción de una cierta tecnología a partir del empleo de niveles sucesivos de insumos, encuentra su máximo, en términos de volumen de producción física (Lanfranco, 2006: p2). Sin embargo, la máxima producción no implica la máxima ganancia .no conviene llegara al optimo técnico pues las ganancias disminuirán. (Robollar ^A, 2007: p72).

Algebraicamente tenemos:

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)}{\partial x_1} = 0$$

Gráficamente se tiene:

Figura 9. Óptimo técnico



3.2.2. Optimo económico

En el marco de la globalización económica, en México se han generado nuevas expectativas en las cadenas agroalimentarias. Bajo este escenario nuevos retos productivos deberían de ser aplicados para aumentar la productividad a menores costos de producción (Rebollar ^A, 2007: p68)... el objetivo primordial de una función de producción debe servir fundamentalmente para la búsqueda del óptimo económico, el cual, hace referencia al nivel de producción donde se maximizan los beneficios (ingresos totales – costos totales). Depende del precio del o de los productos que genera la empresa y de su estructura de costos (Lanfranco, 2006: p2). En síntesis el óptimo económico es aquel en el que sin importar el monto del capital invertido se busca la combinación de recursos que genere la máxima ganancia. Algebraicamente se localiza donde el producto marginal se iguala a la relación de precios del insumo y del producto:

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)}{\partial x_1} = \frac{P_x}{P_y}$$

Donde:

P_x es el precio del insumo x

P_y es el precio del producto y

3.3. Modelos

3.3.1. Modelo económico

Un modelo económico es un marco teórico, no hay razón alguna para que sea matemático, no obstante si lo es, por lo general consistirá en un conjunto de ecuaciones destinadas a descubrir la estructura del modelo. Al relacionar cierto número de variables entre sí de diversas maneras, estas ecuaciones dan forma matemática al conjunto de supuestos analíticos adaptados. Así mediante la aplicación de ecuaciones matemáticas se procura extraer conclusiones que sean las más adecuadas. Se incluye bajo el análisis de un modelo económico el concepto de racionalidad, donde se debe buscar, el cual no tiene otra connotación que asumir que el productor es capaz de tomar las mejores decisiones en su beneficio y en forma consistente, de acuerdo al nivel de información que maneja (Lanfranco, 2006: p5).

Para convertir un modelo económico en una proposición contrastable, es preciso especificar la forma funcional de las relaciones. Los periodos a los cuales se refieren las variables y la caracterización estocástica del sistema (Vargas, 2004. p119).

Para construir un modelo económico que sea aplicable, debe conocerse la actividad de la cual se pretende hacer el análisis, así la obtención de resultados será más representativa, de lo contrario la solución carecerá de sentido y no será aplicable al productor del cual se pretende hacer una recomendación que le traiga un beneficio.

3.3.2. Modelo econométrico

Los investigadores utilizan funciones matemáticas para representar los modelos teóricos de los fenómenos de su interés (Martínez, 1987). La regresión es la herramienta más útil para el economista. Muchos de los fenómenos tienen la forma lineal, otros aún cuando no lo tienen se pueden transformar fácilmente a esa forma (Pérez, 1993).

Un modelo econométrico trata de relaciones de causalidad o en todo caso de aproximaciones, se auxilia de especificaciones estadísticas de cada una de las variables que intervienen. Se puede decir también que es un conjunto de ecuaciones que se estructuran de tal manera que proporcionen una explicación cuantitativa del comportamiento de las variables económicas. La explicación de una variable (efecto) mediante otra u otras (causas), matemáticamente reciben el nombre de variables dependientes e independientes.

Los elementos fundamentales de un modelo econométrico:

- Las variables: en economía se distinguen dos: endógenas y exógenas, las primeras son aquellas que vienen identificadas y explicadas por el modelo y las segundas son aquellas que influyen en el modelo desde el exterior, son conocidas como independientes.
- Relaciones funcionales: Tratan de describir el mecanismo que acciona cada elemento del fenómeno en cuestión.
- Parámetros a estimar: Los parámetros o coeficientes son magnitudes que permanecen constantes dentro del modelo que trata de explicar el fenómeno económico.
- Las hipótesis establecidas: son premisas de lo esperado en base a los trabajos previos o conocimiento a priori del fenómeno.

3.4. Análisis estadístico

Mediante un diagnóstico estadístico, se corrobora que las especificaciones seleccionadas cumplen con los supuestos econométricos y se considera que los resultados son satisfactorios pese a la limitación de la información disponible (Azofeifa, 1996, p5). Es importante destacar el hecho de que existen detractores del análisis estadístico así como de la modelación funcional y de sus interpretaciones. La teoría económica trata de explicar las relaciones entre variables económicas y el uso de la información que brinda dentro de una teoría general que nos ayude a explicar la producción, asignación y distribución de los recursos bajo la escasez. Sin embargo, debemos aceptar que todo modelo tiene sus deficiencias en cuanto a la explicación de la realidad o más específico del fenómeno en estudio, tales deficiencias deben ser asumidas por el modelador quien contemplara las variables que no se introducen y que se contengan en el error.

Se debe recordar que...un modelo no es la realidad, es la representación abstracta para ayudar a entender la misma. Los modelos no son mejores o peores que otros, solo son diferentes puntos de vista del modelador se basan en el conocimiento de la situación buscando un objetivo final. Aunque los modelos de regresión parecen complicados, en realidad son simplificaciones del mundo real (Goertzel, 2002. p101).

El análisis estadístico de los modelos econométricos se realiza tomando en cuenta la R^2 , la F calculada, la razón de t y la Durbin-Watson. A través de estos tres valores se puede aceptar o rechazar un modelo para su posible análisis.

3.4.1. Coeficiente de determinación (R^2)

Mide el porcentaje de variación total de la variable dependiente explicada por las variables independientes. La R^2 es un número no negativo, su valor se encuentra entre 0 y 1; así un R^2 de 1 quiere decir que hay un ajuste perfecto, mientras que un R^2 de cero establece que no hay relación entre la variable dependiente y las variables explicatorias, por lo tanto, bajo el análisis de R^2 se busca un valor que se aproxime o se acerque a la unidad (100%) (Gujarati, 1989: p).

3.4.2. La F calculada (F_{cal})

Sirve para realizar la prueba de hipótesis que de manera conjunta hacen las variables independientes en la explicación de la variación de la variable dependiente. Usualmente, en problemas aplicados el investigador se interesa en probar la hipótesis nula $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ contra la hipótesis alternativa H_a : al menos una β es distinta de cero. Para ello es necesario comparar la F_{cal} con la F tabulada (F_{tab}) al nivel α de significancia, con 1 y (n-2) grados de libertad para la regresión simple y, con p y (n-1-p) grados de libertad para la regresión múltiple. En el caso de que la F_{cal} sea mayor que la F_{tab} se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa de que al menos una β es distinta de cero (Pérez, 1993).

3.4.3. La razón de t

Establece que los parámetros estimados son una función de los datos, lo cual lleva a la elaboración de una medida de la “confiabilidad” o precisión de los estimadores. La razón de t, sirve para medir la significancia de cada uno de los estimadores en forma individual.

La prueba de hipótesis se plantea con una hipótesis nula $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ contra la hipótesis alternativa $H_a: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p \neq 0$. Se compara la t calculada con la t tabulada a un nivel de significancia $\alpha/2$ con (n-2) grados de libertad para el caso de la regresión simple y $\alpha/2$ con (n-1-p) grados de libertad para el caso de la regresión múltiple. Cuando la t calculada es mayor que la t tabulada se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa de que β es distinta de cero.

La t calculada se obtiene a partir de: $t_{cal} = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_0}{\sqrt{\widehat{var}(\hat{\beta}_1)}}$

Dónde: $\widehat{var}(\hat{\beta}_1) = \frac{CME}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

La t calculada se debe tomar en valor absoluto para fines de prueba de hipótesis.

IV METODOLOGIA

4.1 Localización del área de estudio

Localización. De acuerdo con INEGI (2013), el Estado de México se localiza en la zona central de la República Mexicana, se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 21' y 20° 17' de latitud norte y 98° 36' y 100° 36' de longitud oeste, a una altura de 2,683 metros sobre el nivel del mar, en su planicie más alta que es el valle de Toluca.

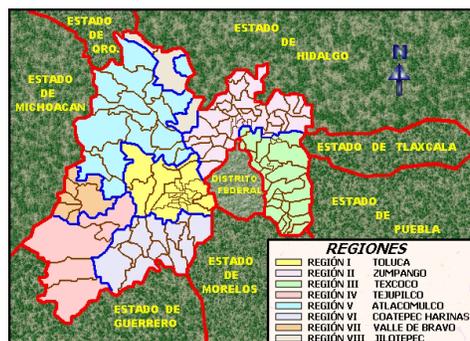
Figura 10. Localización del Estado de México



Fuente: Tomado de INEGI, 2013

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. El Estado cuenta con una superficie de 21, 351 km².

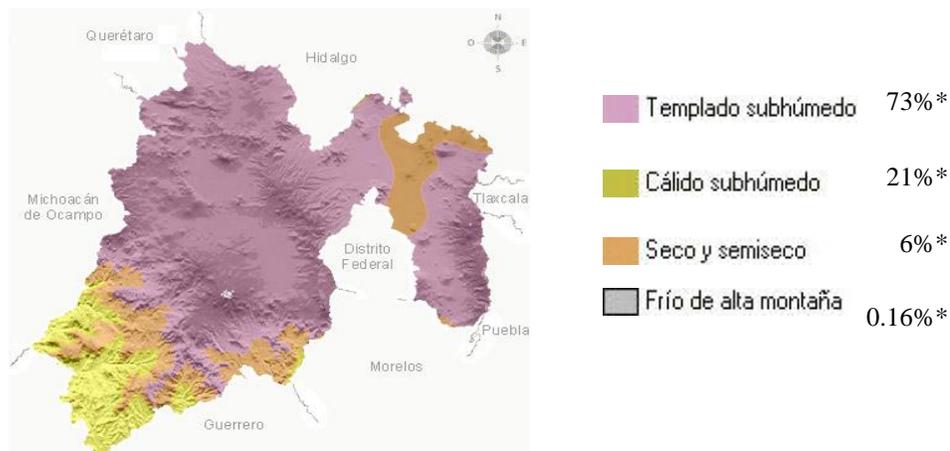
Figura 11. Colindancias del Estado de México



Fuente: Tomado de INEGI, 2013

Clima. El 73% del Estado presenta clima templado subhúmedo, localizado en los valles altos del norte, centro y este; el 21% es cálido subhúmedo y se encuentra hacia el suroeste, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío, localizado en las partes altas de los volcanes. La temperatura media anual es de 14.7°C, las temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero son alrededor de 3.0°C. La temperatura máxima promedio se presentan en abril y mayo es alrededor de 25°C. Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 900mm anuales.

Figura 12. Clima del Estado de México



Fuente: Tomado de INEGI, 2013

4.2. Proceso de producción del maíz

Se considera que el potencial productivo es un atributo que resulta de la forma en cómo los productores manejan el maíz, donde concurren dos tipos de condiciones de producción: a) las generales que pueden ser endógenas (clima, flora, fauna, etcétera) y exógenas (programas públicos de fomento agrícola y rasgos del territorio y unidad familiar etcétera) inmodificables en el corto y mediano plazo, y b) concretas, referidos a los factores que participan de forma directa en la producción (tierra, capital, tecnología,

conocimientos y destrezas de los productores). La forma en cómo el productor combina y usa estos recursos durante el ciclo productivo, explica la forma concreta de cómo se maneja el maíz. Con este fin el productor ejecuta varias tareas (siembra, labores de cultivo, etcétera) hechas sucesivamente a nivel de campo, utilizando técnicas e insumos convencionales (híbridos, agroquímicos, etcétera) o tradicionales (semillas criollas, asociación de cultivos, etcétera) o un sincretismo cuando utiliza una y otra tecnología indistintamente (Damián, 2013: p161). La tecnología disponible para los cultivos mejora su rendimiento y calidad si se utiliza en forma adecuada (Damian^A, 2007: p163).

Existen muchos paquetes tecnológicos para la producción del maíz que se adaptan a las circunstancias sociales y económicas de los productores, así como a las condiciones climáticas y geográficas donde se cultiva. Las actividades que se mencionan a continuación son aquellas que se encuentran en condiciones óptimas y sin escases de recursos:

- Preparación del Suelo: Barbecho a 30 cm de profundidad, dos rastras cruzadas, nivelación o tabloneo. Preparar el suelo con humedad de remojo. Subsolear cada 5 años para romper el suelo por el piso del arado.
- Surcado: Surcar a 0.80 ó 0.90 m entre surcos.
- Siembra y primera fertilización. De 25 a 30 Kg/Ha de semilla mejorada con maquinaria y la formula: 90-00-00 de fertilizante enterrado con maquinaria.
- Control de malezas.
 - a) Con herbicidas pre-emergentes.
 - b) Manual: Eliminar toda mala hierba con cultivadora antes del 2º abonamiento.
- Primer Riego. Antes del aporque. Retrasar lo más que se pueda.
- Segunda aplicación de fertilizante. 90-80-60 de fertilizante enterrando.
- Aporque. Cuando las plantas tengan aproximadamente 0.40 m de altura.
- Segundo riego: Después del aporque.
- Control de plagas. Lorsban L 4E: 1 lt/Ha 30 a 40ml/bomba de 15 lt.
- Riego de Floración. Cuando las plantas inician la salida de las panojas y barbas. En alta densidad, regar un surco sí otro no.
- Riego de maduración. Aproximadamente a los 15 ó 20 días de la floración

- Cosecha para elotes. Cuando los granos están bien formados, turgentes y lechosos.
- Cosecha para forraje o ensilaje. Cuando los granos pasaron el estado lechoso. Duros.
- Cosecha para grano. A los 70 días después de la floración; cuando los granos estén duros y semisecos y presenten la capa negra del grano.

Figura 13. Ciclo productivo del cultivo del maíz

Año 0					Año 1											Año 2							
Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May		
		Siembra O-I																					
				Cosechas O-I																			
							Siembras P-V																
										Cosecha P-V													

Fuente: Tomado de Fideicomiso Fondo Nacional de Fomento Ejidal, 2012.

El maíz se produce en dos ciclos: Primavera-Verano (P-V) y Otoño-Invierno (O-I); el primero se considera de temporal porque aprovecha las lluvias para su mantenimiento, es el ciclo que aporta más a la producción nacional (81%), el segundo ciclo se genera por riego y su producción inicia los meses que van de octubre a marzo (FIFONAFE, 2012).

4.3. Manejo de información

El presente trabajo pretende realizar una comparación entre diferentes modalidades de las funciones de producción en el cultivo de maíz en el Estado de México. Se puede establecer un paquete tecnológico ad-hoc al productor con las características de la muestra que incremente su productividad, no con el aumento del uso de los insumos (tierra, fertilizante, agua) sino con el uso eficiente de los recursos con que se cuenta.

Se pretende colocar como variable dependiente al rendimiento, y como variables explicativas, la cantidad de semilla, las labores de preparación del terreno aplicado, insumos como herbicidas y pesticidas; sobre todo la cantidad de fertilizante desglosado en componentes como: nitrógeno, fosforo y potasio.

La información con la cual se trabajó fue retomada de la tesis de doctorado “Competitividad de los productores de maíz en el Estado de México” elaborada por Felix Hurtado Huaman y dirigido por el Dr. Marcos Portillo Vázquez en Julio de 2006. Los datos que sirvieron para hacer una evaluación de costos son tomados aquí para la obtención de funciones de producción. En total se recopilaron 318 encuestas en 12 municipios del Estado: Chiautla, Chalco, Amecameca, Ayapango, Ozumba, Tepetlaoxtoc, Texcoco, Temoaya, Morelos, Jiquipilco, Temascaltepec y Jocotitlan; la mayor parte de ellos se realizaron en el municipio de Chalco (28.3%) y Chiautla (15.4%). Entre los principales resultados de la tesis mencionada, se retoman en el análisis económico de la producción como indicadores relevantes de la caracterización del Estado de México.

Cuadro 14. Número de encuestas por municipio

	Municipio	Numero de encuestas
1	Amecameca	26
2	Ayapango	12
3	Chalco	90
4	Chiautla	49
5	Jiquipilco	10
6	Jocotitlán	17
7	Morelos	11
8	Ozumba	14
9	Temascaltepec	22
10	Temoaya	29
11	Tepetlaoxtoc	12
12	Texcoco	26
	TOTAL	318

Fuente: Elaboración propia con datos de Hurtado, 2006.

Los datos se ordenaron en una tabla de la cual se desprendió la función de producción donde el rendimiento (g) se considera como variable dependiente e independientes: mano de obra expresada en jornales (m), tracción animal utilizada en número de horas (t), uso de maquinaria en horas (q), tipo de semilla utilizada criolla ó hibrida (s), cantidad de semilla en kilogramos (c), kilogramos de nitrógeno (n), kilogramos de fósforo (p), kilogramos de potasio (k), kilogramos de estiércol (e), kilogramos de

herbicidas ó pesticidas (h) y numero de labores agrícolas (l). A partir de esta información se proponen modelos de regresión múltiple: lineales, cuadráticos, cúbicos y logarítmicos en el paquete computacional *The SAS System for Windows 9.0*.

La estructura del modelo que se considera en forma general es:

$$g = \alpha + \beta_1 m + \beta_2 t + \beta_3 q + \beta_4 s + \beta_5 c + \beta_6 n + \beta_7 p + \beta_8 k + \beta_9 e + \beta_{10} h + \beta_{11} l + \varepsilon$$

Donde:

α : Coeficiente independiente

β_1 : Coeficiente del número de jornales.

β_2 : Coeficiente del tiempo en horas de tracción animal.

β_3 : Coeficiente del tiempo en horas de uso de maquinaria.

β_4 : Coeficiente de tipo de semilla (criolla ó mejorada).

β_5 : Coeficiente de la cantidad de semilla (kg/ha).

β_6 : Coeficiente de la cantidad de nitrógeno (kg/ha).

β_7 : Coeficiente de la cantidad de fosforo (kg/ha).

β_8 : Coeficiente de la cantidad de potasio (kg/ha).

β_9 : Coeficiente de la cantidad de estiércol (kg/ha).

β_{10} : Coeficiente del número de aplicación de herbicidas.

β_{11} : Coeficiente del número de labores agrícolas.

ε : Error del modelo

Para seleccionar el modelo que mejor describe la función de producción se tomarán en cuenta los criterios de: valor ajustado del coeficiente de determinación R^2 y los resultados de las pruebas de “F” y “t-student”.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 15 se muestran los municipios donde se aplicaron las encuestas de los cuales se obtuvo información de costos de producción y datos técnicos, tal información fue clasificada por municipio y modalidad para la propuesta y elaboración de funciones de producción.

Cuadro 15. Modalidad de las unidades productivas por municipio

Municipio	Numero de encuestas	Riego	Temporal
Amecameca	26	0	26
Ayapango	12	0	12
Chalco	90	13	77
Chiautla	49	49	0
Jiquipilco	10	10	0
Jocotitlán	17	14	3
Morelos	11	7	4
Ozumba	14	0	14
Temascaltepec	22	22	0
Temoaya	29	29	0
Tepetlaoxtoc	12	3	9
Texcoco	26	0	26
TOTAL	318	147	171

Fuente: Elaboración propia

De un total de 318 encuestas, se tienen 147 en modalidad de riego y 171 en temporal, formando dieciséis funciones de producción considerando el municipio y la modalidad.

Para la elaboración de las funciones de producción se realizó una clasificación de las variables más significativas a través del programa *SAS System* con el objeto de que en cada función exista el mejor ajuste. Las variables que se tienen para explicar el rendimiento de grano (g) por hectárea en kilogramos son: jornales de mano de obra (m), número de horas de tracción animal (t), número de horas de uso de maquinaria (q), tipo de semilla utilizada (criolla = 0 y mejorada = 1) (s), kilogramos de semilla (c), kilogramos de nitrógeno (n), kilogramos de fósforo (p), kilogramos de potasio (k),

kilogramos de estiércol (e), litros o kilogramos de herbicidas ó pesticidas (h) y número de labores agrícolas (l). En el Cuadro 16 se tiene un resumen de las variables que resultaron estadísticamente significativas, algunas funciones solo consideran una mientras que las más numerosas tienen cuatro variables representativas.

Cuadro 16. Variables significativas para cada municipio

		m	t	q	s	c	n	p	K	e	h	l
Jocotitlan	R			X			X	X	X			
	T								X			
Chalco	R											X
	T		X	X	X				X			
Amecameca	T										X	
Ayapango	T									X		
Ozumba	T		X		X	X					X	
Tepetlaoxtoc	R										X	
	T		X									
Texcoco	T										X	
Temoaya	R								X			X
Morelos	R		X						X			
	T								X			
Jiquipilco	R		X			X			X		X	
Temascaltepec	R						X		X			
Chiautla	R				X			X			X	

Fuente: Elaboración propia

En primera instancia se procedió a elaborar una gráfica de dispersión y tendencia por variable para establecer la forma de la función para tener un mejor ajuste en la R^2 . Una vez que se tiene la regresión con mayor ajuste en general y en las pruebas individuales se obtuvo para cada variable: el producto marginal, el producto medio y la elasticidad; además del óptimo técnico y económico con la utilización de los promedios de los precios y cantidades de insumos ó actividades.

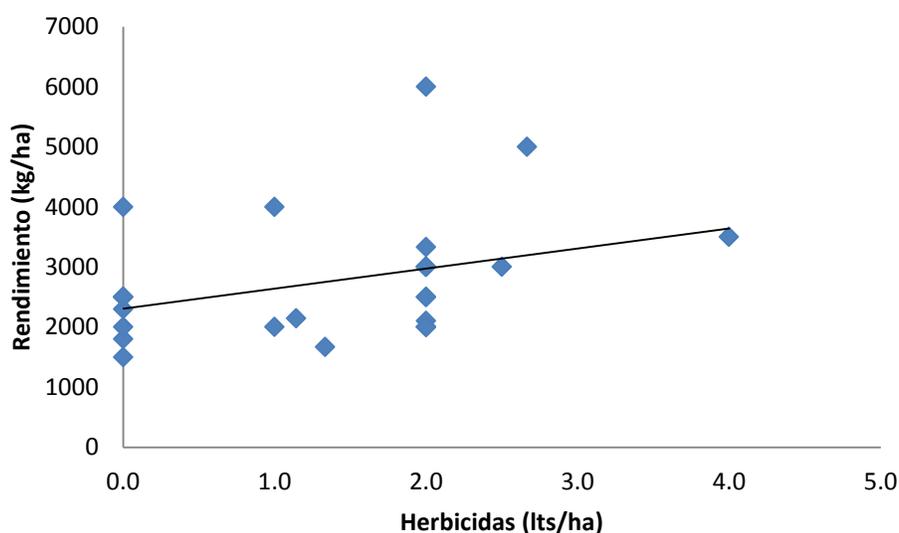
Municipio de Amecameca

Se tiene información de 26 productores, todos ellos en modalidad de temporal, la superficie con la que cuentan va de 0.5 a 3.5, con dos de ellos que están fuera del rango, 10 y 20 hectáreas cada uno. El análisis estadístico muestra que los herbicidas son las variables más relevantes, dentro de la muestra se tiene que solo un productor utiliza una variedad mejorada contra el resto de tipo criolla. El uso de herbicidas va de 0 a 4.0 lts/ha.

Modalidad temporal

La única variable que resultó significativa en la modalidad temporal en el municipio de Amecameca es herbicidas con una tendencia lineal.

Gráfica 1. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Amecameca)



La función de producción propuesta que tuvo un mejor ajuste con un R^2 de 66.22%, es:

$$g = 1381.825599h$$

Los resultados estadísticos son:

Cuadro 17. Resultados estadísticos del municipio de Amecameca modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
h	1381.825599	197.3738827	7.00	<.0001

Realizando el análisis económico con la información anterior se tiene:

Cuadro 18. Resultados de análisis económico del municipio de Amecameca modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedio	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	2763.2				\$1.71		
h	1.4	1381.8255	1381.8255	1	\$123.00	---	---

En el municipio de Amecameca se tiene en promedio un rendimiento de 2763.2 kilogramos por hectárea utilizando en promedio 1.4 litros de herbicidas. El producto marginal muestra la cantidad de rendimiento en kilogramos que aumenta cada unidad de herbicidas aplicado, para el Cuadro 18 el valor obtenido es el mismo que en valor de producto medio donde se muestra la aportación de cada unidad de herbicidas al rendimiento final, este valor asciende a 1381.82. La elasticidad unitaria muestra que esta variable se encuentra en el inicio de la segunda etapa de producción, es decir se encuentra en un nivel óptimo y se puede seguir aumentando el insumo si se quiere aumentar la ganancia aunque se pierda eficiencia pero no es posible identificar el nivel de máxima ganancia en una función lineal que se da en este caso.

De acuerdo con la teoría económica el punto de optimización técnica se da cuando el producto marginal es igual al producto medio, para el cuadro anterior deben utilizarse 1.4 litros de herbicidas para obtener el mayor rendimiento del insumo analizado, es decir el promedio de la muestra de 2763 kg de grano de maíz es el máximo que se puede producir bajo esta modalidad en este municipio.

Los precios indicados en el cuadro de resultados son los promedios del precio al que vendió cada productor en el caso del grano de maíz y el precio de compra promedio para el caso de los herbicidas.

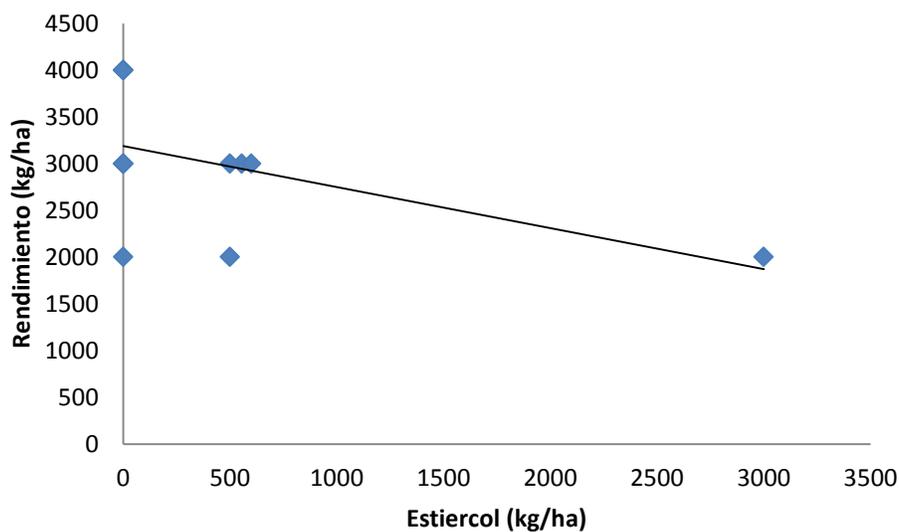
Municipio de Ayapango

En el municipio de Ayapango, el 100% de los productores (12) de la muestra son de modalidad de temporal, la variable que resulta más relevante es el uso de estiércol, para el municipio mencionado va de 0 hasta los 3000 kg/ha con un promedio de la muestra de 429.60 kg/ha. La superficie va de 2 a 10 hectáreas por productor.

Modalidad temporal

La gráfica de dispersión de la variable significativa queda:

Gráfica 2. Dispersión y tendencia de variable estiércol modalidad temporal (municipio de Ayapango)



La variable significativa que resultó del análisis estadístico es kilogramos de estiércol, cuya tendencia tuvo un ajuste de 25.66%, muy por debajo de un nivel aceptable, de la misma manera que la prueba individual de t-student. Hay que considerar el tamaño de la

muestra que solo es de 12 encuestas, el principal obstáculo fue encontrar el ajuste que fuera representativo y la función propuesta fue la más cercana al objetivo, situación que hay que considerar al momento de la obtención de resultados y de su interpretación para su posible aplicación al contexto del municipio.

Cuadro 19. Resultados estadísticos del municipio de Ayapango modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	3189.071654	217.9841550	14.63	<.0001
e	-0.440043	0.2367955	-1.86	0.0928

Quedando la función con los valores estimados:

$$g = 3189.071654 - 0.440043e$$

Los resultados del análisis estadístico son:

Cuadro 20. Resultados del análisis económico del municipio de Ayapango modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedio	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	3000.00				\$1.71		
e	429.60	-0.4400	6.9833	-0.06	\$0.14	---	---

Interpretando el cuadro anterior, el rendimiento promedio para el municipio de Ayapango en la modalidad de temporal es de 3000 kilogramos de grano por hectárea aplicando 429.60 kilogramos de estiércol, siendo la variable más significativa en el análisis estadístico.

En el análisis microeconómico se tiene que cada unidad adicional de estiércol reducirá la producción en 0.44 kg/ha, es decir, debe reducirse la utilización de esta variable, su contribución al producto total es de 6.98 kg/ha. Si se observa la recta de tendencia de la dispersión de la variable, la elasticidad se encuentra fuera de la tercera etapa de

producción, esto indica el uso excesivo de la variable. La forma lineal de la función de producción no permite la obtención de los óptimos técnicos ni económico a pesar de que la información disponible si daba los precios de las variables para obtener el segundo de ellos.

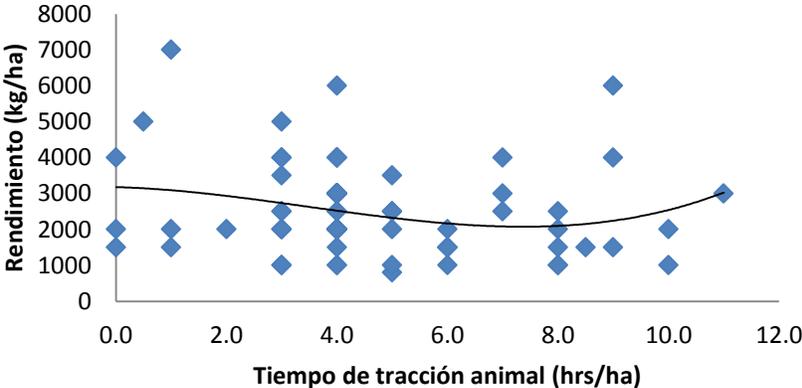
Municipio de Chalco

La muestra del municipio de Chalco tiene productores en la modalidad de temporal (77) y riego (13), para la primera de ellas las variables a utilizar en el modelo que resultaron significativas son: horas de tracción animal, horas de uso de maquinaria, tipo de semilla y kilogramos de potasio, en la muestra de riego la única variable que resultó sobresaliente es el número de labores agrícolas.

Modalidad temporal

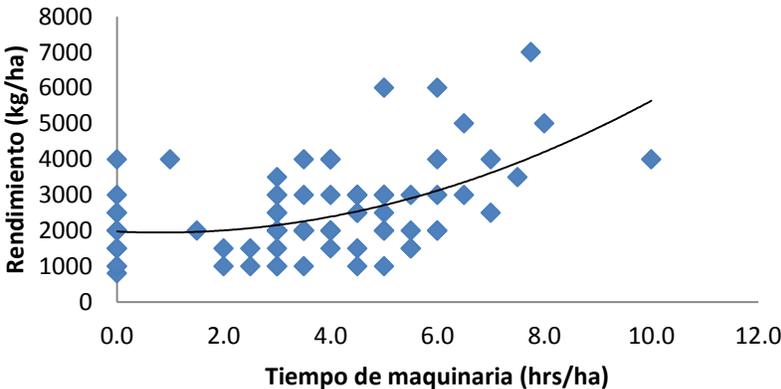
Se muestra en las siguientes gráficas la dispersión de las variables significativas, en la primera de ellas la variable horas de tracción animal donde se puede observar una forma cúbica, cuadrática para las horas de uso de maquinaria y lineal para el resto de las variables.

Gráfica 3. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad temporal (municipio de Chalco)



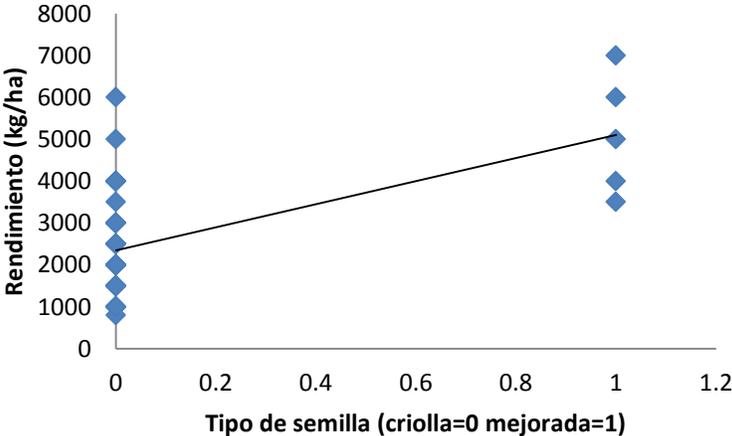
En la primer gráfica se puede de intuir en forma preliminar la existencia de un máximo y un mínimo local para la optimización del punto técnico, en la gráfica siguiente la forma es cuadrática con su concavidad hacia arriba, situación desfavorable para la optimización pues no se podrán calcular los puntos óptimos.

Gráfica 4. Dispersión y tendencia de la variable Tiempo de maquinaria modalidad temporal (municipio de Chalco)



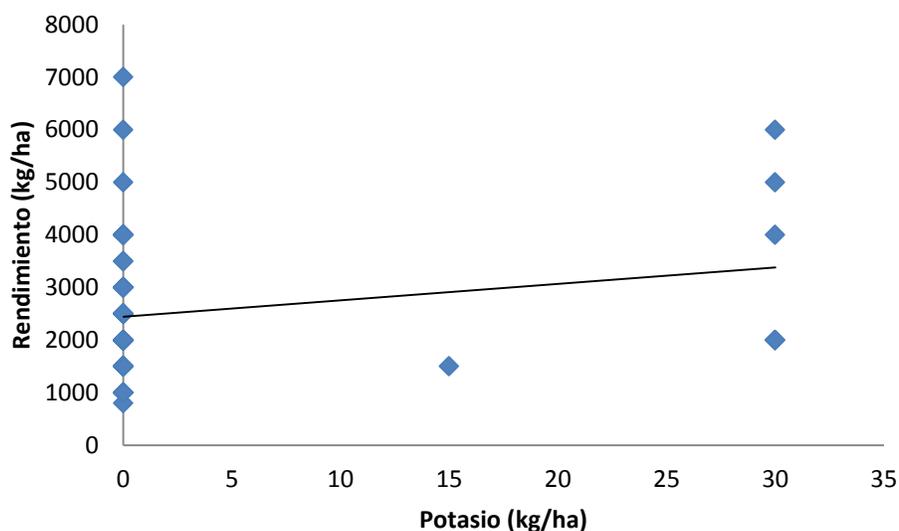
Para la gráfica de tipo se semilla, es claro que existe una separación entre aquellos productores que utilizan semilla hibrida y semilla criolla, en forma preliminar existe una diferencia visual entre estos dos tipos de semilla y su aumento en el rendimiento para la utilización de semilla mejorada, sin embargo a precios más altos.

Gráfica 5. Dispersión y tendencia de la variable tipo de semilla modalidad temporal (municipio de Chalco)



De forma similar al caso anterior, existe una marcada diferencia entre utilizar potasio en la mezcla de fertilización o no utilizarlo. La diferencia visual en el rendimiento da la pauta para proponer una forma lineal, con las desventajas ya mencionadas anteriormente y de su falta de puntos máximos.

Gráfica 6. Dispersión y tendencia de la variable Potasio modalidad temporal (municipio de Chalco)



Es importante mencionar que las variables tipo de semilla y potasio quedaron dentro del modelo por su importancia en la selección de variables significativas realizado previamente, sin embargo las pruebas individuales de t-student no son satisfactorias.

El nivel de ajuste del modelo en general es de 87.51%.

Cuadro 21. Resultados estadísticos del municipio de Chalco modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t^2	99.637563	15.4457567	6.45	<.0001
t^3	-8.106264	1.7424498	-4.65	<.0001
q^2	52.646713	5.7375930	9.18	<.0001
s	1969.356275	496.3778142	3.97	0.0002
k	42.373855	14.2155143	2.98	0.0039

Con los datos anteriores el modelo queda:

$$g = 99.637563t^2 - 8.106264t^3 + 52.646713q^2 + 1969.356275s + 42.373855k$$

Una vez obtenida la función de regresión se procede a realizar el análisis microeconómico y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 22. Resultados del análisis económico del municipio de Chalco modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedio	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	2523.40				\$1.73		
t	4.60	402.0799	509.3268	0.78	\$458.00	8.19	6.52
q	3.70	389.5856	633.2171	0.61	\$380.00	---	---
s	---	1969.3562	1969.3562	1.00	\$9.80	---	---
k	2.50	42.3738	937.1613	0.04	\$4.70	---	---

En el municipio de Chalco en modalidad temporal se obtienen de acuerdo a la muestra en promedio 2523.40 kilogramos de grano de maíz utilizando 4.6 horas de tracción animal, 3.7 horas de maquinaria y 2.50 kilogramos de potasio.

Los productos marginales que muestran el incremento de cada variable y relacionando con la elasticidad, hay que incrementar la utilización de los insumos y actividades mostrados en el Cuadro 22, el incremento del tiempo de maquinaria en una hora aumentaría el rendimiento final en 402.07 kilogramos por hectárea, el aumento de una hora de maquinaria aportaría 389.58 kilogramos más por hectárea, el uso de semilla híbrida hace un cambio importante aportando 1969.35 al rendimiento y finalmente el potasio aumentaría en 42.37 kilogramos.

Los productos medios muestran la aportación de cada variable al producto final: para el tiempo de tracción animal es de 509.32, horas de maquinaria 633.21 y 937.16 para el potasio, la interpretación de este valor no es el mismo para el tipo de semilla ya que el valor utilizado para el cálculo de la función muestra la cantidad de productores de la muestra que utiliza semilla híbrida (1) y criolla (0).

En el caso de la variable tracción animal, se muestran los resultados para elasticidad, óptimo técnico y óptimo económico, los cuales, determinan que esta actividad se encuentra en la primera etapa de la producción por lo cual hay que incrementar su utilización. Si se desea maximizar la producción entonces hay que usar 8.19 horas, considerando el precio del grano y de la actividad entonces el aumento solo debe ser hasta 6.52 horas.

El uso de maquinaria muestra en la elasticidad que debe incrementarse su utilización, así como el potasio, sin embargo la forma que se tiene en la dispersión y en la función de regresión no existe ningún óptimo para ellas por ser cuadrática cóncava hacia arriba y lineal, respectivamente.

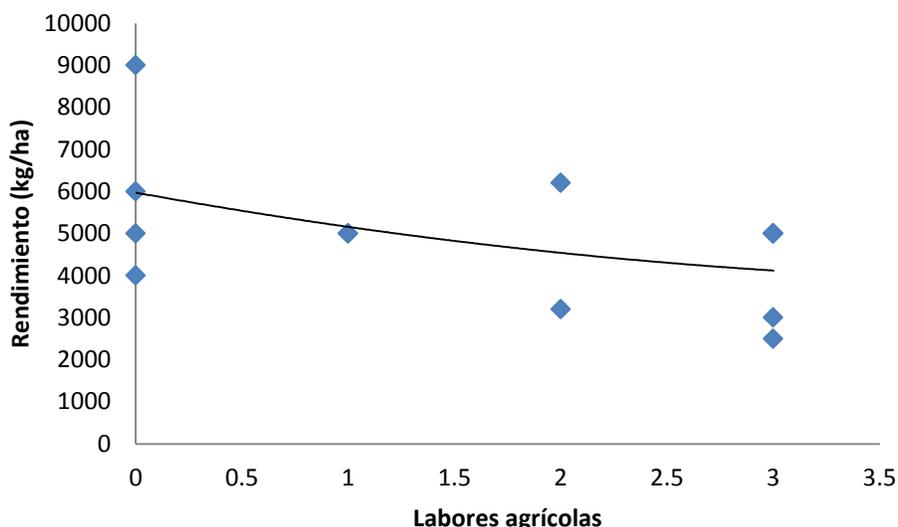
Modalidad riego

La selección de variables significativas determinó que únicamente las labores agrícolas son trascendentes en la producción del grano, la variable muestra un ajuste de 35%. Por el tamaño de la muestra (13 productores), se puede atribuir el ajuste en la R^2 y en la prueba individual de t-student donde estadísticamente no son aceptables, sin embargo después de varias propuestas, la función expuesta resultó ser la más aceptable. Las aclaraciones anteriores deberán ser consideradas en la interpretación del análisis estadístico.

La gráfica de la dispersión muestra una distribución cuadrática positiva por lo que no existirán puntos óptimos de consideración, sin embargo los valores de productos marginales, producto medio y elasticidad si podrán obtenerse.

La variable labores agrícolas incluye las actividades de mano de obra que se pagan durante la preparación del terreno y manejo del cultivo como: fertilización, aplicación de herbicidas, pesticidas, deshierbe y riegos.

Gráfica 7. Dispersión y tendencia de la variable labores agrícolas modalidad riego (municipio de Chalco)



Cuadro 23. Resultados estadísticos del municipio de Chalco modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
l^2	528.7015945	206.3064009	2.56	0.0249

El modelo:

$$g = 528.7015945l^2$$

Cuadro 24. Resultados del análisis económico del municipio de Chalco modalidad de riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	4915.40				\$1.73		
l	1.60	1691.8451	845.9225	2	\$358.00	0	0.19

En el análisis no se incluye la variable riego en los datos de la obtención de las funciones de producción aunque el análisis se realizó considerando esta diferencia, en el rendimiento en este municipio esta diferencia es marcada con casi el doble de la producción y claro que también la aplicación correcta de las demás variables; para el caso del riego el rendimiento en grano promedio es de 4915.40 y de temporal de 2523.40 kilogramos por hectárea.

La elasticidad muestra que la variable labores agrícolas se encuentra en la primera etapa de la producción, hay que seguir aumentando el insumo, sin embargo se presenta una contradicción en la optimización, mientras que el óptimo técnico indica 0 y el económico 0.19, cantidades menor al promedio de la muestra. La explicación es la forma cuadrática convexa hacia abajo y de la falta de datos para hacer más precisos los cálculos. La aportación de cada unidad extra de la variable es de 1691.84 kilogramos de grano al rendimiento final y su participación en 845.92.

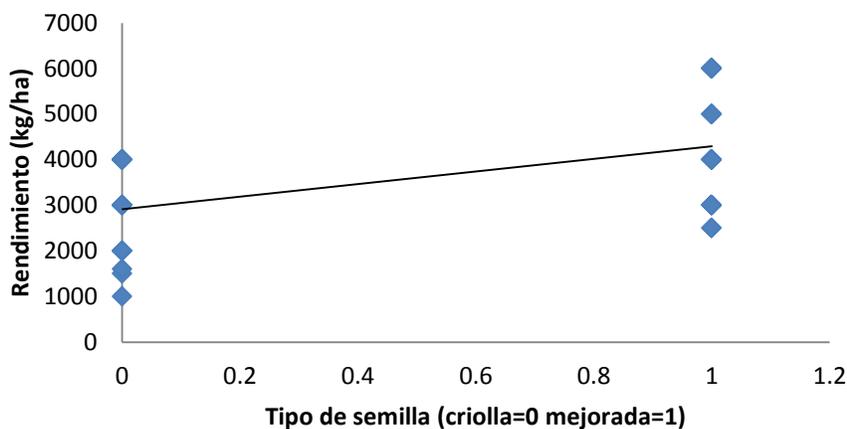
Municipio de Chiautla

Se tiene en el municipio de Chiautla un total de 49 encuestas, de las cuales el 100% son de riego, el promedio de superficie es de 0.94 hectáreas las cuales oscilan entre 0.5 y 2 por productor.

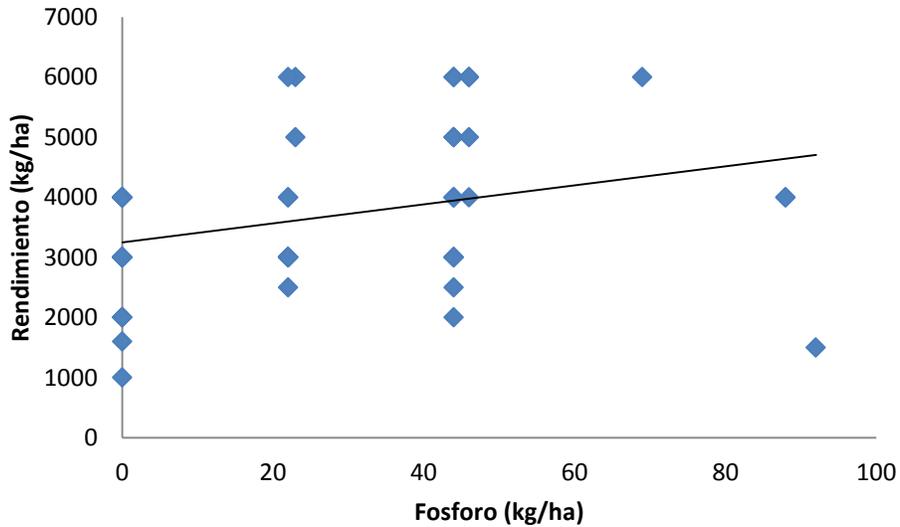
Modalidad riego

Durante la selección de variables significativas, se determinó que: tipo de semilla, herbicidas y fosforo se utilizarán para la función de producción.

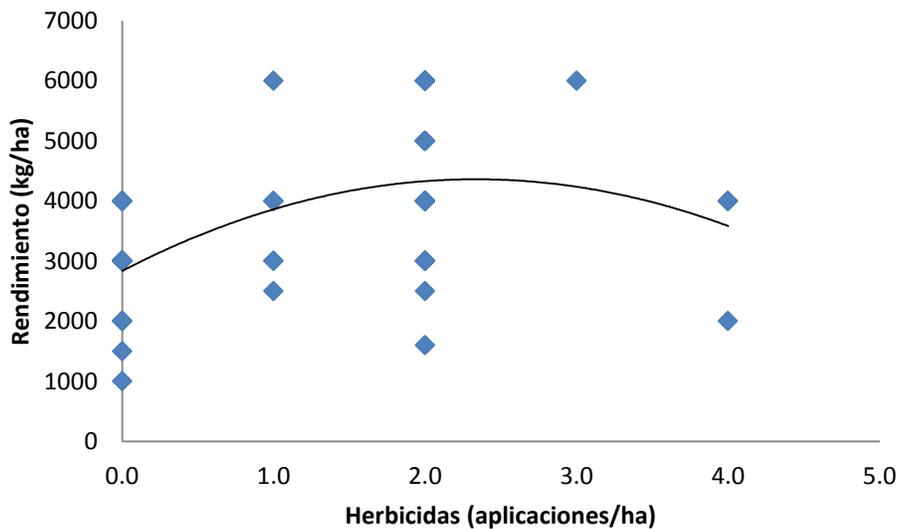
Gráfica 8. Dispersión y tendencia de tipo de semilla modalidad riego (municipio de Chiautla)



**Gráfica 9. Dispersión y tendencia de la variable fósforo modalidad riego
(municipio de Chiautla)**



**Gráfica 10. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad riego
(municipio de Chiautla)**



En la gráfica 8 se puede observar la separación que existe entre la utilización de semilla híbrida (1) y criolla (0), la tendencia es positiva aunque esta no signifique la existencia de puntos intermedios, se colocó en el modelo como variable relevante en el análisis

estadístico, sin embargo los resultados de la función no tendrán puntos de optimización pues los resultados dejan claro que es más productivo usar semilla mejorada.

Las variables fósforo y herbicidas quedan con forma lineal y cuadrática, respectivamente. Los resultados estadísticos de las variables seleccionadas quedan como sigue:

Cuadro 25. Resultados estadísticos del municipio de Chiautla modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
s	2437.765685	388.7273287	6.27	<.0001
p	39.364887	7.5689259	5.20	<.0001
h ²	240.150556	49.9499334	4.81	<.0001

Elaborando la función de producción con una confiabilidad de 85.29% en la R².

$$g = 2437.765685s + 39.364887p + 240.150556h^2$$

Cuadro 26. Resultados del análisis económico del municipio de Chiautla modalidad de riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	3675.50				\$1.88		
s	0.60	2437.7656	4872.4880	0.50	\$10.23	---	---
p	26.80	39.3648	109.0855	0.36	\$6.70	---	---
h	1.30	624.3914	2248.8406	0.27	\$78.50	0	0.08

El rendimiento del grano en promedio de la muestra es de 3675.50 kilogramos por hectárea con la utilización de 26.80 kilogramos de fósforo y 1.30 litros de herbicidas. El 60% de los productores utiliza semilla híbrida. En el análisis marginal, se establece que la aportación de cada unidad adicional de fósforo aumenta el rendimiento en 39.36 kilogramos al total, mientras que la utilización adicional de un litro de herbicidas lo hará en 624.39.

El producto medio muestra la aportación que tiene cada variable al producto final, el fósforo aporta en promedio 109.08 kilogramos y los herbicidas 2248.84. La elasticidad muestra la etapa de la producción en la que se encuentra la utilización de cada insumo, para ambos es la segunda etapa, es decir los insumos se encuentran en la etapa más aceptable donde cada unidad se utiliza de manera razonable. Como se observa en las gráficas de dispersión no existen puntos de maximización de ganancias ni de producción para el fósforo por ser lineal, en el caso de los herbicidas y considerando los precios del grano de maíz y del litro del insumo se tiene un punto óptimo económico de 0.08 litros por hectárea, es decir se sugiere no utilizar herbicidas en la producción.

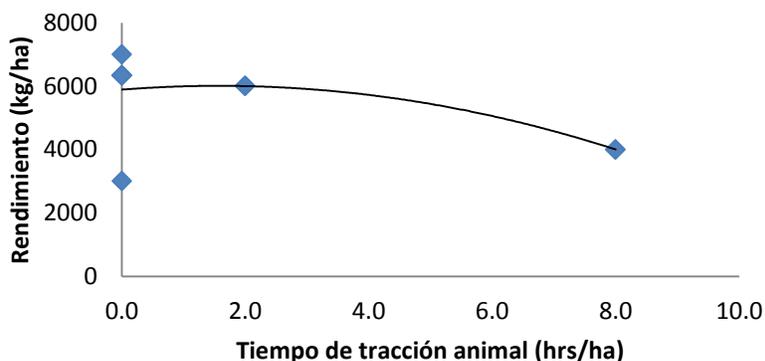
Municipio de Jiquipilco

En el municipio de Jiquipilco se tienen solo diez encuestas de productores en modalidad de riego. El promedio de la superficie es de 4.35 hectáreas con un rango que va de uno a ocho con rendimientos máximos de 7000 kilogramos.

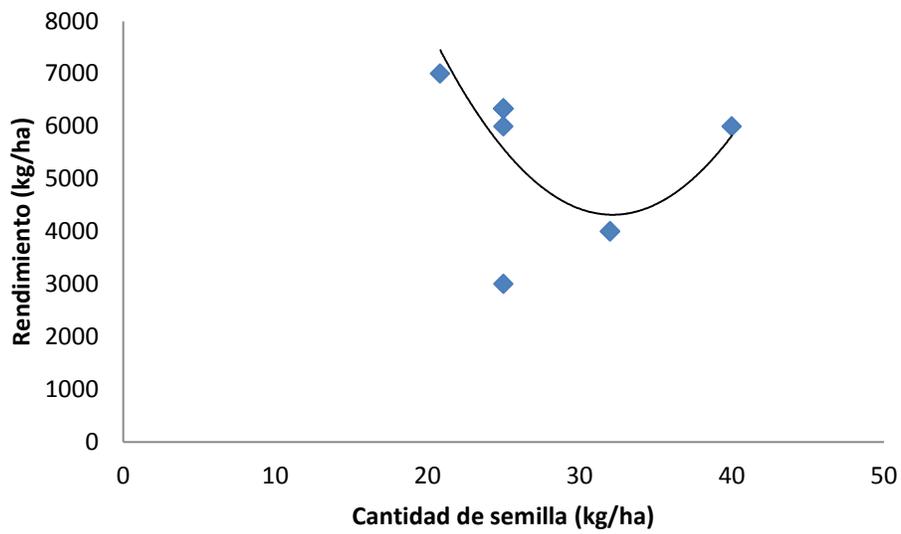
Modalidad riego

Las variables significativas en el análisis estadístico son: herbicidas, potasio, tracción animal y cantidad de semilla.

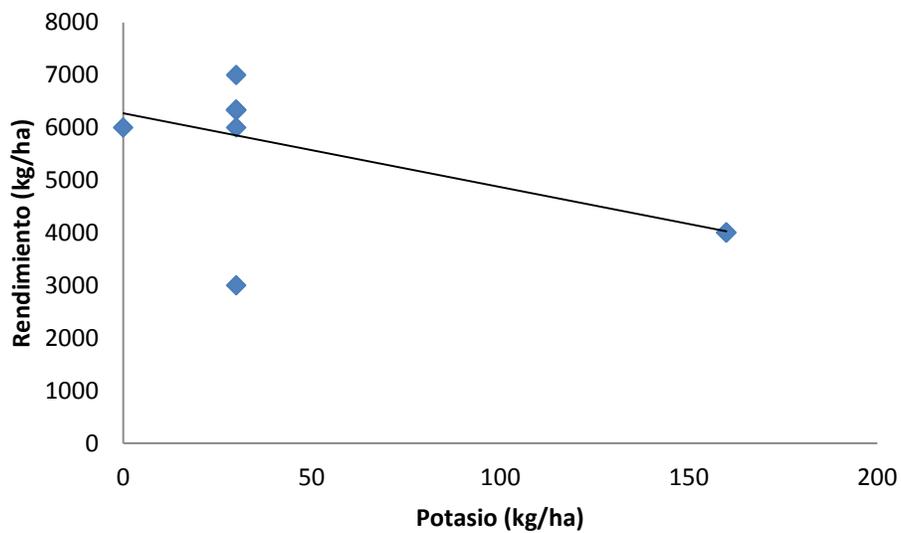
Gráfica 11. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad riego (municipio de Jiquipilco)



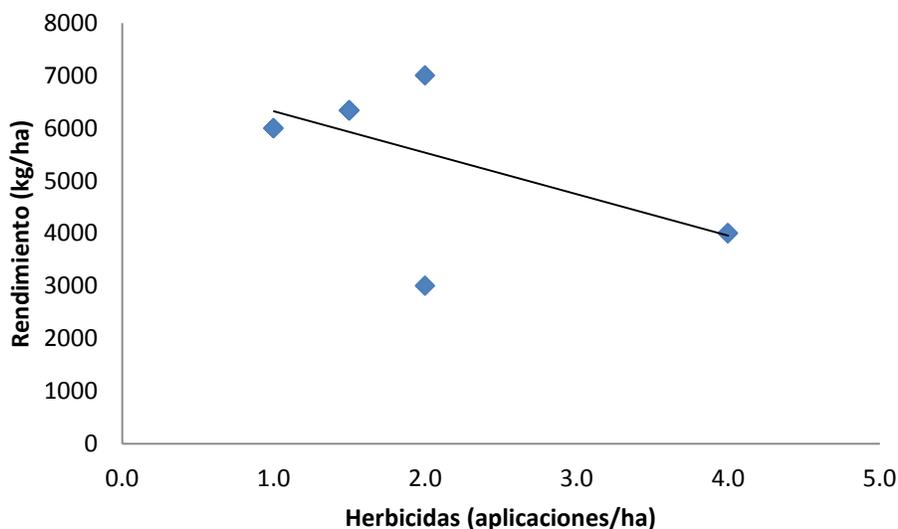
Gráfica 12. Dispersión y tendencia de variable cantidad de semilla modalidad riego (municipio de Jiquipilco)



Gráfica 13. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad riego (municipio de Jiquipilco)



**Gráfica 14. Dispersión y tendencia de variable herbicidas modalidad riego
(municipio de Jiquipilco)**



La forma que se ajusta en tiempo de tracción animal es una tendencia cuadrática con una prueba individual estadísticamente aceptable de la misma manera que la cantidad de semilla. Las variables potasio y herbicidas se comportaron mejor en una forma lineal.

Cuadro 27. Resultados estadísticos del municipio de Jiquipilco modalidad de riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t	-18872.34444	0	-Infin	<.0001
c	9796.96667	0	Infin	<.0001
k	-2729.80833	0	-Infin	<.0001
h	-6666.00000	0	-Infin	<.0001
t ²	8519.67222	0	Infin	<.0001
c ²	-234.71667	0	-Infin	<.0001

Función de regresión con ajuste 100% en R²:

$$g = -18872.34444t + 9796.96667c - 2729.80833k - 6666.0000h + 8519.67222t^2 - 234.71667c^2$$

El ajuste de la función se dio en un 100%, con pruebas individuales de t-student completamente aceptables.

Cuadro 28. Resultados del análisis económico del municipio de Jiquipilco**modalidad riego**

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	5533.50				\$1.36		
t	2.00	15206.3444	-34882.8698	-0.43	\$912.50	1.10	1.14
c	27.50	-3112.4501	-2536.9359	1.22	\$21.99	20.86	20.83
k	53.00	-2729.8083	-1316.3347	2.07	\$4.70	---	---
h	2.00	-6666.0000	-34882.8698	0.19	\$78.50	---	---

El promedio de la muestra es de 5533.50 kilogramos de grano utilizando dos horas de tracción animal, 27.50 kilogramos de semilla, 53 kilogramos de potasio y 2 litros de herbicidas. Relacionando la productividad marginal con la elasticidad se recomienda reducir la utilización de la variable t de 2 a 1.10 horas para obtener el máximo de producción y considerando los precios a 1.14 para obtener el máximo beneficio. La semilla también se utiliza de manera excesiva, de acuerdo a los datos del cuadro anterior deben utilizarse 20.8 kilogramos de maíz para maximizar el rendimiento y la ganancia.

Para las variables potasio y herbicidas no existen puntos de optimización, sin embargo de acuerdo a la elasticidad se puede hacer la siguiente recomendación, aumentar la aplicación de potasio puesto que cada unidad adicional de este insumo disminuye la producción en 2729.8 kilogramos de grano. Lo mismo sucede con el aumento de los herbicidas donde la relación inversa de la productividad marginal indica la reducción de este insumo. La elasticidad de los herbicidas es congruente con la productividad que se indica con este segundo dato, la posición de la tercera etapa de producción con niveles excesivos de insumo. Sin embargo, no sucede lo mismo con la variable potasio quien resulta contradictorio en la elasticidad indicando niveles faltantes tal situación debido a la forma lineal con pendiente negativa de la dispersión.

Municipio de Jocotitlan

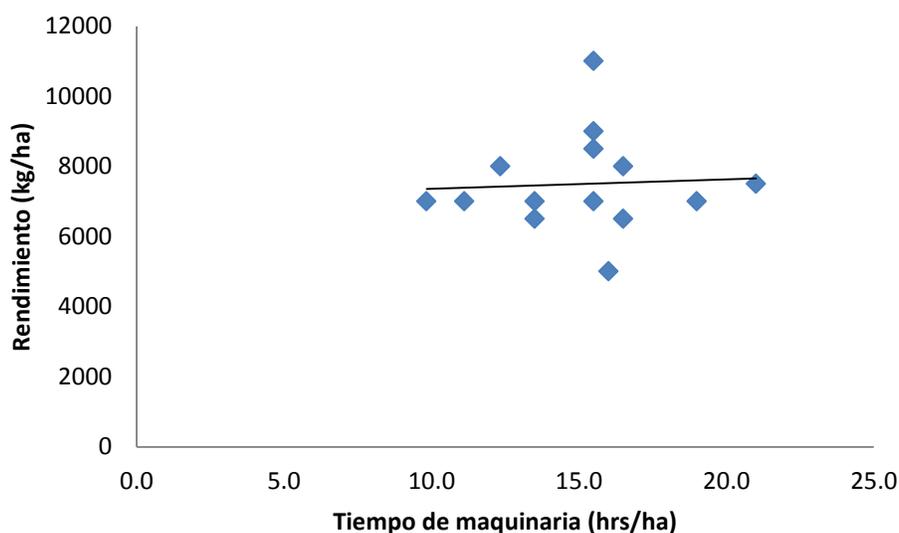
El municipio de Jocotitlan tiene dos modalidades de producción: riego y temporal. La muestra total es de 17 encuestas: 14 y 3 respectivamente.

Modalidad riego

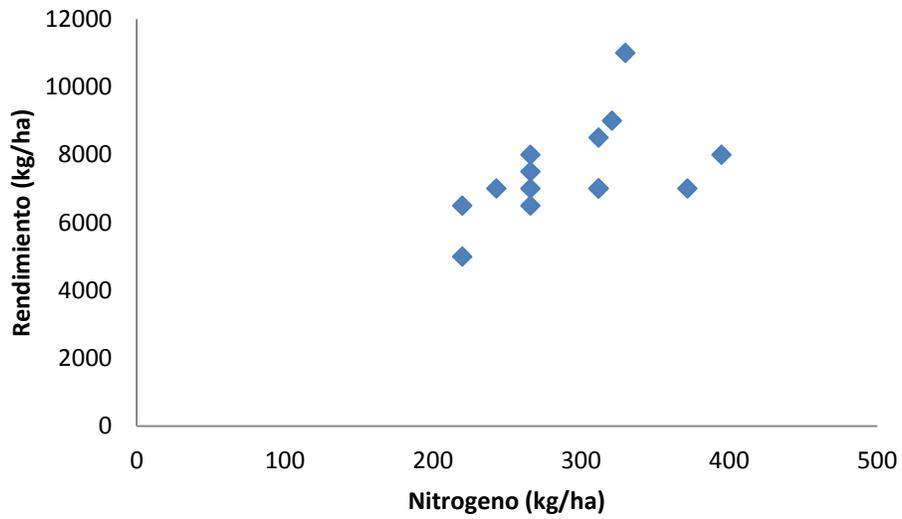
En la modalidad riego al realizar la selección de variables significativas se obtuvieron: tiempo de maquinaria, nitrógeno, fósforo y potasio. En la primera gráfica de variable tiempo de maquinaria con una dispersión se obtuvo una tendencia lineal con pendiente positiva.

Las tres gráficas de fertilizante que se muestran posteriormente son de nitrógeno, fósforo y potasio que resultaron como variables significativas, cada una de ellas en forma individual con los modelos propuestos no mostraban un ajuste aceptable en las pruebas individuales, sin embargo la interacción de las tres como un solo valor de parámetro si pasó la prueba de t-student. El nivel de ajuste es alto con un R^2 de 98.75%.

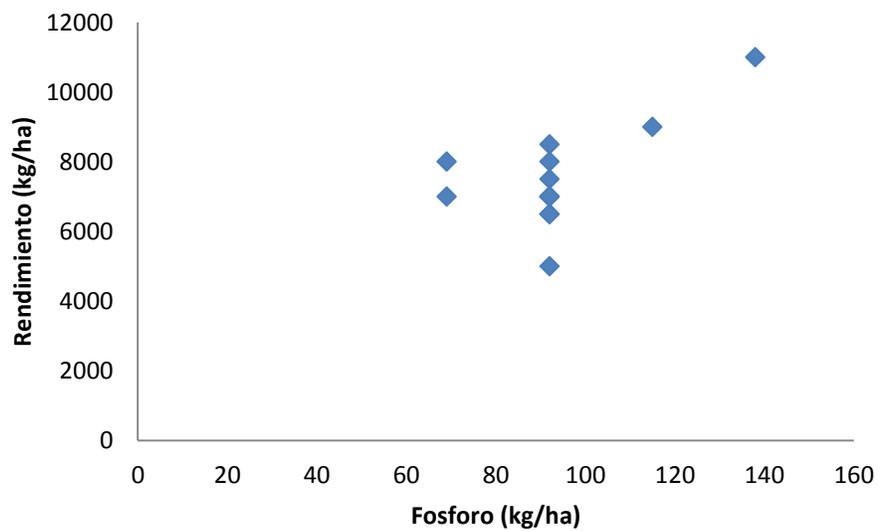
Gráfica 15. Dispersión y tendencia de variable tiempo de maquinaria modalidad riego (municipio de Jocotitlan)



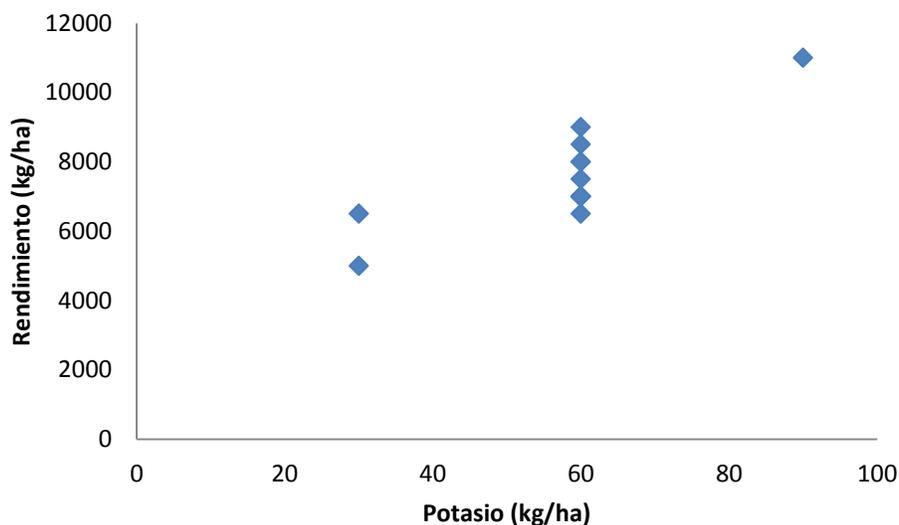
Gráfica 16. Dispersión de variable nitrógeno modalidad riego (municipio de Jocotitlan)



Gráfica 17. Dispersión de variable fósforo modalidad riego (municipio de Jocotitlan)



Gráfica 18. Dispersión de variable potasio modalidad riego (municipio de Jocotitlan)



Cuadro 29. Resultados estadísticos del municipio de Jocotitlan modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
q	280.2142375	33.50167706	8.36	<.0001
npk	0.0019196	0.00028123	6.83	<.0001

El modelo con la interacción de las variable fertilizante queda:

$$g = 280.2142375q + 0.0019196npk$$

Cuadro 30. Resultados del análisis económico del municipio de Jocotitlan modalidad riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	7500.00				\$1.40		
q	15.10	280.2142	482.0079	0.58	\$287.12	---	---
n	292.90	10.4031	24.8491	0.41	\$6.30	---	---
p	93.60	32.5543	77.7598	0.41	\$6.70	---	---
k	57.90	52.6266	125.7050	0.41	\$4.70	---	---

Los resultados del Cuadro 30 no permiten identificar los óptimos económicos ni técnicos. La producción de grano de maíz de la muestra es de 7500 kilogramos por hectárea usando como variables significativas 15.10 horas de maquinaria para preparación del terreno, 292.90 kilogramos de nitrógeno, 93.60 de fósforo y 57.90 de potasio.

De acuerdo a la productividad marginal cada unidad adicional de tiempo de maquinaria aportaría al rendimiento total 280 kilogramos de grano. Cada kilogramo adicional de nitrógeno incrementaría el total en 10, el fósforo en 32 y el potasio en 52 respectivamente en el rendimiento total en kilogramos de grano.

La elasticidad muestra la etapa de producción en la que se encuentra cada variable, si es mayor de uno se refiere a la escasa utilización de este insumo, si es menor a cero entonces se utiliza de manera excesiva, los valores de la segunda etapa óptima está entre cero y uno. Para las variables implicadas se puede determinar que todos están siendo usados de forma óptima. Finalmente dentro del mismo cuadro se muestra el producto medio el cual muestra la aportación que tiene cada uno de los insumos al total, para las horas de maquinaria se tienen 482 kilogramos, para el nitrógeno 24, 77 para el fósforo y 125 para potasio, es decir, estas cantidades son las que aporta cada insumo al rendimiento de los 7500 kg de grano.

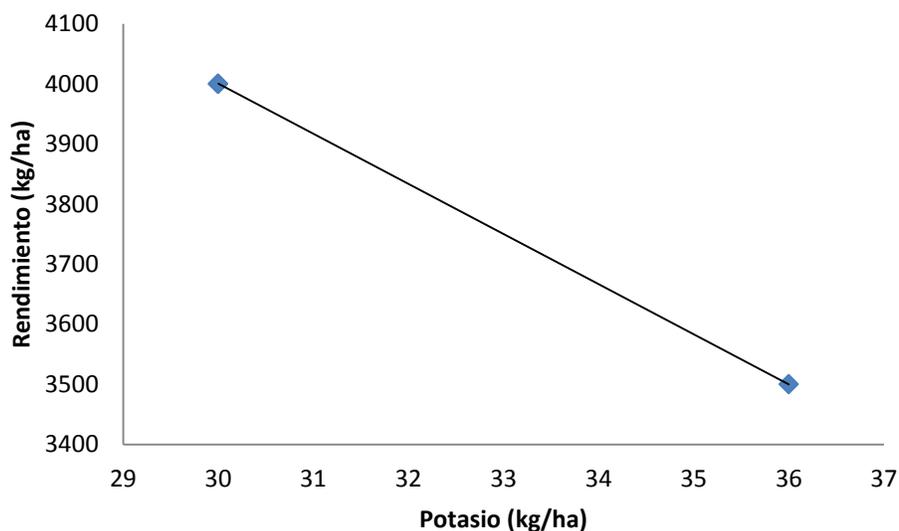
Los precios que se refieren son obtenidos a través del promedio al cual cada productor compró y pagó las actividades de preparación de terreno e insumos, son utilizados para el cálculo del óptimo económico y determinar qué cantidad brinda la mayor rentabilidad. Para este municipio en esta modalidad y por el tipo de función propuesta no se puede obtener este dato.

Modalidad temporal

La muestra consta de una variable dependiente y una independiente, con datos de tres productores, por la cantidad tan reducida de datos el ajuste fue exacto de 100%, con los dos parámetros obtenidos satisfactorios en la prueba de t-student. La falta de datos de la

muestra ofrece resultados que deben ser interpretados con cautela y con sus respectivas limitaciones.

Gráfica 19. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad temporal (municipio de Jocotitlan)



Cuadro 31. Resultados estadísticos del municipio de Jocotitlan modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	6500.000000	0	Infin	<.0001
k	-83.333333	0	-Infin	<.0001

Función de producción:

$$g = 6500.000000 - 83.333333k$$

Cuadro 32. Resultados del análisis económico del municipio de Jocotitlan modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	3833.33				\$1.40		
k	32.00	-83.3333	119.7916	-0.6956	\$4.70	---	---

En promedio la muestra del municipio de Jocotitlan en la modalidad temporal con tres datos es de 3833 kg por hectárea utilizando como única variable significativa 32 kg de potasio. El insumo al cual se hace referencia está saturado, es decir cada unidad adicional ya no incrementaría la producción por el contrario lo reduciría. El producto medio muestra que este insumo representa 119 kg del total.

La elasticidad de -0.69 muestra la saturación mencionada anteriormente. La forma lineal no ofrece la oportunidad de puntos óptimos.

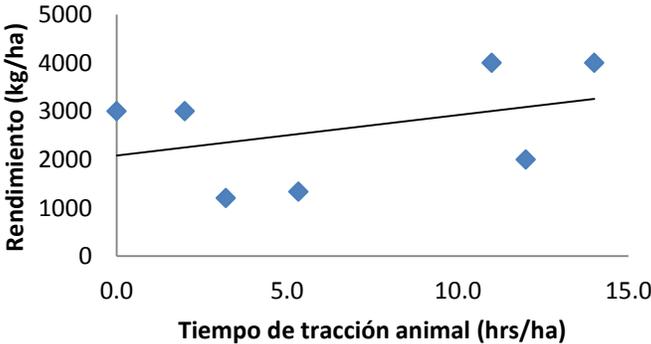
Municipio de Morelos

El municipio de Morelos, ubicado en el occidente del Estado de México tiene una muestra de once encuestas: 7 de riego y el resto de temporal. El promedio que se tiene de la muestra total es de 1.04 hectáreas con rendimientos de 2594 kilogramos de grano.

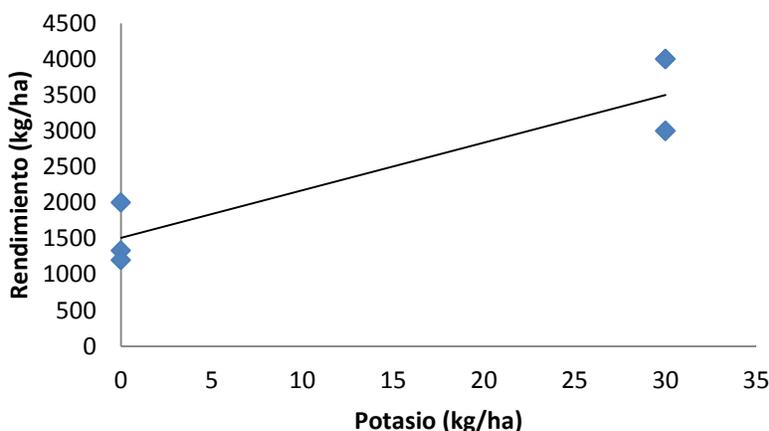
Modalidad riego

Las variables significativas para el municipio de Morelos en la modalidad riego son: potasio y tracción animal. En esta modalidad el rendimiento es mayor que en temporal con una diferencia de 147 kg (2647 y 2500 respectivamente). En la dispersión ambas variables muestran una tendencia creciente y una forma lineal.

**Gráfica 20. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal
modalidad riego (municipio de Morelos)**



Gráfica 21. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad riego municipio de Morelos



En el Cuadro 33 de los parámetros se observa que las variables independientes y tiempo de tracción animal no pasan las pruebas individuales de t-student, sin embargo otras alternativas propuestas mostraban un valor mucho menos aceptable. El nivel de ajuste de los parámetros en su totalidad es de 99.35%.

Cuadro 33. Resultados estadísticos del municipio de Morelos modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	928.4796958	87.85982960	10.57	0.0005
k	66.5367969	2.90891526	22.87	<.0001
t	85.2468738	8.49267211	10.04	0.0006

La función de regresión:

$$g = 928.4796958 + 66.5367969k + 85.2468738t$$

Cuadro 34. Resultados del análisis económico del municipio de Morelos modalidad de riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	2647.60				\$1.45		
k	17.10	66.5367	154.7331	0.43	\$4.70	---	---
t	6.80	85.2468	389.2468	0.21	\$485.00	---	---

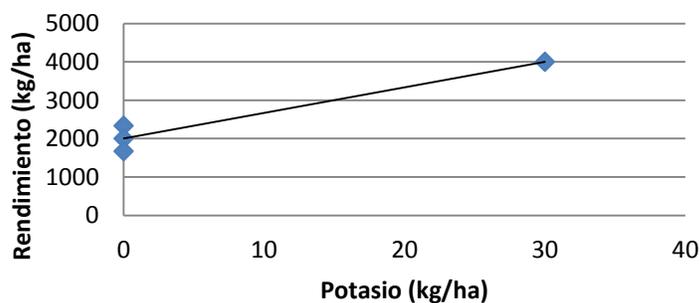
Con la muestra que se tiene, el municipio de Morelos en la modalidad de riego se tiene un rendimiento promedio de 2647 kilogramos con la utilización promedio de 17 kilogramos de potasio y 6.8 horas de uso de tracción animal. Se observa en la productividad marginal de cada insumos que el incremento de ambas variables en una unidad elevaría el rendimiento en 66.5 kg para el potasio y 85 para la tracción animal. Cada uno de los elementos aporta al rendimiento total 154 y 389 kilogramos en el uso de potasio y tracción animal respectivamente.

La elasticidad del cuadro anterior muestra que cada uno de los insumos se encuentra en una etapa óptima, es decir ambos insumos se están usando cerca de la mejor manera posible para la obtención del máximo rendimiento. Como se mencionó anteriormente los promedios de los precios son utilizados para la obtención de los óptimos económicos, sin embargo la forma lineal de cada variable no permite el cálculo de estos valores. A pesar de ello se puede concluir que ambos insumos dentro de la muestra están siendo bien utilizados.

Modalidad temporal

La modalidad de temporal en el municipio de Morelos solo tiene una muestra de 4 unidades productivas, situación que no permite un buen ajuste y la obtención de un resultado que sea estadísticamente recomendable en su interpretación. La función con un ajuste mayor en su totalidad y no así en las pruebas individuales se determinó con una variable independiente.

Gráfica 22. Dispersión y tendencia de variable potasio modalidad temporal (municipio de Morelos)



El ajuste del término independiente y la variable significativa no son aceptables en las pruebas de t-student, en general el modelo con mejor R^2 fue de 93.11%.

Cuadro 35. Resultados estadísticos del municipio de Morelos modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	2000.000000	192.2576396	10.40	0.0091
k	66.666667	12.8171760	5.20	0.0350

La función de regresión es:

$$g = 2000.000000 + 66.666667k$$

Cuadro 36. Resultados del análisis económico del municipio de Morelos modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	2500.00				\$1.45		
k	7.50	66.6666	333.3333	0.20	\$4.70	---	---

Del cuadro anterior se desprende la aportación media del insumo al rendimiento total de 333.33 kg, de un cambio positivo en el rendimiento de 66.66 kg al incrementar una unidad de potasio y una elasticidad de 0.20 que representa estar en la segunda etapa de producción. El insumo potasio está siendo usado correctamente y solo faltaría determinar los puntos exactos óptimos, sin embargo como se menciono anteriormente no se pueden calcular por la forma de la función y por la cantidad de la muestra.

Municipio de Ozumba

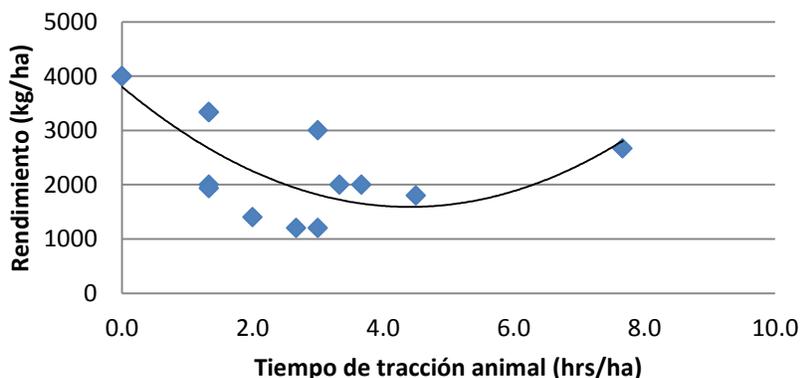
La muestra para este municipio es de 14 unidades productivas, igual al municipio de Morelos con la diferencia de que solo se incluye modalidad temporal. La muestra va de 1 hasta 3 hectáreas con un promedio de 1.5 por productor.

Modalidad temporal

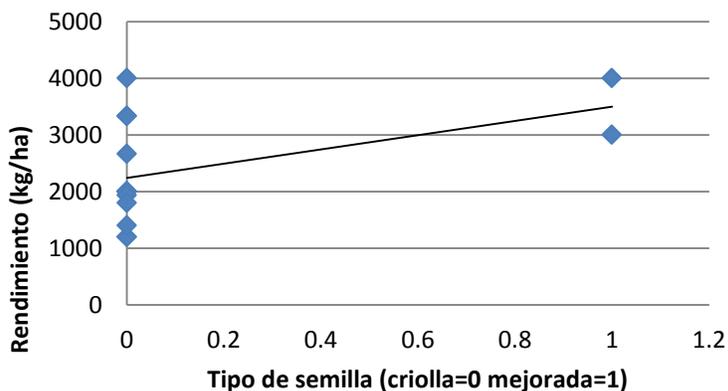
Las variables que explican el rendimiento estadísticamente en esta modalidad para este municipio en particular son: tracción animal, cantidad de semilla, tipo de semilla y herbicidas. Las dos primeras variables muestran una dispersión cuadrática y las restantes una forma lineal.

Existe una función de dispersión para el tipo de semilla y se encuentra dentro de la función de producción sin embargo los resultados no tienen una interpretación como el resto de variables, se incluyó en la regresión por ser representativa en la selección estadística.

Gráfica 23. Dispersión y tendencia de variable tiempo de tracción animal modalidad temporal (municipio de Ozumba)

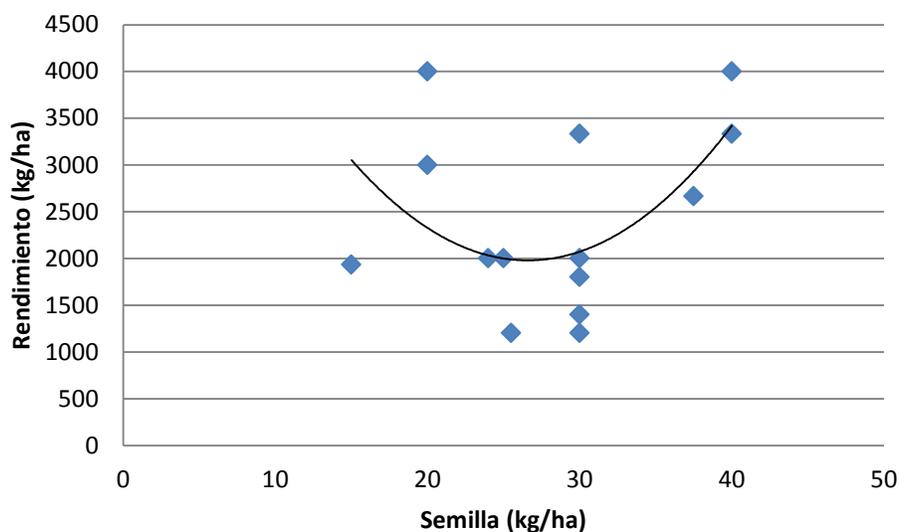


Gráfica 24. Dispersión y tendencia de variable tipo de semilla modalidad temporal (municipio de Ozumba)

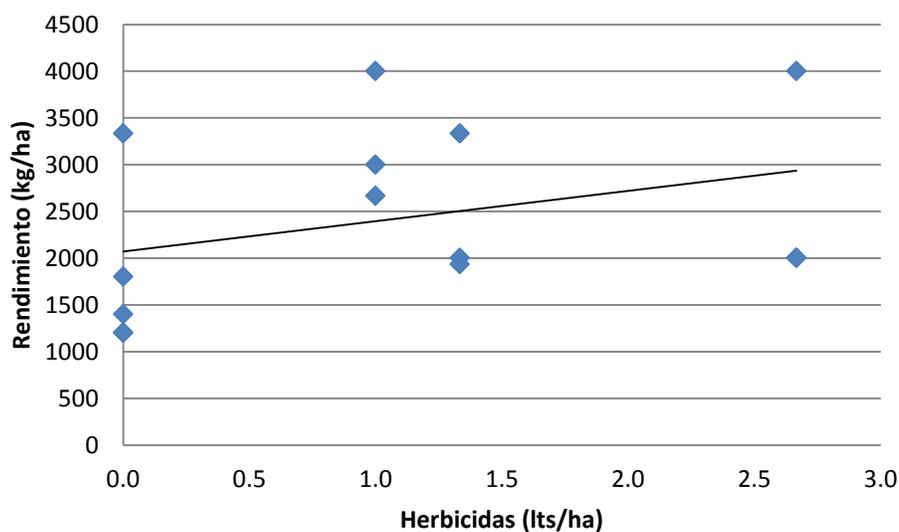


Se asignó cero como la utilización de semilla criolla y uno como híbrida, la separación de los rendimientos entre ambos tipos de semilla se mantiene en todos los municipios y modalidades.

Gráfica 25. Dispersión y tendencia de variable cantidad de semilla modalidad temporal (municipio de Ozumba)



Gráfica 26. Dispersión y tendencia de variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Ozumba)



Los parámetros y la regresión estimada, deben de interpretarse con el debido análisis estadístico, es de notar que las variables s y h no son aceptables y en mayor medida la variable t^2 . El nivel de explicación del modelo general es de 95.18%

Cuadro 37. Resultados estadísticos del municipio de Ozumba modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t^2	-10.744469	12.6459297	-0.85	0.4154
s	2389.388079	492.9795924	4.85	0.0007
c^2	2.004314	0.2981715	6.72	<.0001
h	357.236243	172.1482540	2.08	0.0647

Función de producción:

$$g = -10.744469t^2 + 2389.388079s + 2.004314c^2 + 357.236243h$$

Cuadro 38. Resultados del análisis económico del municipio de Ozumba modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	2419.00				\$1.57		
t	2.50	-53.7223	872.5380	-0.06	\$425.08	---	---
s	0.10	---	---	---	---	---	---
c	28.40	113.8450	76.8079	1.48	\$11.61	---	---
h	1.10	357.2362	1983.0411	0.18	123.00	---	---

De acuerdo con los resultados, existen cuatro variables relevantes que explican el rendimiento y su utilización promedio es de 2.50 horas de tracción animal, 28.4 kilogramos de semilla y 1.10 litros de herbicidas para la producción de 2419 kilos de grano de maíz. La muestra indica que el 10% de los productores utilizó semilla híbrida.

La productividad marginal del tiempo de maquinaria es negativa, cada unidad adicional no contribuye con el aumento del rendimiento, por el contrario su utilización reduciría la producción en 53.7 kilos por cada hora de tracción animal que se aumente. La

cantidad de semilla y herbicidas aun se encuentran en un nivel donde su aumentó en cada unidad si ayuda a acrecentar el producto final, 113.8 y 357 kilos respectivamente.

El producto medio indica la aportación de cada insumo al total, para las tres variables se tienen: 872 kg para tracción animal, 76 kg para cantidad de semilla y 1983 kg en herbicidas, esta última como la mayor contribuyente al rendimiento.

Haciendo una comparación de la productividad marginal con la elasticidad, se desprende:

- Tracción animal se encuentra en la tercera etapa de producción, debe reducirse su uso, este insumo está saturado y su aumento solo reduce la producción de grano de maíz.
- Cantidad de semilla se localiza en la primera etapa, un aumento de este insumo beneficia para aumentar el rendimiento.
- Herbicidas, es el único insumo que está siendo bien usado, por la elasticidad se puede decir que se localiza en la segunda etapa de producción.

Las funciones lineales no ofrecen puntos máximos técnicos ni económicos, en cuanto a las cuadráticas, al realizar el análisis con las derivadas solo se obtuvieron los puntos mínimos los cuales no son relevantes en la optimización.

Municipio de Temascaltepec

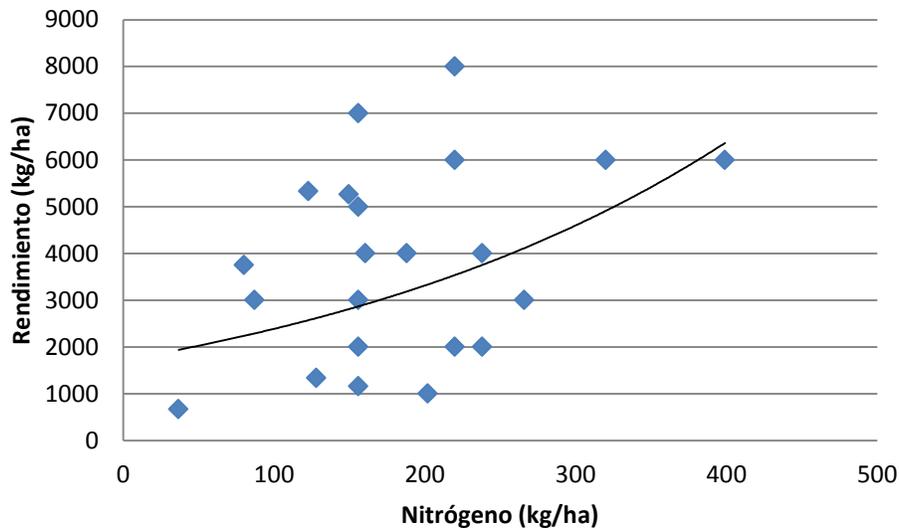
La muestra de este municipio es de 22 unidades productivas, todas de riego con una superficie de entre 0.5 a 2 hectáreas.

Modalidad riego

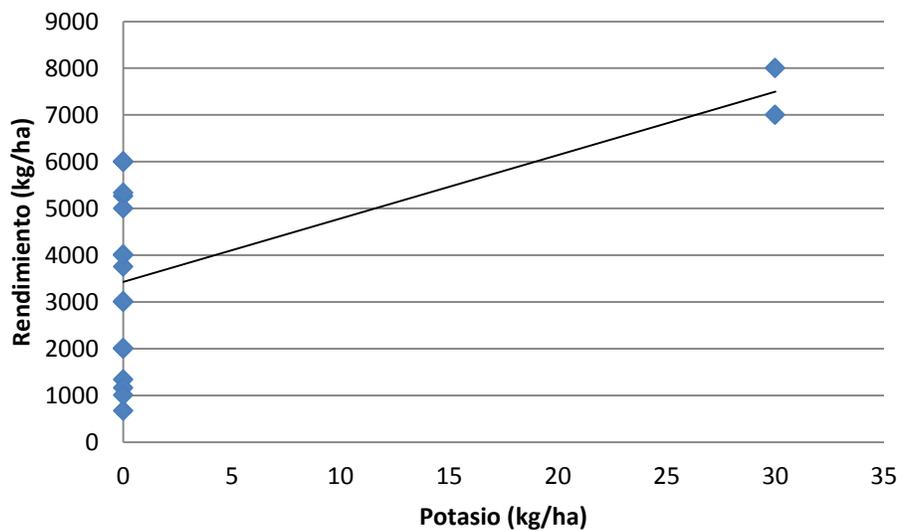
En la selección de variables estadísticamente significativas, el resultado determinó dos componentes del fertilizante: nitrógeno y potasio. La primera de ellas con una dispersión cuadrática y la segunda lineal.

Nuevamente, así como en otros municipios la forma que tienen ambas funciones en la dispersión no permite el cálculo de puntos de optimización, aun así el análisis marginal, medio y elasticidad brinda una recomendación en la utilización.

Gráfica 27. Dispersión y tendencia de la variable nitrógeno modalidad de riego (municipio de Temascaltepec)



Gráfica 28. Dispersión y tendencia de la variable potasio modalidad riego (municipio de Temascaltepec)



Cuadro 39. Resultados estadísticos del municipio de Temascaltepec modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
n ²	0.0564395	0.00947628	5.96	<.0001
k	181.5802214	55.57961687	3.27	0.0039

El nivel de ajuste de la función es de R² igual a 73.89%.

La función de regresión es:

$$g = 0.0564395n^2 + 181.5802214k$$

Cuadro 40. Resultados del análisis económico del municipio de Temascaltepec modalidad riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	3795.70				\$1.26		
n	184.30	20.8035	13.0619	1.59	\$6.30	0	44.29
k	2.70	181.5802	891.5993	0.20	\$4.70	---	---

En el Cuadro 40 en la variable nitrógeno se calculó un punto de óptimo técnico y económico, aunque en realidad no es un punto de maximización, sino de minimización por la forma cuadrática con concavidad hacia arriba. Por lo otros resultados se recomienda aumentar su uso, se encuentra en la primera etapa de producción, cada unidad adicional de nitrógeno aumenta el rendimiento final en 20.8 kg por hectárea y su contribución al total de la producción es de 13.06 kilogramos.

En cuanto al potasio, la utilización se encuentra en niveles óptimos, segunda etapa de producción que garantiza el uso adecuado del insumo, su productividad marginal es de 181, cifra muy por encima del nitrógeno, adicionalmente la aportación promedio al total es de 891.5 kilogramos por hectárea. No hay puntos de optimización.

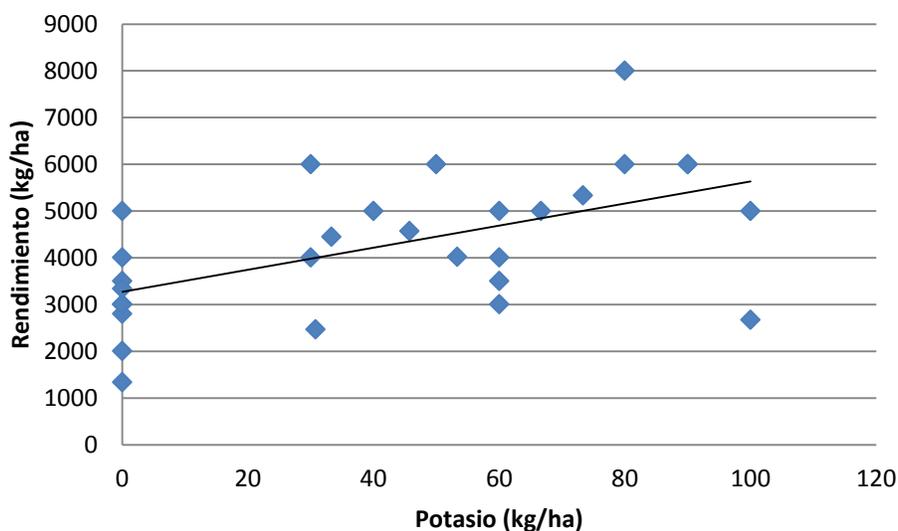
Municipio de Temoaya

En el municipio de Temoaya se tienen 29 encuestas de unidades productivas, todas ellas en modalidad de riego, sus rendimiento promedio es de 4274 kilogramos de grano por hectárea con un intervalo muy amplio que va de los 1333 a 8000 kg/ha.

Modalidad riego

Las variables que resultaron significativas para la elaboración del modelo son: kilogramos de potasio y número de labores agrícolas.

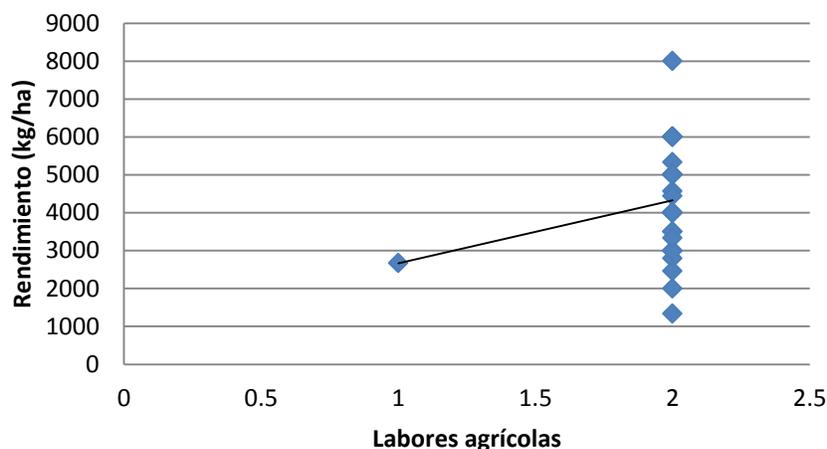
Gráfica 29. Dispersión y tendencia de la variable potasio modalidad riego (municipio de Temoaya)



Para ambas gráficas se determinó que la forma lineal era la más apropiada para la función de producción considerando en ajuste individual y del modelo en general.

En la dispersión de la variable labores agrícolas existe una recta imaginaria vertical de casi todos los productores al realizar dos actividades y solo un productor utilizar una. El productor que solo realizó una labor agrícola marca la diferencia para la conformación de la pendiente de la función.

Gráfica 30. Dispersión y tendencia de la variable labores agrícolas modalidad riego (municipio de Temoaya)



La función de regresión se ajusta a un nivel de 93.98%.

Cuadro 41. Resultados estadísticos del municipio de Temoaya modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
k	25.497640	6.0028285	4.25	0.0002
l	1636.509598	165.6916541	9.88	<.0001

En el análisis individual existe un ajuste no aceptable para la variable potasio, sin embargo en general el modelo fue el más alto en la R^2 durante la formación de funciones y la elección de la mejor estadísticamente. Así la regresión final queda:

$$g = 25.497640k + 1636.509598l$$

Cuadro 42. Resultados del análisis económico del municipio de Temoaya modalidad riego

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
G	4274.50				\$1.13		
K	42.50	25.4976	102.5098	0.24	\$4.70	---	---
L	2.00	1636.5095	2178.3327	0.75	\$218.33	---	---

Como se mencionó anteriormente, el municipio de Temoaya en la modalidad riego tiene un rendimiento promedio de 4274 kg/ha con la realización de dos labores agrícolas y aplicando 42.5 kg de potasio.

La variable potasio tiene una productividad marginal de 25.4, es decir, cada kilo adicional de potasio incrementa el rendimiento en grano en 25.4 kg al rendimiento total. Su aportación es de 102.5 kg al total como producto medio y la elasticidad indica que se encuentra en la segunda etapa de producción.

Mientras tanto la variable labores agrícolas tiene una productividad marginal alta en comparación con la variable anterior, su incremento aporta un crecimiento alto en el rendimiento con cada unidad adicional de 1636 kg de grano de maíz. Su participación también es alta, representa 2178 kg del total del rendimiento, al igual que el potasio, la variable se encuentra en la segunda etapa de producción, la más adecuada si se desea optimizar en el rendimiento.

La forma lineal de ambas dispersiones, no permite la obtención de puntos de optimización: técnico ni económico.

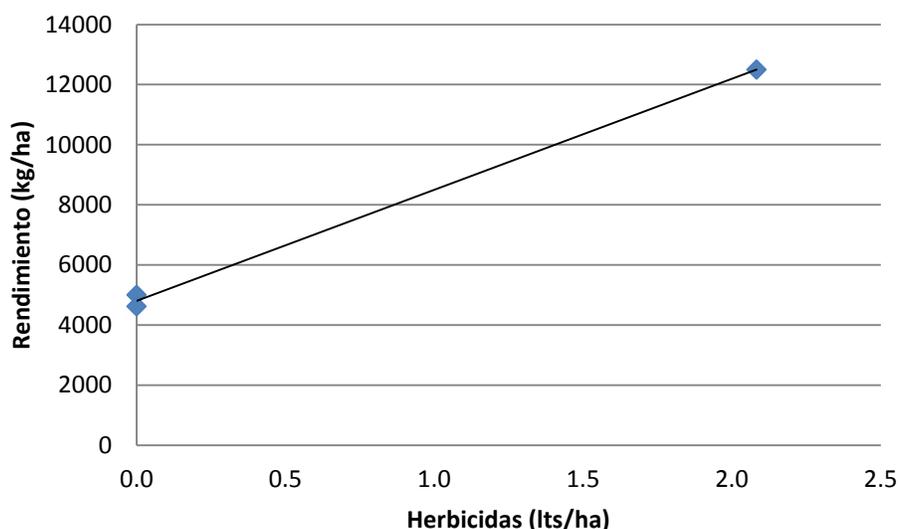
Municipio de Tepetlaoxtoc

Existe una muestra pequeña en el municipio de Tepetlaoxtoc, nueve de temporal y el resto de riego, el rendimiento en ambas modalidades tiene una diferencia muy alta: 1248 y 7371 kg/ha respectivamente. Esta diferencia no solo es reflejada en la utilización de riego sino también coincidentemente se utiliza semilla híbrida en la modalidad más productiva.

Modalidad riego

De la muestra total de los municipios, Tepetlaoxtoc tiene uno de los rendimientos más altos en la modalidad de riego a pesar de ello la única variable que resultó ser significativa durante la selección estadística es herbicidas.

Gráfica 31. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad riego (municipio de Tepetlaoxtoc)



La muestra de tres unidades de producción crea un problema de interpretación y de obtención de un resultado que sea real y aplicable, dos de los productores no aplican ningún herbicida con el contraste de uno solo que aplica 2.10 litros, el rendimiento se eleva en un intervalo considerable. La función de una sola variable, se ajusta a 99.81%, no tiene un nivel de aceptación en la prueba individual, sin embargo, es el mejor acercamiento que se encontró considerando que solo existe una variable con tres datos.

Cuadro 43. Resultados estadísticos del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad riego

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	4807.500000	192.5000000	24.97	0.0255
h	3663.095238	158.7713240	23.07	0.0276

La función queda:

$$g = 4807.500000 + 3663.095238h$$

**Cuadro 44. Resultados del análisis económico del municipio de Tepetlaoxtoc
modalidad riego**

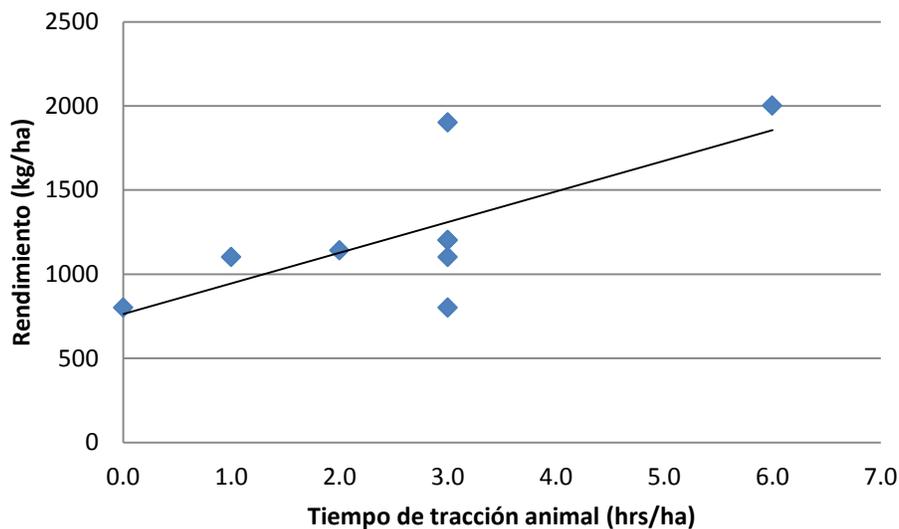
Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	7371.80				\$2.01		
h	0.70	3663.0952	10530.9523	0.34	\$123.00	---	---

Retomando el Cuadro 44, la utilización de un litro adicional de herbicidas, contribuye al incremento en 3663.09 kg de grano. La aportación media de este insumo es de 10530.9. y la elasticidad muestra que se utiliza de manera óptima, es decir, se trabaja en la segunda etapa de producción. No fue posible identificar los puntos de optimización.

Modalidad temporal

La muestra es mayor que en la modalidad riego, aunque con una cantidad escasa de datos. La variable significativa resultó tracción animal.

Gráfica 32 Dispersión y tendencia de la variable tracción animal modalidad temporal (municipio de Tepetlaoxtoc)



La función de ajuste tiene un R^2 de 86.67% con una tendencia lineal de los puntos que conforman la muestra.

Cuadro 45. Resultados estadísticos del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t	395.1162791	54.76626918	7.21	<.0001

Quedando la regresión como:

$$g = 395.1162791t$$

Cuadro 46. Resultados del análisis económico del municipio de Tepetlaoxtoc modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	1248.90				\$2.01		
t	2.70	395.1162	395.1162	1	\$367.12	---	---

No fue posible identificar los puntos de optimización para la variable tracción animal, sin embargo como el producto marginal es igual que el producto medio y la elasticidad es unitaria, se dice que está en el punto de óptimo técnico. Los precios al que el productor en promedio, vendió el kilogramo de grano es \$2.01.

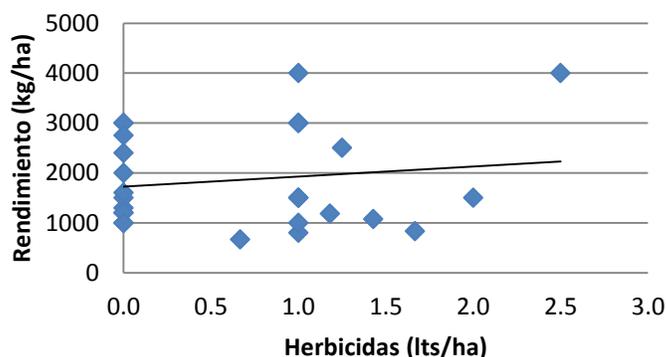
Municipio de Texcoco

El municipio de Texcoco tiene una muestra de 26 productores, todos ellos de modalidad temporal, la superficie va de 0.125 hasta 2 hectáreas con rendimiento promedio de 1865 kg.

Modalidad temporal

La variable que resultó estadísticamente significativa es la que indica el número de litros de aplicación de herbicidas en una hectárea.

Gráfica 33. Dispersión y tendencia de la variable herbicidas modalidad temporal (municipio de Texcoco)



La variable herbicidas no tiene la mejor aceptación en la prueba individual, sin embargo después de otras pruebas, es la mejor aceptación considerando el valor de R^2 y la prueba de t-student.

Cuadro 47. Resultados estadísticos del municipio de Texcoco modalidad temporal

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
h	1393.841369	318.1043885	4.38	0.0002

Quedando la función de regresión:

$$g = 1393.841369h$$

Cuadro 48. Resultados del análisis económico del municipio de Texcoco modalidad temporal

Variable	Promedio	Producto marginal	Producto medio	Elasticidad	Precios promedios	Óptimo técnico	Óptimo económico
g	1865.60				\$2.08		
h	0.70	1393.8413	1393.8413	1	\$103.00	---	---

La variable herbicidas está siendo utilizada en su punto de optimización, por tener los mismos valores en la productividad marginal y producto medio.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados en general señalan que el uso que se hace de los insumos analizados son:

Cuadro 49. Variables utilizadas en escasa cantidad

Variables	Municipio	Modalidad
l	Chalco	Riego
c	Ozumba	Temporal
c, k	Jiquipilco	Riego
n	Temascaltepec	Riego

Cuadro 50. Variables utilizadas racionalmente

Variables utilizadas racionalmente	Municipio	Modalidad
q, n, p, k	Jocotitlan	Riego
t, q, s, k	Chalco	Temporal
h	Amecameca	Temporal
s, h	Ozumba	Temporal
h	Tepetlaoxtoc	Riego
t	Tepetlaoxtoc	Temporal
h	Texcoco	Temporal
k, l	Temoaya	Riego
k, t	Morelos	Riego
k	Morelos	Temporal
h	Jiquipilco	Riego
k	Temascaltepec	Riego
s, p, h	Chiautla	Riego

Cuadro 51. Variables utilizadas en exceso

Variables	Municipio	Modalidad
k	Jocotitlan	Temporal
e	Ayapango	Temporal
t	Ozumba	Temporal
t	Jiquipilco	Riego

Se establece que las hipótesis planteadas inicialmente a través de un análisis profundo de la teoría y del contexto general de la producción de maíz donde se menciona que cada uno de los productores ha venido perfeccionando un paquete tecnológico a base de prueba y error, lo que hace referencia a declarar que en su mayoría los productores trabajan en la segunda etapa de la producción. A través de la elasticidad obtenida se puede corroborar que en el 73.5% de los casos nos reafirma la veracidad de la hipótesis. Los productores trabajan en su mayoría en la segunda etapa de la producción debido a un modelo de aprendizaje que se va perfeccionando con el tiempo.

Profundizando en las hipótesis, y de acuerdo a la revisión de literatura se pensaba dentro de los elementos más importantes y variables a utilizar en las funciones de producción eran: nitrógeno, cantidad de semilla y riegos, dejando fuera actividades de preparación del terreno como rastreo, deshierbe o escardas. En el Cuadro 16 localizado en los resultados se puede observar que a través de la selección estadística, las variables que resultaron más significativas son: fosforo, herbicidas y el uso de tracción animal en las diferentes actividades de preparación del terreno. Por lo dicho, queda rechazada la hipótesis inicial

Existe una gran complejidad en la aplicación de la teoría microeconómica a un contexto específico. No siempre es posible obtener una función con el mejor ajuste ($R^2 = 100$) y con pruebas individuales completamente aceptables, es más, por el contrario se tiene que hacer una selección a conciencia de la actividades e insumos a incluir desde la recopilación de información, la selección de datos y la proposición de funciones para que el análisis sea aplicable al productor.

La optimización de una función de producción obtenida a través de la información que brinda una encuesta está sujeta a diferentes situaciones como: la selección de un tamaño de muestra adecuado, el selecto grupo de productores que sean representativos de la población y la veracidad de la respuesta del encuestado como del encuestador, todas esto son algunas condiciones mínimas para que los resultados del análisis teórico que de ella surjan sean formalmente verídicos y aceptables a las condiciones de la actividad productora, sea en este caso, la producción de maíz grano.

Una interrogante que surge durante la obtención de resultados y la proposición de funciones de producción es el uso de la conocida función Cobb-Douglass por su fácil interpretación al momento de realizar el análisis, y como se comento anteriormente, la información recopilada es un elemento importante. La actividad agrícola es muy diversa, existen variables donde los productores no cuentan con ningún valor, es decir la variable se asume como cero; esta no permite el cálculo de logaritmos con lo cual se obtiene la función deseada, hacer un pequeño cambio a la información no correspondería a que los resultados sean completamente verídicos, es por esto que se utilizaron funciones donde no se alterara la información.

Retomando los resultados de la presente investigación que se obtuvieron, son meramente teóricos y su aplicación en la unidad productiva de algunos de los municipios puede cambiar el resultado de la recomendación, su implementación en la práctica depende de las circunstancias de cada uno de los productores, el incrementar ó reducir una de la variables puede ser sencillo en la teoría pero el adoptar una recomendación que modifique por pequeño que sea el paquete tecnológico es difícil de asimilar.

Los resultados deben interpretarse como una propuesta que arrojan los datos de la muestra, debe considerarse que fue tomada de municipios que tienen características propias de suelo, clima, humedad, entre otros y su implementación puede variar de una unidad productiva a otra.

El óptimo técnico propone de acuerdo a la muestra utilizada, las cantidades de insumos que deben de aplicarse en la unidad productiva para obtener el mayor rendimiento, dentro del proceso productivo existen variables que son más significativas que otras, sin embargo todas tienen un propósito y una logística que las hace imprescindibles. Se debe tener claro que la obtención de las cantidades que se desean aplicar de insumos debe estar acorde con el objetivo del agricultor, en este caso debe de existir un complemento con el análisis económico que beneficie en estos términos al productor.

En cuanto a los valores obtenidos que maximizan la producción, debe de considerarse que son datos propuestos para un promedio general del estado de México, sin embargo cada uno de los municipios que se tomaron para la muestra tienen condiciones diferentes en clima, tipo de suelo, calidad del temporal, entre otras variables que hacen que la recomendación deba ser tomada con cautela, finalmente siempre es necesario conocer el potencial que tiene una actividad si lo que se desea como política estatal es la máxima producción.

Para el óptimo económico, se utilizaron los precios del kilogramo del grano promedio al que los productores vendieron su producto, este pocas veces no es negociable y depende de la calidad, cantidad y mercado al que se integre para realizar la venta, si es un mercado local, regional o nacional el precio tendrá variaciones. Se recomienda elevar el análisis del presente trabajo tomando en cuenta las diferencias de cada municipio y llevarlo a un nivel local, cada análisis de optimización deberá considerar las características de cada municipio, no solo en las cantidades recomendadas sino desde el análisis que implica la determinación de la variables significativas que por deducción no pueden ser las mismas que se consideraron en este estudio. Cada municipio tiene sus variaciones y no puede tener las mismas funciones de producción desde las diferencias en las actividades e insumos aplicados. Así mismo, un análisis de rentabilidad que indique los niveles donde los precios de los insumos y del producto final sigan siendo validos.

Por lo anterior se recomienda:

- Aumentar o disminuir las cantidades de insumos de acuerdo con los resultados de la presente investigación.
- Para futuras investigaciones de este tipo se recomienda aumentar a no menos de 32 el número de observaciones (cuestionarios) por municipio ya que en este caso se encontraron mejores resultados.
- Realizar el análisis microeconómico con información actualizada.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y su clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales. Volumen 30, número 2, pp113-120.
- Azofeifa, V. A. (1996). Estimación de una función de producción: caso de costa rica. Banco central de costa rica. División económica. Departamento de investigaciones económicas.
- Bedoya, C. A. (2010). Teocintle: el ancestro del maíz. Claridades agropecuarias. numero 201, pp32-42.
- Carrillo T. C. (2009). El origen del maíz: naturaleza y cultura en Mesoamérica. Ciencias, número 92-93. Universidad Nacional Autónoma de México. pp4-13.
- Castañeda M. B. (2010). Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. Un libro practico para investigadores y administradores educativos. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Editorial EDIPUCRS. Porto Alegre.
- Castellanos, P. M. (2006). Región confidencial para el óptimo económico de una función de producción Cobb-Douglas. Agrociencia. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México. pp117-124.
- CECCAM (2012). La determinación de los centros de origen y diversidad genética del maíz. Análisis crítico de la propuesta oficial. Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano. México
- Cepas, L. R. (1999). Análisis de la función de producción agraria para distintos niveles de agregación. Estudios de economía aplicada, número 12, pp17-33.
- Chambers, R. G. (2002). The State-Contingent Properties of Stochastic Production Functions. American Journal of Agricultural Economics, volumen 84, número 2, pp513-526.
- Cordell, D. (2009). The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global Environmental Change. num19, pp292-305.
- Damián H. M. A^A. (2007). Apropiación de tecnología por productores de maíz en el Estado de Tlaxcala, México. Agricultura Técnica en México. Volumen 33, numero 2 pp. 163-173.

- Damián H. M. A^B. (2007). Tecnología agrícola y territorio: el caso de los productores de maíz de Tlaxcala, México, Investigaciones geográficas, boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Número 63, pp36-55.
- Damián H.M.A. (2013). Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México. Agricultura, sociedad y desarrollo. Volumen 10, número 2. Abril-junio. pp157-176.
- De Jong, R. (2011). Cropping frequency and N fertilizer effects on soil water distribution from spring to fall in the semiarid Canadian prairies. Volumen 2, número 3, pp220-237.
- Espinoza, E. (2012). Modelo econométrico para el crecimiento económico y la inflación en Centroamérica y República Dominicana. Consejo monetario centroamericano. Documento de trabajo SECMCA 01-2012.
- FIA (2003). Estrategia de innovación agraria para producción de cereales maíz y trigo. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile.
- García, P.E. (2008). Un modelo econométrico del fraude académico en una Universidad española. Universidad complutense de Madrid.
- García S. J. A. (2004). Importaciones de maíz en México: un análisis espacial y temporal. Investigación Económica. volumen LXIII, número 250, Octubre – diciembre, pp 131-160. México.
- García, U.P. (2012). La alimentación de los mexicanos. Cambios sociales y económicos, y su impacto en los hábitos alimenticios. CANACINTRA. Primera edición México. D.F.
- Goertzel. T. (2002). El modelo econométrico como ciencia basura. Universidad de Rutgers. Psicología política. número 24, pp95-111.
- González, A.S. (2010). Producción de biocombustibles con maíz: un análisis de bienestar en México. Ra-Ximhai, enero-abril. año/vol6, número 1. Universidad Autónoma Indígena de México. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp73-85.
- Gujarati, D. (1989). Econometría básica. Edit. McGraw-Hill. México.

- Guerrero. V. M. (2012). Análisis estadístico de series de tiempo económicas generadas con datos oficiales. Realidad, datos y espacio. Revista internacional de estadística y geografía.vol 3 num3. Pp18-31.
- Gurza, L. A. (1994). La reestructuración de lo público: el caso Conasupo. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Haag, H. M. (1981). La comercialización de los productos agropecuarios. Limusa. México.
- Hurtado, H. F. (2006). Competitividad de los productores de maíz en el Estado de México. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Judice, W. E. (2007). Effects of Crop Residue Management and Tillage on Weed Control and Sugarcane Production. Weed Technology. Volumen 21, número 3, pp 606-611.
- Ketelhöhn, N. (2012). Tendencias en la agricultura. Agronegocios. Volumen 2, número 4. enero-abril.
- Krugman, P. (2006). Introducción a la economía. Microeconomía. Edit. Reverté S.A. Barcelona, España.
- Lanfranco, (2006). Óptimo técnico y económico. Diversificación, costos ocultos y los estímulos para mejorar los procesos en la ganadería nacional. Producción animal. Revista INIA. número 8. pp2-5.
- Le, K. (2010). Separation Hypothesis Tests in the Agricultural Household Model. American Journal of Agricultural Economics.
- Lilyan E. (1993). Prices and Productivity in Agriculture. The Review of Economics and Statistics, Volumen 75, número 3, pp 471-482.
- Mairesse, J. (2005). Panel-Data Estimates of the Production Function and the Revenue Function: What Difference Does It Make? . The Scandinavian Journal of Economics. Volumen 107, número 4, Technology and Change, pp. 651-672.
- Maldonado H. O. (2009). Análisis de la función de producción Cobb-Douglas y su aplicación en el sector productivo mexicano. Tesis profesional. Chapingo. México.
- Martínez G. A. (1987). Teoría de la regresión con aplicaciones agronómicas. C.E.C. del Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

- Martínez. G. M. (2011). La comercialización del maíz después de Conasupo en dos comunidades del norte del Estado de México. *Economía, Sociedad y Territorio*. volumen XI, número 35, enero-abril, pp 197-224. El Colegio Mexiquense A.C. México.
- Martínez J. I. (2003). La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los hogares. *Revista de Información y análisis. Datos hechos y lugares*, número 21.
- Martínez J. I. (2005). La alimentación en México: un estudio a partir de la encuesta nacional de ingresos y gasto de los hogares y de las hojas de balance alimenticio de la FAO. *Ciencia UANL*. volumen VIII, número 1. México.
- Meller, P. (1975). *Demografía y economía*. Volumen 9, número 3, pp482-515.
- Ozsabuncuoglu, I. H. (1997). Production function for wheat: a case study of Southeastern Anatolian Project (SAP) region. *Agricultural Economics*. Volumen 18, Issue 1, pp 75-78.
- Paliwal R. L. (2001). El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción: origen, evolución y difusión del maíz. *Deposito documentos de la FAO*. Roma. Italia.
- Pech M. V. (2002). Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. *Técnica pecuaria en México*. INIFAP. México. pp 187-192.
- Pérez R. S. (1993). Funciones de producción y de costos del sorgo (*sorghum vulgare var bicolor*) en la zona oriente del Estado de Morelos. Tesis profesional. Chapingo. México.
- María, R. A. (2007). El proceso de análisis jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México.
- Ortiz, S. C. A. (2005). Estimación de rendimientos de maíz con el método FAO en el ejido de Atenco, Estado de México. *revista de geografía agrícola*. Núm. 35. Julio-diciembre. pp 57-65. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Rebollar, S^A. (2007). Óptimos económicos en corderos pelibuey engordados en corral. UAEM. Temascaltepec, México. pp67-73.

- Rebollar, S^B. (2007). Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec. UAEM. Ciencia Ergo Sum. volumen 14. numero 3. Temascaltepec, México.pp255-262.
- Reyes G. G. (2005). Condiciones de cultivo del maíz criollo en comunidades de Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, un análisis de economías de autoconsumo. Aportes. Revista de la Facultad de Economía. BUAP, Año IX, Número 29.
- Ramírez G.J.S. (2009). Evaluación de sistemas de producción de maíz (*Zea mays* L.) en transición a orgánico y convencional en el ejido Las Piedras, Huimanguillo, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados. Programa de producción agroalimentaria en el trópico. Tesis M.C. Tabasco, México. 2009.
- Ramírez V.J. (1983). Costos de producción de maíz de temporal con tecnología regional y CAEVAMEX, distrito 066, Texcoco, México. Problemas del desarrollo. Dirección General de Economía Agrícola. Información agropecuaria y forestal. Agenda estadística. México 1983.
- Romero P. A. (2013). Impacto de la producción de biocombustibles en Estados Unidos en el mercado de maíz (*Zea maíz* L.) en México. Colegio de Postgraduados. Posgrado en Socieconomía estadística e informática. Montecillo, Texcoco, México.
- Rudiño, L. E. (2011). Iniciativas para elevar el rendimiento del maíz de temporal: metodología exitosa generada por campesinos. Mexican Rural Development Research Report. Woodrow Wilson International Center for Scholars. México.
- SE (2012). Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores de competencia local. Dirección General de Industrias Básicas. Abril. Pp1-35
- Segovia, S. V. F. (2009). El maíz: Un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. Agronomía Tropical. Vol59.
- Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Greenpeace. México.
- SIAP. 2012. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. México.
- Troncoso, J. L. (2001). Estimación de la función de producción del viñedo chileno de riego. Universidad de Talca. Departamento de economía Agraria. Talca, Chile.
- Trujillo, C. A. (1992). Paquete tecnológico del cultivo de maíz para el programa de estímulos regionales en Morelos. SARH. INIFAP. Centro de Investigación regional

del centro. Campo experimental Zacatepec. Desplegable informativo número 2. Junio.

- Turrent, F. A. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México. Mexican Rural Development Research Reports. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Reporte 24.
- Vargas O. J. A. (2004). Un modelo econométrico del mercado del jitomate (*licopersicon esculentum mill*) en México, 1970-1994. Comunicaciones en socioeconomía, estadística e informática. Volumen 8, número 2, pp115-133.
- Vega V.D.D. (2004). Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo, Marzo, 2004.
- Velázquez X. H. G. (2011). Optimo técnico y económico en la producción de maíz criollo de temporal. Tesis profesional de Maestría en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. UACH. México
- Verón, S. R. (2005). Production as a Function of Resource Availability: Slopes and Efficiencies are Different. Journal of Vegetation Science. Volumen 16, número 3, pp351-354.
- Villagrán, M. M. (2013). Maíz, precios caen a inicios de cosecha. Oficina de estudios y políticas agrarias. Ministerio de Agricultura. Chile.
- Von B. A. (2004). El efecto de la liberalización económica en los pequeños productores de maíz en México. Comercio Exterior. Vol.54. Num11. Noviembre, pp 758-769.
- Yunes, N. A. (2008). El TLCAN, las políticas públicas al sector rural y el maíz. Centro de Estudios Económicos. El Colegio de México. En prensa Rumbo Rural. CEDRSSA. 26 de febrero.
- Yver R. (1964). Estimación de la función de producción agrícola en la zona de Maule-Norte. Universidad católica de Chile. Chile.
- Zhengfei, G. (2006). Integrating Agronomic Principles into Production Function Specification: A Dichotomy of Growth Inputs and Facilitating Inputs. American Journal of Agricultural Economics. Vol. 88, número 1, pp203-214.
- AGRODER (2012). Producción de maíz-México 2010. Comparativo regional de rendimientos. México.

- INEGI (2013). Boletín de información oportuna del sector alimentario. número 331.México.
- INEGI (2012). El sector alimentario en México. Serie estadísticas sectoriales. Número 26. México.

DATOS, TABLAS Y GRAFICAS TOMADAS DE:

- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.inegi.com.mx
- SEDAGRO. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. www.edomex.gob.mx/sedagro
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. www.inifap.gob.mx
- CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. www.cimmyt.org/es
- Financiera rural. www.financierarural.gob.mx
- FIFONAFE, Fideicomiso Fondo Nacional de Fomento Ejidal. www.fifonafe.gob.mx

ANEXOS

Promedios de las variables por municipio

		g	m	T	q	s	c	n	p	k	e	h	l
JOCOTITLAN	R	7500.0	7.9	0.0	15.1	0.9	23.6	292.9	93.6	57.9	3571.4	1.9	1.9
	T	3833.3	1.7	0.0	16.7	0.0	25.0	165.0	69.0	32.0	0.0	2.0	2.0
CHALCO	R	4915.4	18.6	1.2	9.1	0.9	26.9	77.8	46.5	34.6	153.8	2.2	1.6
	T	2523.4	42.0	4.6	3.7	0.1	29.4	78.1	42.0	2.5	446.8	0.8	2.7
AMECAMECA	T	2763.2	34.4	1.7	8.7	0.0	27.7	123.5	55.2	2.8	2914.4	1.4	2.0
AYAPANGO	T	3000.0	28.7	0.9	10.9	0.0	26.3	138.2	62.3	20.0	429.6	1.4	2.0
OZUMBA	T	2419.0	27.8	2.5	5.2	0.1	28.4	137.2	56.3	27.1	1857.1	1.1	1.9
TEPETLAOXTOC	R	7371.8	131.2	10.2	3.7	1.0	34.0	233.0	105.4	0.0	0.0	0.7	3.0
	T	1248.9	43.6	2.7	7.6	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.9
TEXCOCO	T	1865.6	49.3	1.5	8.6	0.0	31.2	90.0	24.8	2.3	1207.7	0.7	2.0
TEMOAYA	R	4274.5	34.7	0.9	16.4	0.1	22.5	233.7	87.7	42.5	620.7	2.9	2.0
MORELOS	R	2647.6	55.9	6.8	2.0	0.0	30.2	99.6	124.6	17.1	1019.0	2.0	1.6
	T	2500.0	53.8	5.6	0.0	0.0	26.6	96.1	199.5	7.5	1416.7	2.3	2.3
JQUIPILCO	R	5533.3	30.8	2.0	10.4	0.7	27.5	134.5	231.1	53.0	750.0	2.0	2.0
TEMASCALTEPEC	R	3795.7	44.1	4.4	8.8	0.1	35.2	184.3	77.2	2.7	0.0	1.7	1.8
CHIAUTLA	R	3675.5	24.1	0.7	16.5	0.6	31.4	46.0	26.8	0.9	1130.6	1.3	1.8

Fuente: Elaboración propia

Promedios de las variables por modalidad

	m	t	q	S	c	n	p	K	e	h	l	g
RIEGO	34.4	2.1	13.2	0.4	29.5	128.0	73.6	17.6	699.1	1.8	1.9	4071.8
TEMPORAL	31.3	1.8	13.2	0.4	28.8	142.4	74.6	22.1	950.9	1.9	1.9	4436.0

Fuente: Elaboración propia

Entrada y salida de datos del programa SAS System

Municipio de Amecameca modalidad temporal

DATA amecameca;

INPUT h g;

CARDS;

2.0 2100

0.0 1500

0.0 2500

0.0 2500

0.0 2300

4.0 3500

2.0 2500

0.0 1800

0.0 2000
 2.0 6000
 2.0 3333
 2.0 2000
 1.1 2143
 2.0 2500
 2.0 3000
 2.0 2000
 0.0 4000
 1.3 1667
 0.0 2500
 2.0 2000
 1.0 2000
 1.0 4000
 2.5 3000
 2.0 3000
 2.7 5000

2.0 3000;

PROC GLM DATA=amecameca;

MODEL g = h/noint;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
 Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	149776629.4	149776629.4	49.01	<.0001
Error	25	76393597.6	3055743.9		
Total no correcto		26	226170227.0		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.662230	63.26265	1748.069	2763.192

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	149776629.4	149776629.4	49.01	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	149776629.4	149776629.4	49.01	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
h	1381.825599	197.3738827	7.00	<.0001

Municipio de Ayapango modalidad temporal

DATA ayapango;

INPUT e g;

CARDS;

```
0      3000
3000   2000
0      2000
0      4000
500    2000
0      3000
556    3000
0      3000
600    3000
0      4000
0      4000
500    3000
```

;

PROC GLM DATA=ayapango;

MODEL g = e;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1540149.239	1540149.239	3.45	0.0928
Error	10	4459850.761	445985.076		
Total correcto	11	6000000.000			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE g Media
0.256692 22.26070 667.8211 3000.000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
e	1	1540149.239	1540149.239	3.45	0.0928

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
e	1	1540149.239	1540149.239	3.45	0.0928

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término independiente	3189.071654	217.9841550	14.63	<.0001
e	-0.440043	0.2367955	-1.86	0.0928

Municipio de Chalco modalidad riego

DATA chalco2;

INPUT l g;

l2=l*1;

l3=l*1*1;

CARDS;

2 3200

1 5000

0 6000

3 2500

0 5000

0 9000

1 5000

0 4000

2 6200

3 5000

3 3000

3 5000

3 5000

;

PROC GLM DATA=chalco2;

MODEL g = l2/noint;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	122711640.1	122711640.1	6.57	0.0249
Error	12	224218359.9	18684863.3		
Total no correcto	13	346930000.0			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.353707	87.94020	4322.599	4915.385

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
12	1	122711640.1	122711640.1	6.57	0.0249

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
12	1	122711640.1	122711640.1	6.57	0.0249

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
12	528.7015945	206.3064009	2.56	0.0249

Municipio de Chalco modalidad temporal

DATA chalco;

INPUT t q s k g;

t2=t*t;

t3=t*t*t;

q2=q*q;

q3=q*q*q;

k2=k*k;

CARDS;

7.0	1.0	1	0	4000
6.0	1.5	0	0	2000
4.0	4.0	0	0	4000
4.0	3.0	0	0	3000
0.0	10.0	0	0	4000
5.0	7.0	0	0	2500
4.0	3.0	0	0	3000
1.0	3.0	0	0	2000
4.0	6.0	0	0	4000
4.0	4.0	0	0	3000
3.0	5.0	0	0	2500
4.0	3.0	0	0	2000
3.0	6.0	0	0	2000
8.0	0.0	0	0	2500
4.0	4.5	0	0	2500
4.0	5.0	0	0	3000
4.0	4.5	0	0	3000
9.0	0.0	0	0	4000
7.0	0.0	0	0	2500
4.0	4.5	0	0	1500
3.0	3.0	0	0	1000

3.0	4.5	0	0	2500
11.0	0.0	0	0	3000
1.0	5.5	0	0	1500
4.0	5.0	1	30	6000
4.0	5.0	0	0	3000
4.0	4.0	0	0	4000
5.0	0.0	0	0	800
7.0	6.5	0	0	3000
0.0	5.5	0	0	1500
4.0	4.5	0	0	1000
3.0	3.0	0	0	1000
3.0	6.5	1	0	5000
3.0	3.0	0	30	2000
4.0	4.5	0	0	3000
5.0	2.5	0	0	1000
4.0	3.5	0	0	3000
4.0	5.5	0	0	2000
10.0	0.0	0	0	1000
6.0	0.0	0	0	1000
5.0	3.0	0	0	3500
4.0	3.5	0	0	2000
2.0	3.5	0	30	2000
9.0	6.0	0	0	6000
1.0	7.8	1	0	7000
4.0	3.0	0	0	2500
5.0	0.0	0	0	2000
4.0	3.0	0	0	2000
4.0	5.0	0	0	2000
0.0	6.0	0	0	2000
3.0	3.5	0	30	2000
4.0	5.5	0	0	3000
6.0	0.0	0	0	1500
9.0	0.0	0	0	1500
4.0	4.0	0	0	2000
8.0	4.0	0	0	1500
8.0	5.0	0	0	1000
4.0	4.0	0	0	2000
4.0	3.0	0	0	2000
6.0	2.0	0	0	1500
4.0	3.5	0	0	2000
6.0	3.0	0	0	1500
8.0	0.0	0	0	2000
4.0	3.5	0	0	1000
4.0	4.5	0	0	3000
3.0	7.5	1	0	3500
8.0	2.0	0	0	1000
8.5	2.5	0	15	1500
3.0	3.5	0	30	4000
10.0	0.0	0	0	2000
4.0	4.0	0	0	2000
4.0	6.0	0	0	3000
5.0	3.0	0	0	2500
4.0	5.0	0	0	2000
0.5	8.0	0	30	5000
4.0	3.5	0	0	2000
3.0	7.0	0	0	4000

```

;
PROC GLM DATA=chalco;
MODEL g = t2 t3 q2 s k/noint;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	532414763.0	106482952.6	100.91	<.0001
Error	72	75975237.0	1055211.6		
Total no correcto		77	608390000.0		
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media		
0.875121	40.70874	1027.235	2523.377		

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t2	1	223405182.5	223405182.5	211.72	<.0001
t3	1	137081182.4	137081182.4	129.91	<.0001
q2	1	143197667.4	143197667.4	135.71	<.0001
s	1	19354886.7	19354886.7	18.34	<.0001
k	1	9375844.0	9375844.0	8.89	0.0039

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t2	1	43910398.93	43910398.93	41.61	<.0001
t3	1	22838130.20	22838130.20	21.64	<.0001
q2	1	88842876.07	88842876.07	84.19	<.0001
s	1	16609762.59	16609762.59	15.74	0.0002
k	1	9375843.99	9375843.99	8.89	0.0039

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t2	99.637563	15.4457567	6.45	<.0001
t3	-8.106264	1.7424498	-4.65	<.0001
q2	52.646713	5.7375930	9.18	<.0001
s	1969.356275	496.3778142	3.97	0.0002
k	42.373855	14.2155143	2.98	0.0039

Municipio de Chiautla modalidad riego

DATA chiautlariego;

INPUT s p h g;

p2=p*p;

p3=p*p*p;

h2=h*h;

h3=h*h*h;

CARDS;

1	0	0.0	3000
1	0	0.0	3000
1	44	1.0	3000
0	0	0.0	2000
0	44	2.0	3000
0	0	2.0	3000
1	44	3.0	6000
0	92	0.0	1500
1	44	2.0	5000
1	23	1.0	6000
1	23	2.0	5000
0	0	4.0	2000
0	0	4.0	4000
0	0	4.0	4000
1	0	0.0	3000
1	0	2.0	4000
0	0	0.0	1000
0	0	2.0	1600
0	0	1.0	4000
0	22	0.0	3000
1	0	2.0	4000
1	44	2.0	4000
1	46	2.0	6000
1	22	2.0	3000
1	22	2.0	6000
1	44	2.0	6000
0	22	2.0	3000
1	22	2.0	2500
0	22	0.0	3000
1	22	0.0	4000
0	22	2.0	4000
0	0	0.0	3000
1	44	1.0	2500
1	0	0.0	3000
1	44	0.0	4000
0	88	0.0	4000
0	88	0.0	4000
1	44	2.0	5000
0	0	1.0	4000
1	22	1.0	3000
0	0	0.0	2000
0	22	0.0	3000
0	44	0.0	3000
0	44	0.0	2000
1	46	2.0	4000
1	44	2.0	4000
1	46	2.0	5000
1	69	2.0	6000

1 46 2.0 6000

```

;
PROC GLM DATA=chiautlariego;
MODEL g = s p h2/noint;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	635705342.4	211901780.8	88.93	<.0001
Error	46	109604657.6	2382709.9		
Total no correcto	49	745310000.0			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.852941	41.99697	1543.603	3675.510

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
s	1	498370370.4	498370370.4	209.16	<.0001
p	1	82258191.9	82258191.9	34.52	<.0001
h2	1	55076780.2	55076780.2	23.12	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
s	1	93705471.24	93705471.24	39.33	<.0001
p	1	64449666.45	64449666.45	27.05	<.0001
h2	1	55076780.22	55076780.22	23.12	<.0001

Parámetro	Error			
	Estimación	estándar	Valor t	Pr > t
s	2437.765685	388.7273287	6.27	<.0001
p	39.364887	7.5689259	5.20	<.0001
h2	240.150556	49.9499334	4.81	<.0001

Municipio de Jiquipilco modalidad riego

DATA jiquipilcoriego;

INPUT t c k h g;

t2=t*t;

t3=t*t*t;

c2=c*c;

c3=c*c*c;

k2=k*k;

k3=k*k*k;

h2=h*h;

h3=h*h*h;

CARDS;

8.0	32	160	4.0	4000
8.0	32	160	4.0	4000
0.0	25	30	1.5	6333
0.0	25	30	1.5	6333
0.0	25	30	1.5	6333
0.0	25	30	1.5	6333
0.0	21	30	2.0	7000
2.0	25	30	1.0	6000
2.0	40	0	1.0	6000
0.0	25	30	2.0	3000

;

PROC GLM DATA=jiquipilcoriego;

MODEL g = t c k h t2 c2/noint;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	322427556.0	53737926.0	Infin	<.0001
Error	4	0.0	0.0		
Total no correcto	10	322427556.0			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
1.000000	0	0	5533.200

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t	1	56941176.5	56941176.5	Infin	<.0001
c	1	245228680.5	245228680.5	Infin	<.0001

k	1	4177277.1	4177277.1	Infin	<.0001
h	1	1545516.0	1545516.0	Infin	<.0001
t2	1	2995654.2	2995654.2	Infin	<.0001
c2	1	11539251.7	11539251.7	Infin	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t	1	10800599.21	10800599.21	Infin	<.0001
c	1	11962781.88	11962781.88	Infin	<.0001
k	1	10687717.83	10687717.83	Infin	<.0001
h	1	8887111.20	8887111.20	Infin	<.0001
t2	1	10809442.90	10809442.90	Infin	<.0001
c2	1	11539251.72	11539251.72	Infin	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t	-18872.34444	0	-Infin	<.0001
c	9796.96667	0	Infin	<.0001
k	-2729.80833	0	-Infin	<.0001
h	-6666.00000	0	-Infin	<.0001
t2	8519.67222	0	Infin	<.0001
c2	-234.71667	0	-Infin	<.0001

Municipio de Jocotitlan modalidad riego

DATA jocotitlanriego;

INPUT q n p k g;

q2=q*q;

q3=q*q*q;

n2=n*n;

n3=n*n*n;

p2=p*p;

p3=p*p*p;

k2=k*k;

k3=k*k*k;

f=n*p*k;

CARDS;

13.5	266	92	60	6500
16.0	220	92	30	5000
15.5	321	115	60	9000
15.5	312	92	60	8500
16.5	266	92	60	8000
9.8	312	92	60	7000
15.5	330	138	90	11000
16.5	220	92	30	6500
15.5	243	92	60	7000
13.5	312	92	60	7000
11.1	372	69	60	7000
21.0	266	92	60	7500
12.3	395	69	60	8000
19.0	266	92	60	7000

```

;
PROC GLM DATA=jocotitlanriego;
MODEL g = q f/noint;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	802860501.3	401430250.7	475.09	<.0001
Error	12	10139498.7	844958.2		
Total no correcto		14	813000000.0		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.987528	12.25621	919.2161	7500.000

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
q	1	763492424.7	763492424.7	903.59	<.0001
f	1	39368076.6	39368076.6	46.59	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
q	1	59112936.83	59112936.83	69.96	<.0001
f	1	39368076.64	39368076.64	46.59	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
q	280.2142375	33.50167706	8.36	<.0001
f	0.0019196	0.00028123	6.83	<.0001

Municipio de Jocotitlan modalidad de temporal

```

DATA jocotitlantemporal;
INPUT k g;
CARDS;
30 4000
36 3500
30 4000
;
PROC GLM DATA=jocotitlantemporal;
MODEL g = k;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	166666.6667	166666.6667	Infin	<.0001
Error	1	0.0000	0.0000		
Total correcto	2	166666.6667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
1.000000	0	0	3833.333

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	166666.6667	166666.6667	Infin	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	166666.6667	166666.6667	Infin	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	6500.000000	0	Infin	<.0001
k	-83.333333	0	-Infin	<.0001

Municipio de Morelos modalidad riego

DATA morelosriego;

INPUT t k g;

k2=k*k;

t2=t*t;

t3=t*t*t;

CARDS;

5.3	0	1333
3.2	0	1200
11.0	30	4000
14.0	30	4000
0.0	30	3000
12.0	0	2000
2.0	30	3000

;

PROC GLM DATA=morelosriego;

MODEL g = k t;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	8097229.829	4048614.914	310.13	<.0001
Error	4	52217.886	13054.471		
Total correcto	6	8149447.714			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.993592	4.315508	114.2562	2647.571

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	6781921.714	6781921.714	519.51	<.0001
t	1	1315308.114	1315308.114	100.76	0.0006

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	6830003.575	6830003.575	523.19	<.0001
t	1	1315308.114	1315308.114	100.76	0.0006

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	928.4796958	87.85982960	10.57	0.0005
k	66.5367969	2.90891526	22.87	<.0001
t	85.2468738	8.49267211	10.04	0.0006

Municipio de Morelos modalidad temporal

DATA morelostemporal;

INPUT k g;

CARDS;

0 2333

30 4000

0 2000

0 1667

;

PROC GLM DATA=morelostemporal;

MODEL g = k ;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3000000.000	3000000.000	27.05	0.0350
Error	2	221778.000	110889.000		
Total correcto	3	3221778.000			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE g Media
0.931163 13.32000 333.0000 2500.000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	3000000.000	3000000.000	27.05	0.0350

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	3000000.000	3000000.000	27.05	0.0350

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	2000.000000	192.2576396	10.40	0.0091
k	66.666667	12.8171760	5.20	0.0350

Municipio de Ozumba modalidad temporal

DATA ozumbatemporal;

INPUT t s c h g;

t2=t*t;

t3=t*t*t;

c2=c*c;

c3=c*c*c;

h2=h*h;

h3=h*h*h;

CARDS;

3.7	0	25	2.7	2000
3.3	0	24	2.7	2000
2.7	0	30	0.0	1200
7.7	0	38	1.0	2667
0.0	1	20	1.0	4000
3.0	0	26	0.0	1200
2.0	0	30	0.0	1400
1.3	0	30	0.0	3333
0.0	0	40	2.7	4000
1.3	0	40	1.3	3333
1.3	0	30	1.3	2000
1.3	0	15	1.3	1933
4.5	0	30	0.0	1800
3.0	1	20	1.0	3000

;

PROC GLM DATA=ozumbatemporal;

MODEL g = t2 s c2 h/noint ;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	89614621.15	22403655.29	49.43	<.0001
Error	10	4532534.85	453253.49		
Total no correcto	14	94147156.00			
R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media		
0.951857	27.83138	673.2410	2419.000		

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t2	1	22009307.55	22009307.55	48.56	<.0001
s	1	20465761.50	20465761.50	45.15	<.0001
c2	1	45187699.88	45187699.88	99.70	<.0001
h	1	1951852.22	1951852.22	4.31	0.0647

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t2	1	327197.17	327197.17	0.72	0.4154
s	1	10647720.80	10647720.80	23.49	0.0007
c2	1	20480496.81	20480496.81	45.19	<.0001
h	1	1951852.22	1951852.22	4.31	0.0647

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t2	-10.744469	12.6459297	-0.85	0.4154
s	2389.388079	492.9795924	4.85	0.0007
c2	2.004314	0.2981715	6.72	<.0001
h	357.236243	172.1482540	2.08	0.0647

Municipio de Temascaltepec modalidad riego

DATA temascaltepecriego;

INPUT n k g;

f=n*k;

f2=f*f;

n2=n*n;

n3=n*n*n;

k2=k*k;

k3=k*k*k;

CARDS;

161	0	4000
266	0	3000
188	0	4000
80	0	3750
37	0	667
128	0	1333
156	0	1160
156	30	7000
87	0	3000
220	30	8000
156	0	2000
220	0	2000
320	0	6000
202	0	1000

238	0	4000
149	0	5263
156	0	3000
220	0	6000
156	0	5000
238	0	2000
399	0	6000
123	0	5333

```

;
PROC GLM DATA=temascaltepecriego;
MODEL g = n2 k/noint ;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	301313449.4	150656724.7	28.30	<.0001
Error	20	106456486.6	5322824.3		
Total no correcto	22	407769936.0			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.738930	60.78215	2307.125	3795.727

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
n2	1	244500397.7	244500397.7	45.93	<.0001
k	1	56813051.7	56813051.7	10.67	0.0039

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
n2	1	188813449.4	188813449.4	35.47	<.0001
k	1	56813051.7	56813051.7	10.67	0.0039

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
n2	0.0564395	0.00947628	5.96	<.0001
k	181.5802214	55.57961687	3.27	0.0039

Municipio de Temoaya modalidad riego

```

DATA temoayariego;
INPUT k l g;
k2=k*k;
k3=k*k*k;
CARDS;
60 2 3000
0 2 3500
30 2 4000
80 2 8000
50 2 6000
90 2 6000
100 2 5000
67 2 5000
90 2 6000
80 2 6000
60 2 3500
46 2 4571
73 2 5333
30 2 6000
0 2 2000
0 2 3000
0 2 2800
0 2 1333
40 2 5000
31 2 2462
60 2 5000
60 2 4000
0 2 3000
0 2 3333
53 2 4017
33 2 4444
0 2 4000
0 2 5000
100 1 2667
;
PROC GLM DATA=temoayariego;
MODEL g = k l/noint;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	556056892.9	278028446.4	211.08	<.0001
Error	27	35563573.1	1317169.4		
Total no correcto	29	591620466.0			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.939888	26.84956	1147.680	4274.483

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	427564484.0	427564484.0	324.61	<.0001
l	1	128492408.9	128492408.9	97.55	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
k	1	23764556.5	23764556.5	18.04	0.0002
l	1	128492408.9	128492408.9	97.55	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
k	25.497640	6.0028285	4.25	0.0002
l	1636.509598	165.6916541	9.88	<.0001

Municipio de Tepetlaoxtoc modalidad riego

DATA tepetlaoxtocriego;

INPUT h g;

h2=h*h;

CARDS;

2.1 12500

0.0 5000

0.0 4615

;

PROC GLM DATA=tepetlaoxtocriego;

MODEL g = h;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	39449704.17	39449704.17	532.29	0.0276

Error	1	74112.50	74112.50
Total correcto	2	39523816.67	

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.998125	3.693006	272.2361	7371.667

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	39449704.17	39449704.17	532.29	0.0276

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	39449704.17	39449704.17	532.29	0.0276

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
Término in	4807.500000	192.5000000	24.97	0.0255
h	3663.095238	158.7713240	23.07	0.0276

Municipio de Tepetlaoxtoc modalidad temporal

DATA tepetemporal;

INPUT t g;

t2=t*t;

CARDS;

3	1900
1	1100
3	1200
3	1200
3	800
2	1140
0	800
3	1100
6	2000

;

PROC GLM DATA=tepetemporal;

MODEL g = t/noint;

RUN;

QUIT;

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	13426051.16	13426051.16	52.05	<.0001
Error	8	2063548.84	257943.60		
Total no correcto	9	15489600.00			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	g Media
0.866778	40.66667	507.8815	1248.889

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t	1	13426051.16	13426051.16	52.05	<.0001

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
t	1	13426051.16	13426051.16	52.05	<.0001

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
t	395.1162791	54.76626918	7.21	<.0001

Municipio de Texcoco modalidad temporal

DATA texcocotemporal;

INPUT h g;

h2=h*h;

h3=h*h*h;

CARDS;

```
0.0 3000
0.0 1000
1.0 4000
0.0 1200
0.0 3000
0.0 1300
0.0 2400
0.0 2752
0.0 1500
```

```

2.0 1500
1.3 2500
0.0 1600
1.0 3000
0.0 1200
1.0 1500
2.5 4000
1.7 833
1.2 1181
1.0 1500
1.0 800
1.4 1071
1.0 1000
0.7 667
1.0 3000
0.0 2000
0.0 1000

```

```

;
PROC GLM DATA=texcocotemporal;
MODEL g = h/noint;
RUN;
QUIT;

```

Sistema SAS
Procedimiento GLM

Variable dependiente: g

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	49968655.5	49968655.5	19.20	0.0002
Error	25	65065428.5	2602617.1		
Total no correcto	26	115034084.0			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE g Media
0.434381 86.47706 1613.263 1865.538

NOTA: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	49968655.53	49968655.53	19.20	0.0002

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
h	1	49968655.53	49968655.53	19.20	0.0002

Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor t	Pr > t
h	393.841369	318.1043885	4.38	0.0002