



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

“OPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO
EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ CRIOLLO DE TEMPORAL”

Localidad de Cuijingo
Municipio de Juchitepec
Estado de México

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMIA AGRICOLA Y DE LOS RECURSOS
NATURALES

PRESENTA:

HERIBERTO GENARO VELAZQUEZ XOCHIMIL



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

JULIO DE 2011

Chapingo, Estado de México

**“ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ CRIOLLO
DE TEMPORAL”**

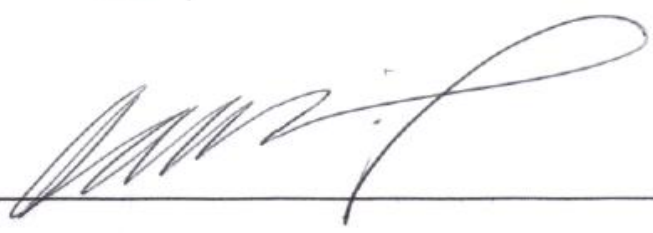
Tesis realizada por **Heriberto Genaro Velázquez Xochimil** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

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

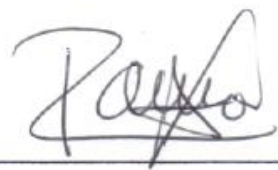
DIRECTOR: _____


DR. JOSÉ ANTONIO ÁVILA DORANTES

ASESOR: _____


DR. IGNACIO CAAMAL CAUCH

ASESOR: _____


DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

DATOS BIOGRAFICOS

El autor nació en el Distrito Federal el día 16 de mayo de 1981. Cursó sus estudios de primaria, secundaria y bachillerato en la ciudad de Texcoco, Estado de México. Ingresó a la Universidad Autónoma de Chapingo en el año de 1998 a nivel propedéutico, en el año siguiente se integró a la División de Ciencias Económico - Administrativas donde obtuvo el título de Licenciado en Economía Agrícola en el año 2003.

Durante el período de 2003- 2008 trabajó como profesor horas-clase a nivel bachillerato y secundaria en los municipios de Chicoloapan y Atenco, Estado de México. En el año 2008 al 2009 se integró como colaborador en proyectos productivos en el Instituto de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) bajo la dirección de la Dra. Bertha Larqué Saavedra del área de Economía.

En el Año 2009, ingresó al programa de Maestría en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la Universidad Autónoma de Chapingo.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todos los que contribuyeron de manera directa o indirecta en la realización de esta tesis.

Al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por el apoyo económico y la oportunidad de concluir con la Maestría en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales para superar mis metas académicas.

Al Dr. José Antonio Ávila Dorantes, por su dirección profesional y preocupación continúa para la conclusión de esta tesis.

Al Dr. Ignacio Caamal Cauich, por su tiempo y su valiosa aportación a la redacción y conclusión de esta tesis.

Al Dr. Ramón Valdivia Alcalá, por su aportaciones y motivación en la conclusión de esta investigación.

A la Dra. Bertha Larqué Saavedra, por su apoyo incondicional, por la información brindada y por la motivación constante en la diferentes etapas de este trabajo.

“ÓPTIMO TÉCNICO Y ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE MAIZ CRIOLLO DE TEMPORAL”

"TECHNICAL AND ECONOMIC OPTIMIZATION IN RAIN-FED LANDRACE MAIZE PRODUCTION"

Velázquez Xochimil, H.G.¹⁾, Ávila Dorantes, J.A.²⁾

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de establecer las mejores combinaciones de labores e insumos que generan la máxima producción y la máxima ganancia en el cultivo de maíz criollo de temporal en la localidad de Cuijingo, Juchitepec, Estado de México, a fin de brindarle al productor una recomendación en el uso óptimo de los recursos a través de la teoría microeconómica neoclásica y en específico de la teoría de la producción.

Para el cálculo de la función de producción se consideraron: tres labores (escarda, barbecho y rastra) y cuatro insumos (semilla, nitrógeno, fósforo y potasio) para una muestra de 31 productores, la información fue recabada por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) y retomada para esta investigación.

La función de producción se ajustó a un nivel de significancia de 96% donde las labores no resultaron significativas; en el caso de los insumos se obtuvieron óptimos técnicos y económicos respectivamente para: nitrógeno (171.6 y 151.8 kgs) y potasio (142.5 y 118.7 kgs). En el caso de la semilla no se logró hacer una recomendación por ser lineal, y el fósforo por estar en la tercera etapa de producción.

De acuerdo a los resultados anteriores, la mejor recomendación para los productores es la de incrementar la dosis de fertilización en nitrógeno y potasio considerando que los precios de los fertilizantes se mantengan constantes.

PALABRAS CLAVE: Función de producción, Óptimo económico, Óptimo técnico, Ganancia.

1) Tesista 2) Director de tesis

ABSTRACT

The objective of this research was to establish the best combinations of tasks and inputs that generate maximum production and maximum profit in the cultivation of landrace maize under rain-fed conditions in the town of Cuijingo, Juchitepec, State of Mexico, so as to provide the producer with a recommendation on the optimal use of resources through neoclassical microeconomic theory and, specifically, production theory.

To calculate the production function, the following were considered: three tasks (weeding, plowing and harrowing) and four inputs (seed, nitrogen, phosphorus and potassium) for a sample of 31 producers. The information was gathered by the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (known by the acronym INIFAP in Mexico) and used in this research.

The production function was adjusted to a significance level of 96% where the tasks were not significant; in the case of inputs, the following technical and economic optimums, respectively, were obtained for: nitrogen (171.6 and 151.8 kgs) and potassium (142.5 and 118.7 kgs.). In the case of seed did not make a recommendation be linear, and phosphorus to be in the third stage of production.

Based on these results, the best advice to producers is to increase the fertilizer dosage in nitrogen and potassium provided fertilizer prices remain constant.

KEY WORDS: Production function, economic optimum, technical optimum, profit.

I. INTRODUCCIÓN

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

Dentro de la producción de cereales, el cultivo que destaca es el maíz, por su importancia no solo económica sino en el caso de México también cultural. Destaca el hecho de que de este cultivo dependen más de 12 millones de personas, es decir más del 10% de la población total del país. Los principales indicadores de la producción de maíz en México se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores generales del maíz en México

VARIABLE	VALOR
Participación en el PIB agroalimentario (%)	12
Valor de la producción (\$)	44,017,000,000
Población ocupada (millones)	2.8
Población dependiente (millones)	12.5

Fuente: Elaborado con información de De la Rosa Zamora. A, et al. 2010.

Para el Estado de México, la importancia del maíz es similar, se encuentra entre los principales cultivos como: la papa (primer productor nacional en temporal), el clavel (primer y único productor nacional), la avena forrajera (segundo en

modalidad de temporal) y el durazno (segundo productor nacional). Los principales indicadores de producción estatal se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Indicadores del maíz de grano de temporal en el Estado de México

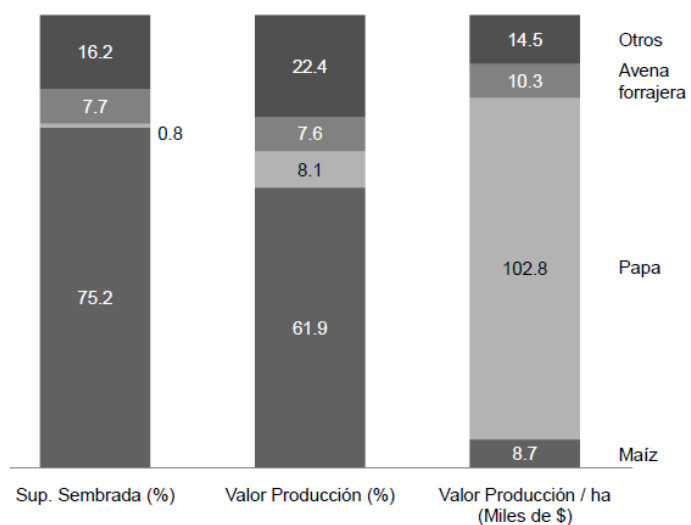
Maíz Grano	2007	2008	2009
Superficie Cosechada (ha)	470,080.3	455,529.0	484,089.5
Rendimiento (ton / ha)	3.3	3.1	3.3
Producción (ton)	1,555,965.8	1,398,474.0	1,581,453.4
Precio Medio Rural (\$ / Ton)	2,651.1	3,316.9	3,313.1
Valor de la Producción (millones de \$)	4,125.1	4,638.6	5,239.6

Fuente: Tomado de: Monitor agroeconómico 2009 del Estado de México. SAGARPA.

En maíz, el Estado de México es el segundo productor de grano en la modalidad de temporal, concentrando el 11% de la producción nacional.

Gráfica 1. Principales cultivos en el Estado de México

(Modalidad temporal, año agrícola 01 + PV 2007)



Fuente: SFA con datos SIAP

Fuente: Tomado de Monitor agroeconómico 2009 del Estado de México. SAGARPA.

Sin embargo y a pesar de ser un cultivo que ocupa la mayor de la superficie sembrada, su bajo valor por hectárea hace que no sea tan rentable como el caso de la papa (ver Grafica 1), aunado a que la producción total ha crecido muy poco (2.9%) y en el caso del rendimiento, se ha estancado.

Planteamiento del Problema

El análisis de las funciones de producción se ha usado en una gran variedad de estudios económicos, en todos los sectores de la producción. La aplicación de la función de producción 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, P. y Wells, R.2006).

La literatura en este tipo de análisis es variada, se encontraron trabajos en ganadería bovina de doble propósito en Yucatán (Martínez, P. 2010), en viñedos en la Republica de Chile (Troncoso, C. 2010), en agricultura en España (Manzanares, 2010), entre otros.

Para el caso de la agricultura del maíz y otros cereales, las recomendaciones para la aplicación de funciones de producción van en el sentido de considerar como no significativas las actividades de preparación del terreno como variables que no influyen en el rendimiento (Triplett, G.B. 2008).

Para la localidad de San Matías Cuijingo, se tiene que el 77% de la población se encuentra en el sector primario de los cuales 90% se dedica específicamente a la producción de maíz criollo de temporal, aunado al nivel bajo de ingresos (47% recibe de 1-2 salarios mínimo) que enfrenta la mitad de la población, se debe hacer una recomendación óptima del maíz en esta modalidad.

Las funciones de producción son una alternativa que eleva los rendimientos bajo el mismo nivel tecnológico y la aplicación de insumo de una forma óptima, para con ello elevar la rentabilidad y a su vez elevar los ingresos de los productores.

Objetivos

Objetivo General

- Identificar los óptimos técnico y económico en la producción de maíz criollo de temporal para que los productores de la localidad de San Matías Cuijingo, municipio de Juchitepec, Estado de México incrementen sus ingresos netos en la producción de maíz criollo de temporal.

Objetivos Particulares

- Caracterizar la producción de maíz de temporal de los productores de la localidad de San Matías Cuijingo.
- Obtener los coeficientes técnicos que utilizan los productores para la producción de maíz criollo de temporal en la localidad de San Matías Cuijingo.
- Identificar las variables que explican la producción de maíz criollo de temporal en la localidad de San Matías Cuijingo.
- Calcular los óptimos técnico y económico de la producción de maíz criollo de temporal en la localidad de San Matías Cuijingo.

Hipótesis

En base a los objetivos planteados, se establece que el nivel tecnológico aplicado en la localidad de Cuijingo es homogéneo y con limitaciones de riego; sin embargo como una actividad racional, los productores se encuentran dentro de un espacio que ha logrado el mantenimiento de la misma actividad ciclo tras ciclo, es decir están trabajando en la segunda etapa de la producción, sin

embargo es posible aumentar la rentabilidad mediante el uso optimo de los insumos y de las labores de preparación del terreno.

Las variables que explican el rendimiento para la producción de maíz criollo son: la cantidad de semilla y los niveles de fertilizante utilizado, considerando no el producto aplicado como: urea, superfosfato de calcio triple, cloruro de potasio, entre otros., sino cantidades de nitrógeno, fosforo y potasio.

Como se mencionó, se plantea que los productores trabajan dentro de la segunda etapa de producción, por lo que se encuentran cerca de los niveles óptimos técnico y económico, con el fin de determinar el nivel más eficiente de los recursos.

II. MARCO TEORICO Y METODOLÓGICO

2.1. Teoría de la producción

2.1.1 Función de producción, producto total, producto medio y producto marginal

La función de producción se concibe como la serie de actividades por las cuales los insumos o recursos utilizados (materia prima, mano de obra, capital, tierra y talento empresarial) 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, P. y Wells, R. 2006)

Formalmente esta relación se expresa como anteriormente:

$$q = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

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

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: representan las cantidades de los diferentes tipos de insumos.

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.

Retomando la ecuación (1), suponga que el producto se puede obtener con 2 factores (x_1, x_2), además suponga que x_2 es un factor fijo renombrado como x_2^0 , mientras que x_1 es variable:

$$q = f(x_1, x_2^0) \dots \dots \dots (2)$$

El producto total (Pt), es 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.

El producto medio (PM), se define como el producto total entre el nivel del insumo utilizado, es decir, el PM 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.

$$PM_{x_1} = \frac{q}{x_1} = \frac{f(x_1 x_2^0)}{x_1} \dots \dots \dots (3)$$

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). 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”.

$$Pmg^{x_1} = \frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2^{\circ})}{\partial x_1} \dots \dots \dots (4)$$

Dentro de una función de producción podemos encontrar tres tipos de rendimientos:

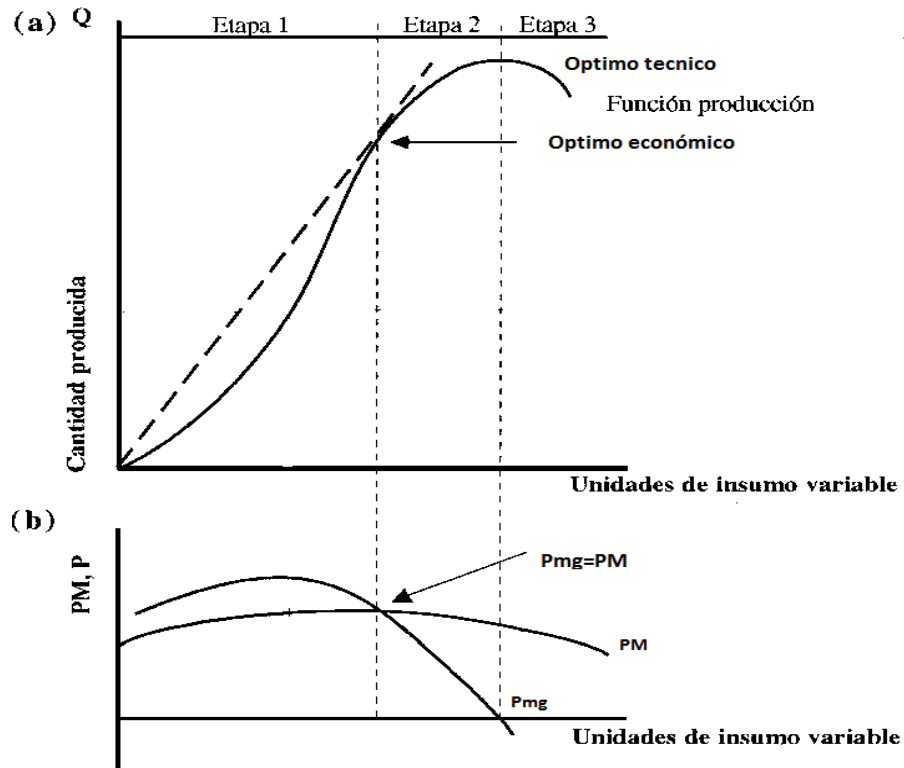
- a) Rendimientos constantes; suceden cuando la cantidad de producto se incrementa en una misma cantidad por cada unidad de insumos adicional.
- b) Rendimientos crecientes: cuando la unidad adicional de insumo provoca un incremento mayor en el producto, que la unidad anterior.
- c) Rendimientos decrecientes: 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.

2.1.2. Etapas de producción

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

Figura 1. Producto total, producto marginal y producto medio



Etapa I: va desde cero hasta donde el PM es igual al Pmg. 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.

Etapa III: también es irracional, significa que se usa mucho insumo variable 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 en base a la elasticidad producto del insumo variable.

2.1.3. 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:

$$\eta_{q_{x1}} = \frac{Pm^{x1}}{PM_{X1}} \dots\dots\dots(5)$$

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

$$\eta q_{x1} \geq 1 \text{ Etapa I}$$

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

$$0 \leq \eta q_{x1} \leq 1 \text{ Etapa II}$$

Aquí se optimizan los recursos, los insumos se combinan de la mejor manera posible.

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

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

2.2. 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. 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”

2.2.1 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 (Grafica 2). 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. Por ejemplo para el insumo x:

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2^*)}{\partial x_1} = 0 \dots\dots\dots (6)$$

2.2.2 Optimo 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:

$$\frac{\partial q}{\partial x_1} = \frac{\partial f(x_1, x_2^*)}{\partial x_1} = \frac{P_x}{P_y} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

P_x = precio del insumo x,

P_y : precio del producto

2.3. Modelos econométricos

2.3.1. 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.

2.3.2. Modelo econométrico

Los investigadores utilizan funciones matemáticas para representar los modelos teóricos de los fenómenos de su interés (Martínez, G.A. 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, R.S. 1993).

2.3.2.1. Análisis estadístico

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.

Coefficiente 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, D.1989).

La F calculada (Fcal). 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 Fcal con la F tabulada (Ftab) 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 Fcal sea mayor que la Ftab se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa de que al menos una β es distinta de cero (Pérez, R.S.1993).

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.

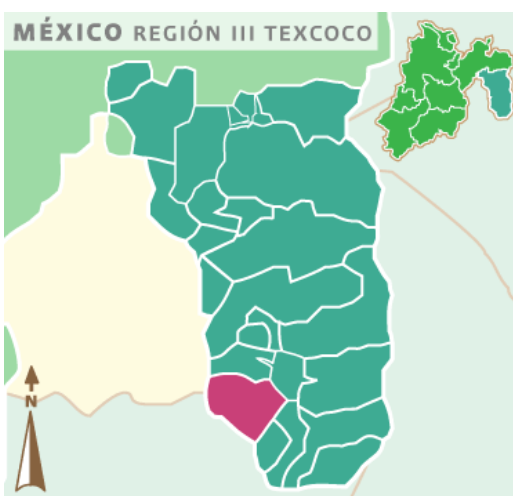
2.4. Métodos y materiales

2.4.1. Ubicación de la localidad de San Matías Cuijingo

Cuijingo (Náhuatl: *Cuixinco*, «Cuixin, gavilán; co, en» '*En los gavilanes*'), es una localidad del Estado de México, localizada en su zona oriente, forma parte del municipio de Juchitepec, tiene 5736 habitantes.

Se encuentra localizado en las coordenadas 19°05'02"N 98°51'06"O y a una altitud de 2,500 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente cuatro kilómetros al sureste de la cabecera municipal, Juchitepec, y a unos 8 kilómetros al norte de Tepetlixpa, comunidades con las que se comunica por una carretera secundaria, éste misma carretera hacia el norte comunica también con Tenango del Aire y con Chalco.

Figura 2. Localización del municipio de Juchitepec



Datos generales de la población¹. La población económicamente activa en la localidad de San Matías Cuijingo es de 1,339 (27.88% de la población total) personas, las que están ocupadas se reparten por sectores de la siguiente forma:

- Sector Primario: 973 (77.04%)
- Sector Secundario: 83 (6.57%)
- Sector Terciario: 207 (16.39%)

La distribución del nivel de ingresos se distribuye de la siguiente manera:

- 0 Salarios mínimos (sin ingresos): 197 (16.44%)
- - de 1 Salario mínimo: 169 (14.11%)
- 1-2 Salarios mínimos: 549 (45.83%)
- 2-5 Salarios mínimos: 259 (21.62%)
- 5-10 Salarios mínimos: 20 (1.67%)
- 10+ Salarios mínimos: 4 (0.33%)

¹ Tomado de: <http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?clave=150500002&tbl=tbl01>

Agricultura. Los principales cultivos agrícolas por superficie sembrada son: trigo grano, maíz grano, papa, avena forrajera, zanahoria, manzanilla, que representan un poco más del 90% de la superficie total agrícola del municipio. También se cultiva: avena grano, canola, maíz forrajero, frijol, lechuga, haba verde, col, ciruela, tomate verde y chícharo pero la superficie destinada a estos cultivos es mínimo (SIAP, 2008).

2.4.2. Recopilación de datos

La información con la que se trabajo, fue recabada en forma directa por el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP) la cual a través del financiamiento federal de la SAGARPA que se dio para el Programa Maíz y Frijol (PROMAF), decidió hacer el trabajo de “Costos de producción de maíz en superficies de temporal en un ejemplo de agricultura de escasos recursos financieros”. El trabajo se realizó en diciembre 2008 recopilando información del ciclo primavera/verano del mismo año. La base de datos fue proporcionada por una investigadora del INIFAP² para cumplir con los objetivos de la presente tesis de maestría.

² Dra. Bertha Larqué Saavedra. Investigadora del Área de Economía.

2.4.2.1. La encuesta

El cuestionario que sirvió para recopilar la información con los productores (Anexo 1) contiene 26 preguntas divididas en seis secciones: datos generales, características de la propiedad, preparación del terreno, insumos, cosecha y maquinaria.

- Primera sección (datos generales). Para llevar un orden preciso de las entrevistas se introdujo esta sección donde se colocó la fecha, la localidad (Cuijingo), el municipio (Juchitepec), nombre del productor y variedad sembrada (criolla).
- Segunda sección (tenencia de la tierra). Se refiere a si la producción se realiza en pequeña propiedad, ejidal, rentada o a medias. En el caso si es rentada se agregó el costo que se pagaba por hectárea.
- Tercera sección (preparación del terreno). Esta sección se subdivide en cinco partes: Labores culturales (subsoleo, barbecho, rastreo, nivelación, surcado y siembra), fertilización, escardas, combate de malezas y combate de plagas. En todas las partes se incluye el número de veces que se realizan y el costo por actividad.

- Cuarta sección (insumos). Semilla, fertilizante, Herbicidas y Plaguicidas. Precios y cantidades aplicadas por hectárea.
- Quinta sección (cosecha). El cuestionario se refiere al aprovechamiento de grano, hoja de tamal y forraje, sin embargo con fines de fijar una sola variable dependiente se consideró únicamente el rendimiento del grano.
- Sexta sección (maquinaria). Se refiere a la maquinaria con que cuenta el productor, así como el costo que incurre en su mantenimiento. Para los fines de la presente investigación no se consideró esta información.

2.4.2.2. Tamaño de muestra

La información fue recopilada en reuniones de productores y visitas a sus domicilios. De la encuesta se desprendió información para 31 productores (cubren una superficie de 111 has.) de un total de 516 que se dedican a la producción de maíz de temporal. En total son 573 productores inscritos en PROCAMPO en la localidad de Cuijingo, con una superficie de 870.92 has, de ellos el 90% cultivan maíz en esta modalidad³.

Considerando la formula (Terrel, D., 1996):

³ Información proporcionada por el Ing. Jorge Carmona Baltazares. Encargado de la estadística agrícola y pecuaria en el Distrito de Desarrollo Rural 075 Texcoco.

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 S^2}{N d^2 + Z_{\alpha/2}^2 S^2}$$

Donde:

n: tamaño de muestra.

S^2 : se considero 0.5.

N: población objetivo (516 productores en la localidad de Cuijingo).

d^2 : es la precisión para el estudio; se consideró 8% con respecto a la media estatal (3.3 ton/ha) por lo que: $d^2 = 0.069$.

$Z_{\alpha/2}$: confiabilidad de 95% (1.96).

Se determino una muestra de 26, sin embargo el trabajo aumento la muestra a 31.

2.4.3. Manejo de la información

La información se concentró en dos tablas, una en la que se consideran las actividades realizadas por hectárea y otra donde se incluyen los precios por sustancia activa dentro de cada fertilizante utilizado por productor. Del primero (Cuadro 3) se desprendió la función de producción donde el rendimiento (Q) se considero como variable dependiente e independientes: número de barbechos (B), número de rastras (R), número de escardas (E), cantidad de semilla (S), cantidad de nitrógeno (N), cantidad de fosforo (P) y cantidad de potasio (K),

Cuadro 3. Labores, insumos y rendimiento por productor

Número de cuestionario	Labores			Insumos			Rendimiento	
	Barbecho (unidades)	Rastreo (unidades)	Escarda (unidades)	Semilla (kilos)	Nitrógeno (kilos)	Fosforo (kilos)	Potasio (kilos)	Grano (toneladas)
1	2	2	0	30.0	184	46	0	3.0
2	2	2	1	22.5	276	138	0	1.5
3	2	2	4	30.0	276	138	0	3.0
4	2	1	0	24.0	161	69	0	2.9
5	3	2	2	22.5	27	230	0	1.5
6	1	0	0	20.0	28	0	80	3.0
7	0	0	2	22.5	56	0	280	3.0
8	3	0	0	15.0	300	0	200	2.5
9	1	3	3	20.0	60	46	180	3.5
10	3	0	0	30.0	37	23	80	3.5
11	2	1	3	25.5	92	92	0	2.0
12	1	3	3	20.0	156	46	60	3.5
13	2	4	0	22.5	156	46	0	2.0
14	2	2	3	22.5	14	230	40	3.0
15	0	0	2	30.0	230	138	0	3.0
16	3	2	3	25.0	49	69	140	2.5
17	1	1	3	20.0	156	46	60	3.7
18	3	1	4	24.0	138	0	0	3.0
19	2	2	0	22.0	138	46	0	3.0
20	0	2	0	23.0	115	69	0	3.5
21	1	1	3	30.0	230	0	0	4.0
22	1	2	0	22.0	202	46	0	3.0
23	1	2	2	25.0	230	69	0	3.0
24	2	1	2	22.5	230	0	0	4.0
25	1	1	0	24.0	202	46	0	3.2
26	3	3	1	10.0	106	46	40	3.0
27	0	3	2	10.6	132	58	0	2.0
28	2	0	0	30.0	0	230	0	3.0
29	1	1	0	24.0	0	0	0	2.9
30	1	2	2	30.0	138	46	0	2.3
31	1	2	2	30.0	117	55	60	4.0

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta información se corrieron 23 modelos de regresión múltiple: lineales, cuadráticos, cúbicos y logarítmicos en el paquete computacional The SAS System for Windows 9.0.

El modelo que se consideró después de probar diferentes formas, tuvo la estructura siguiente: $Q = \beta_1 S + \beta_2 N + \beta_3 P + \beta_4 K + \beta_5 N^2 + \beta_6 P^2 + \beta_7 K^2$

Donde:

β_1 : es el coeficiente de la cantidad de semilla utilizada (kg/ha).

β_2 : es el coeficiente de la cantidad de nitrógeno utilizado (kg/ha).

β_3 : es el coeficiente de la cantidad de fosforo utilizado (kg/ha).

β_4 : es el coeficiente de la cantidad de potasio utilizado (kg/ha).

β_5 : es el coeficiente del cuadrado de la cantidad de nitrógeno utilizado (kg/ha).

β_6 : es el coeficiente del cuadrado de la cantidad de fosforo utilizado (kg/ha).

β_7 : es el coeficiente del cuadrado de la cantidad de potasio utilizado (kg/ha).

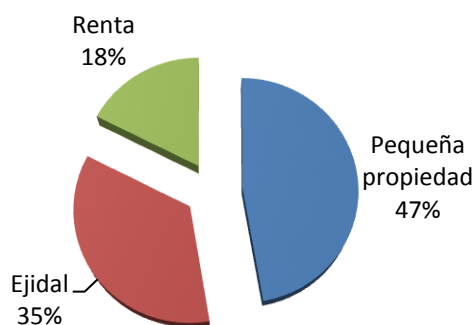
Para seleccionar el modelo que mejor describe la función de producción se tomarán en cuenta los siguientes criterios: el valor ajustado del coeficiente de determinación R^2 y los resultados de las pruebas de “F” y “t-student”.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estructura agraria

De acuerdo a la muestra recopilada, dentro de la localidad la producción se encuentra distribuida en tres formas: pequeña propiedad, ejido y tierra de renta: el 47% son de pequeña propiedad, el 35% de tierra ejidal y el 18% es producción bajo renta. La muestra considera 111 has de producción.

Grafica 2. Distribución de la propiedad



3.2. Caracterización del productor

Del Cuadro 3, se desprendió valores máximos, promedios y mínimos, como se puede ver en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores máximos, promedios y mínimos

VARIABLE	VALOR MAXIMO	VALOR PROMEDIO	VALOR MINIMO
Barbecho (unidades)	3	1.6	0
Rastreo (unidades)	4	1.5	0
Escarda (unidades)	4	1.5	0
Semilla (kilos)	30.0	23.5	10.0
Nitrógeno (kilos)	300	136.6	0
Fosforo (Kilos)	230	66.7	0
Potasio (kilos)	280	39.4	0
Grano (toneladas)	4.0	2.9	1.5

Fuente: Elaboración propia

Preparación del terreno. En este caso no se toma en cuenta el surcado y la siembra ya que son actividades inherentes a la producción y homogénea para todos los productores, también se elimino la fertilización, el combate de plagas y de enfermedades porque no estaba disponible en la información retomada; las actividades que se consideraron son:

Barbecho. Esta práctica se hace para destruir las malas hierbas, las plagas presentes en el suelo e incorporar los residuos vegetales para su descomposición. Consiste en remover el suelo a una profundidad de 15 a 30 cm, mejora la estructura propiciando mayor retención de humedad, permitiendo al cultivo condiciones de aireación en su sistema radicular (Ramos, A. M. 2009). Para el caso de la muestra, las actividades van desde quienes no realizan ninguno (12.9% de los productores), quienes realizan uno (35.5%), dos (32.3%)

hasta aquellos que realizan tres (19.4%). En promedio se realizan 1.6 barbechos por hectárea (ver Cuadro 5).

Rastreo. Alrededor de 10 días posteriores al barbecho se pasa la rastra para desmenuzar los terrones y mullir perfectamente el suelo, elimina malezas que hayan emergido. Esta actividad se realiza para favorecer la germinación de la semilla, elimina la resistencia de raíces que pueda haber y pone a disposición de la planta los elementos necesarios para la nutrición (Ramos, A. M. 2009). Esta actividad se realiza en promedio 1.5 veces por hectárea, hay mucha variabilidad que va de 0 a 4, donde tres es el que posee el mayor porcentaje (38.7%), es decir más de la tercera parte de los productores pasa el tractor con rastra tres veces en el mismo terreno (ver Cuadro 5).

Escarda. Esta labor consiste en pasar un arado con el objeto de aflojar el terreno, eliminar malezas y arrimar tierra al lomo de surco para proporcionar al cultivo una mayor superficie para el desarrollo de las raíces, con el fin de dar mayor soporte a la planta. La realizan cuando la planta tiene aproximadamente de 20 a 30 cm de alto (Ramos, A. M. 2009). Para la muestra se realizan 1.5 escardas en promedio aunque la mayor incidencia de los productores es la de no realizarla (38.7%) (Ver Cuadro 5)

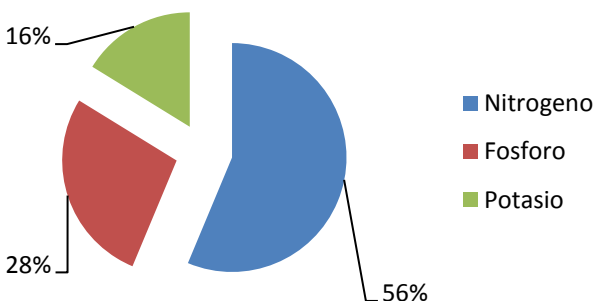
Cuadro 5. Porcentajes de labores por hectárea

Número de veces	Barbecho	Rastra	Escarda
0	12.9	19.4	38.7
1	35.5	25.8	6.5
2	32.3	38.7	25.8
3	19.4	12.9	22.6
4	0.0	3.2	6.5
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia

Insumos: Para el caso de los insumos se omitieron: herbicidas y pesticidas por el mismo caso de las labores. Para obtener las cantidades de nitrógeno, fosforo y potasio se realizó un cálculo a partir de la concentración en los fertilizantes usados: urea, superfosfato de calcio triple, DAP, nitrato de potasio, cloruro de potasio y nitrato de amonio. En la siguiente gráfica se muestra que el elemento que más se aplica es el nitrógeno con más del 50%.

Grafica 3. Porcentaje de nitrógeno, fosforo y potasio promedio aplicado por hectárea



En promedio la dosis de fertilizante que tienen los productores es de: 136.6 kg, 66.7 kg y 39.4 kg para nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente. Dosis semejante al aplicado en el municipio de Ayapango mencionado en el planteamiento del problema en el caso del nitrógeno (126 kg/ha para óptimo técnico y 124 kg/ha para óptimo económico), y muy desigual para el fosforo (128 kg/ha para óptimo técnico y 125 kg/ha para óptimo económico) el cual solo se aplica el 48% de este elemento.

En cuanto a la semilla, hay una variación que va de 10 a 30 kg/ha con un promedio de 23.5.

Precios de los insumos. Los precios por kilogramo de nitrógeno, fosforo y potasio se extrajeron de los precios que cada agricultor tuvo en la compra de fertilizante usado como porcentaje de la concentración de cada componente.

Cuadro 6. Precios unitarios por sustancia activa (\$/kg)

	Semilla	Nitrógeno (N)	Fosforo (P)	Potasio (K)
1	6.0	9.0	9.0	0.0
2	4.0	9.0	10.0	0.0
3	6.7	10.0	10.6	0.0
4	4.7	7.0	11.0	0.0
5	3.3	3.2	13.6	0.0
6	8.0	1.8	0.0	5.2
7	6.7	3.6	0.0	20.4
8	10.0	11.7	0.0	5.9
9	8.0	4.8	7.9	12.5
10	7.0	5.4	8.6	5.9
11	6.7	5.0	3.6	0.0
12	8.0	9.5	7.9	7.4
13	6.7	9.8	8.6	0.0
14	10.0	2.1	9.4	5.9
15	6.7	8.0	10.0	0.0
16	12.0	1.9	7.6	5.5

17	8.0	11.6	9.1	7.2
18	7.0	9.6	0.0	0.0
19	5.0	6.0	8.4	0.0
20	12.0	6.4	8.7	0.0
21	16.0	5.0	0.0	0.0
22	5.0	13.0	9.1	0.0
23	4.5	8.0	7.2	0.0
24	8.0	8.0	0.0	0.0
25	4.0	11.2	8.2	0.0
26	4.0	8.8	8.6	5.9
27	15.1	5.1	9.0	0.0
28	10.0	0.0	8.6	0.0
29	11.0	0.0	0.0	0.0
30	5.3	6.7	8.6	0.0
31	6.0	4.9	7.2	12.9

Fuente: Elaboración propia

Siendo el precio promedio de la semilla de \$7.59 kg, el del nitrógeno \$6.65 kg, para el fosforo \$6.79 kg y para el potasio de \$3.05 kg, precios usados para determinar el óptimo económico junto con el precio promedio de la tonelada de maíz \$3222.99.

3.3. Función de producción y análisis estadístico

Las labores de preparación del terreno: numero de barbechos, numero de rastras y numero de escardas no resultaron variables significativas en los modelos planteados. La ecuación elegida adopta la siguiente forma:

$$Q = 0.08214 S + 0.01914 N - 0.01642 P + 0.01597 K - 0.00005578 N^2 \\ + 0.00007149 P^2 - 0.00005602 K^2$$

$$R^2 = 0.96.$$

Análisis estadístico. El modelo presento una R^2 de 0.96, lo cual implica que las variables: semilla, nitrógeno, fosforo y potasio explican el rendimiento en un 96%. Este valor se encuentra entre 0 y 1 por lo que mientras más se acerque a la unidad, mejor será su ajuste.

En el caso de la prueba de F, la F calculada es 108.47 y la F tabulada es menor a 0.0001, por lo que se rechaza la hipótesis nula a favor de la hipótesis alternativa de que al menos una β es distinta de cero

Finalmente las pruebas individuales de t-student, los cuales sirve para medir la significancia de cada uno de los estimadores en forma individual comparando la t calculada con la t tabulada, como la primera es mayor a la segunda en todos los casos, se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa de que las betas son distintas de cero (ver Cuadro 7).

Cuadro 7. Pruebas de t-student

Variable	Valor t	Pr > t
S	5.82	<.0001
N	3.66	0.0012
P	-2.57	0.0169
K	3.52	0.0017
N2	-3.29	0.0031
P2	2.41	0.0238
K2	-2.81	0.0096

3.3.1. Productos medios

a) Producto medio para la semilla:

$$\frac{Q}{S} = 0.08214$$

Significa que cada kilogramo de semilla produce en promedio 0.08 ton/ha.

b) Producto medio para el nitrógeno:

$$\frac{Q}{N} = 0.01914 - 0.00005578N$$

Usando $N = 136.65$ kg/ha (promedio de la muestra) $\frac{Q}{N} = 0.011$

Cada kilogramo de nitrógeno produce en promedio 0.011 ton/ha.

c) Producto medio para el fosforo:

$$\frac{Q}{P} = -0.01642 + 0.00007149P$$

Usando $P = 66.71$ kg/ha (promedio de la muestra) $\frac{Q}{P} = -0.011$

Representa que cada kilogramo de fosforo produce -0.011 ton/ha. Esto es un resultado incoherente, pues para que el producto medio sea negativo, se requiere que la producción de maíz lo sea, o que la cantidad de fósforo lo sea. Ambos casos, desde luego, son incoherentes.

d) Producto medio para el potasio:

$$\frac{Q}{K} = 0.01597 - 0.00005602K$$

Usando $K = 39.35 \text{ kg/ha}$ (promedio de la muestra): $\frac{Q}{K} = 0.013$

Cada kilogramo de potasio produce 0.013 ton/ha.

3.3.2. Productos marginales

Representa el cambio en el rendimiento ante un cambio unitario en el incremento de uno de los insumos, manteniendo los demás constantes.

a) Producto marginal para la semilla:

$$\frac{\partial Q}{\partial S} = 0.08214$$

Representa un aumento de 1 kg de semilla, aumenta el rendimiento en 0.08 ton/ha, manteniendo los demás insumos constantes.

b) Producto marginal para el nitrógeno:

$$\frac{\partial Q}{\partial N} = 0.01914 - 0.00011156 N$$

Usando $N = 136.65 \text{ kg/ha}$ (promedio de la muestra): $\frac{\partial Q}{\partial N} = 0.003$

Representa un aumento de 1 kg de nitrógeno, aumenta el rendimiento en 0.003 ton/ha, manteniendo constante la cantidad de semilla, fosforo y potasio.

c) Producto marginal para el fosforo:

$$\frac{\partial Q}{\partial P} = -0.01642 + 0.00014298 P$$

Usando $P = 66.71$ kg/ha (promedio de la muestra) $\frac{\partial Q}{\partial P} = -0.006$

Significa un aumento de 1 kg de fosforo, disminuye el rendimiento en 0.006 ton/ha, manteniendo constante la cantidad de semilla, nitrógeno y potasio, lo que indica que el uso de este insumo se encuentra en la tercera etapa de la producción.

d) Producto marginal para el potasio:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = 0.01597 - 0.00011204 K$$

Usando $K = 39.35$ kg/ha (promedio de la muestra) $\frac{\partial Q}{\partial K} = 0.011$

Un aumento de 1 kg de potasio, aumenta el rendimiento en 0.011 ton/ha, manteniendo constantes los demás insumos.

3.3.3. Elasticidades

Cociente entre el producto marginal y el producto medio, identifica en que etapa de la producción se encuentra cada uno de los insumos.

a) Elasticidad para la semilla:

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial S}}{\frac{Q}{S}} = \frac{0.08214}{0.08214} = 1$$

La cantidad de semilla tiene una elasticidad igual a 1 por lo tanto se encuentra entre la primera y segunda etapa de la producción

b) Elasticidad para el nitrógeno:

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial N}}{\frac{Q}{N}} = \frac{0.01914 - 0.00011156N}{0.01914 - 0.00005578 N} = \frac{0.01914 - 0.00011156(136.65)}{0.01914 - 0.00005578(136.65)} = 0.33$$

El nitrógeno ($0 \leq 0.33 \leq 1$), se encuentra en la segunda etapa de la producción.

c) Elasticidad para el fosforo:

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial P}}{\frac{Q}{P}} = \frac{-0.01642 + 0.0001429P}{-0.01642 + 0.00007149 P} = \frac{-0.01642 + 0.00014298 (66.71)}{-0.01642 + 0.00007149 (66.71)} = 0.59$$

El fosforo ($0 \leq 0.59 \leq 1$), segunda etapa de la producción. Este resultado debe de tomarse con cuidado, pues el producto medio era un resultado incoherente en el promedio de fósforo usado, y el producto marginal era negativo también con el promedio de este fertilizante usado en la región.

d) Elasticidad para el potasio:

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial K}}{\frac{Q}{K}} = \frac{0.01597 - 0.00011204K}{0.01597 - 0.00005602 K} = \frac{0.01597 - 0.00011204(39.35)}{0.01597 - 0.00005602(39.35)} = 0.83$$

El potasio ($0 \leq 0.83 \leq 1$) dada la elasticidad que tienen se encuentra en la segunda etapa.

3.4. Cálculo del óptimo técnico

Para obtener el óptimo técnico a partir de una función de producción, se deriva con respecto a cada una de las variables y se iguala a cero. En este caso, para la variable semilla por ser de grado uno, al derivarse desaparece, de ahí que no tenga óptimo técnico.

a) Óptimo técnico para nitrógeno:

$$\frac{\partial Q}{\partial N} = 0.01914 - 0.00011156 N = 0$$

$$N = 171.57 \text{ kg/ha}$$

b) Óptimo técnico para fósforo:

$$\frac{\partial Q}{\partial P} = -0.01642 + 0.00014298 P = 0$$

$$P = 114.84 \text{ kg/ha}$$

c) Óptimo técnico para potasio:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = 0.01597 - 0.00011204 K = 0$$

$$K = 142.54 \text{ kg/ha}$$

De acuerdo a estos resultados, para encontrar la mayor producción posible se debe de aplicar 171.57 kg/ha de nitrógeno, y 142.54 kg/ha de potasio, sin embargo esto no quiere decir que sea la dosis más factible desde el punto de vista económico, para esto debe de calcularse el óptimo económico que

considera los precios de los insumos y del producto. Para el fosforo, el resultado obtenido es 114.84 kg/ha, sin embargo por el signo de la función obtenida, este valor se trata de un mínimo, es decir la cantidad de fosforo aplicado debe ser menor a la cantidad obtenida.

3.5. Cálculo del óptimo económico

El óptimo económico se obtiene de la misma manera que el técnico, con la diferencia de que la primera derivada es iguala a la relación de precios del insumo sobre el nivel de precios del producto final. Para calcular el óptimo económico se consideró el precio promedio por tonelada de maíz vendido por cada productor siendo igual a \$3222.99. Usando los precios promedios de cada sustancia activa, en el caso de la semilla fue de \$7.59/kg, para el nitrógeno de \$7.11/kg, para el fosforo \$8.78/kg y para potasio de \$8.61/kg.

a) Óptimo económico para nitrógeno:

$$\frac{\partial Q}{\partial N} = 0.01914 - 0.00011156 N = 7.11/3222.99$$

$$N = 151.79 \text{ kg/ha}$$

b) Óptimo económico para fosforo:

$$\frac{\partial Q}{\partial P} = -0.01642 + 0.00014298 P = 8.78/3222.99$$

$$P = 133.89 \text{ kg/ha}$$

c) Óptimo económico para potasio:

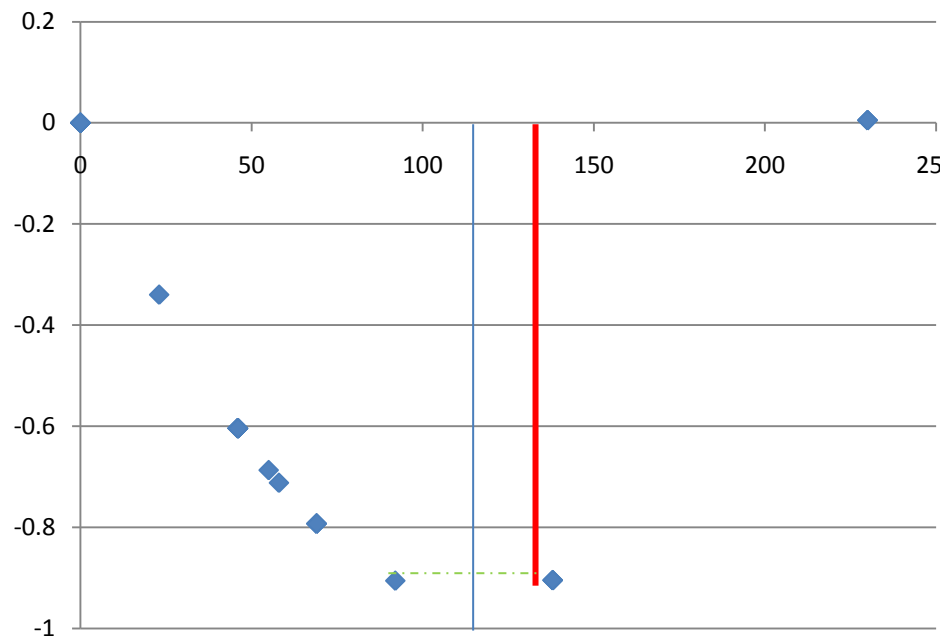
$$\frac{\partial Q}{\partial K} = 0.01597 - 0.00011204 K = 8.61/3222.99$$

$$K = 118.69 \text{ kg/ha}$$

De acuerdo a lo anterior, las cantidades utilizadas en promedio deben incrementarse en el caso de optimo técnico en: nitrógeno (34.97 kg/ha) y potasio (103.14 kg/ha); para el caso del optimo económico, donde se consideran los precios de los insumos del ingreso por tonelada de maíz producido, las cantidades se incrementan en nitrógeno (15.19 kg/ha) y potasio (79.29 kg/ha).

Nuevamente para el fosforo, la cantidad obtenida es demasiado alta para el promedio utilizado en la zona, como se puede ver en la Grafica 3, el punto económico se encuentra más allá del óptimo técnico, la línea de la relación de precios debe pasar por ese punto y no uno anterior. Geométricamente la producción sería la misma si se tomara un valor simétrico como el que se ve en la línea punteada, sin embargo cortaría la función contradiciendo la teoría microeconómica.

Gráfica 4. Dispersión del fosforo con respecto al rendimiento calculado



Fuente: Elaboración propia

A continuación se puede ver en el Cuadro 8, el óptimo técnico y económico en nitrógeno y potasio.

Cuadro 8. Promedios, óptimos técnicos y óptimos económicos (kg/ha)

Insumos	Promedio aritmético	Optimo técnico	Optimo económico
Semilla	23.5		
Nitrógeno (N)	136.6	171.57	151.79
Fosforo (P)	66.7		
Potasio(K)	39.4	142.54	118.69

Fuente: Elaboración propia

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En primer lugar se encontró en una muestra de 111 has, que el 47% de las unidades productivas son pequeña propiedad, el 35% de tierra ejidal y el 18% es producción bajo renta. Para la preparación del terreno se realizan en promedio 1.6 barbechos/ha, 1.5 rastras/ha, 1.5 escardas/ha, mientras que como insumos se utilizan en promedio 23.5 kg/ha de semilla, 136.6 kg/ha de nitrógeno, 66.7 kg/ha de fosforo y 39.4 kg/ha; teniendo un rendimiento promedio de 2.9 ton/ha.

Las variables que resultaron significativas dentro del modelo son: semilla, nitrógeno, fosforo y potasio en kgs/ha. El modelo que mejor se ajusto para determinar el óptimo técnico y económico tiene forma cuadrática, con un nivel de significancia de 96%.

Si se tomarán los valores de nitrógeno, fosforo y potasio en el caso del técnico se tendrá 3.77 ton/ha, y para el económico de 3.74 ton/ha. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la dosis de fósforo de considerarse un punto donde la producción se minimiza, por lo tanto debe aplicarse una dosis menor al obtenido. El modelo no nos permite dar un valor a usar, simplemente nos da la pauta para indicar una dosis menor

Finalmente, se puede indicar que es posible incrementar los rendimientos en la producción de maíz criollo de temporal en la localidad de San Matías Cuijingo bajo la optimización de los recursos disponibles.

RECOMENDACIONES

- Debe profundizarse el estudio en la localidad sobre la relación del fosforo con el rendimiento probando con otras formas de funciones.
- La muestra debe de ser mayor para que el modelo sea más preciso.
- La teoría microeconómica debe complementarse con la ciencia agronómica para brindar una mejor recomendación técnica y económica

V. BIBLIOGRAFIA

1. Aquino Mercado, P. et. al. Estadísticas. La productividad y competitividad del cultivo de maíz en el Estado de México. Dirección General de Estudios y Publicaciones, Procuraduría Agraria. p.125.
2. Azofeifa V. G. et al. Estimación de una función de producción: caso de Costa Rica. Banco Central de Costa Rica. División económica. Departamento de Investigaciones económicas. Marzo 1996.
3. De la Rosa Zamora, A. et al. Análisis de la productividad del maíz en el Estado de México. Investigación en matemáticas, física y economía y sus aplicaciones en ingeniería y ciencias agrícolas. UACH, CP, IPN, Preparatoria agrícola. 457 pp. 2010.
4. Fortis Hernández, M. Óptimos económicos en maíz de temporal, dosis de fertilización y densidad de siembra, en Ayapango, Edo. de México. Tesis profesional. Chapingo. México. 1987.
5. Gujarati, D. Econometría básica. Edit. McGraw-Hill. México. 1989.

6. Larqué Saavedra, B.S., Limón Ortega, A., Portillo Vázquez, M., Salinas Ruiz, J., Velázquez Xochimil, H.G. Propuesta económica del manejo agronómico del maíz criollo en terrenos de temporal en III reunión nacional para el mejoramiento, conservación y uso de los maíces criollos. Memoria de resúmenes. SOMEFI. 101pp. 2009.
7. Loera Martínez, J. et al. Productividad y competitividad agropecuaria y economías de escala. Investigación en matemáticas, física y economía y sus aplicaciones en ingeniería y ciencias agrícolas. UACH, CP, IPN, Preparatoria agrícola. 457 pp. 2010.
8. Lule Peralta, A. Determinación de la función de producción de trigo (triticum spp) en Guanajuato, CADER 006 Salamanca, Gto. Tesis profesional. Chapingo. México. 1993.
9. Martínez Garza, A. Teoría de la regresión con aplicaciones agronómicas. C.E.C. del Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 1987.
10. Mas-Colell, A. y Whinston, M. Microeconomic theory. Oxford university press. United States of America. 1995.

11. Monroy Alarcon, R. Y Delgado Martínez M.G. Análisis técnico-económico de la producción de maíz de temporal en la mesa central. Tesis profesional. Chapingo. México. 1988.
12. Navarro Rivera, G. Óptimos económicos en trigo. Juchitepec de M.R.P., Edo. de México. Tesis profesional. Chapingo. México. 1987.
13. Pérez Regulo, S. Funciones de producción y de costos del sorgo (sorghum vulgare var bicolor) en la zona oriente del estado de Morelos. Tesis profesional. Chapingo. México. 1993.
14. Ramos Alvarez, M. Costos de producción de maíz criollo de temporal en Cuijingo, Juchitepec, Estado de México. Tesis profesional. Chapingo. México. 2009.
15. Reyes Guzmán, G. et al. 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, Mayo - Agosto de 2005.
16. Terrel, D. Estadística para administración y economía. Edit. Mc Graw Hill. México. 1996.

17. Krugman, P. y Wells, R. Introducción a la economía. Microeconomía.
Edit. Reverté S.A. España. Barcelona. 2006.

Artículos consultados:

1. Cordell, D. et al. The story of phosphorus: global food security and food for thought. 2009. Tomado de www.Elsevier.com
2. G.B. Triplett and Warren A. D. No tillage crop production: a revolution in agricultura. 2008. Tomado de. Agronomy journal.
3. Gómez Manzanares, E. Funciones de producción en la agricultura.
Tomado de:
http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_reas/r048_02.pdf el 12 de noviembre de 2010.
4. Pech Martínez, V. Función de producción de la ganadería de doble propósito de la zona oriente del estado de Yucatán, México. Tomado de:
<http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200212174884.pdf> el 29 de marzo de 2010.

5. Troncoso C, Javier L. Estimación de la función de producción del viñedo chileno de riego. Tomado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-280720010001000008&script=sci_arttext el 25 de diciembre de 2010

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario para productores de maíz de temporal

Este cuestionario esta desarrollado con la finalidad de conocer la estructura de costos de producción de maíz en la localidad de Cuijingo, municipio de Juchitepec, en el Estado de México. Toda la información que se recopile será confidencial y utilizada con fines de investigación.

I. Datos generales

Fecha _____
 Localidad _____
 Municipio _____
 Nombre del productor _____
 Variedad sembrada _____

II. Características de la propiedad

1.- ¿Cuáles son las características de la propiedad?

Propiedad	Nº de ha	Las cuales están en:	
		Ladera	Plano
Pequeña propiedad			
Ejidal			
Rentada			
A medias			
Otra			

2.- Si es rentada ¿Cuánto paga por hectárea? _____

III. Preparación del terreno

LABORES

3.- ¿Como se prepara el terreno y cuanto cuesta cada actividad por hectárea?

LABORES	Con tractor		Con yunta		Con peones		
	vueltas	\$/ha	Vueltas	\$/ha	¿Cuántos?	\$/peon/dia	¿Cuántos días lleva esta actividad?
Subsoleo							
Barbecho							
Rastro							
Nivelación							
Surcado							
Siembra							

FERTILIZACIÓN

4.- ¿Cuántas fertilizaciones realiza durante el ciclo productivo? _____

5.- ¿Cuántas personas fertilizan una hectárea? _____

Familiares: _____

Contratados: _____

6.- ¿Cuánto se le paga a una persona contratada por fertilizar una ha? _____

ESCARDAS

7.- ¿Cuántas escardas se realizan durante el ciclo productivo? _____

8.- ¿Cómo se hace y cuanto cuesta por hectárea?

Escardas	¿Cuanto cuesta con tractor?	¿Cuanto cuesta con yunta?	Con Peones		
			¿Cuántos?	Familiares	Contratados
1					
2					
3					

9.- ¿Cuanto se le paga a un peón contratado por escardar una ha? _____

COMBATE DE MALEZAS

10.- ¿Cuántos controles de maleza realiza durante el ciclo productivo? _____

11.- ¿Cuántas personas ocupa en una hectárea? _____

Familiares: _____

Contratados: _____

12.- ¿Cuánto se le paga a una persona contratada por realizar el control de malezas en una ha? _____

COMBATE DE PLAGAS

13.- ¿Cuántos controles de plagas realiza durante el ciclo productivo? _____

14.- ¿Cuántas personas ocupa en una hectárea? _____

Familiares: _____

Contratados: _____

15.- ¿Cuánto se le paga a una persona contratada por realizar el control de plagas en una ha? _____

IV. Insumos

SEMILLA

16.- ¿Cuántos kilos de semilla ocupa por ha? _____

17.- ¿Cuánto cuesta cada kilo? _____

FERTILIZANTES

Producto	¿Cuántos bultos por ha?	¿Cuánto cuesta cada bulto?
Urea		
Superfosfato triple		
otro		

HERIBICIDAS

18.- ¿Qué producto aplica? _____

19.- ¿Cuántos litros por ha? _____

20.- ¿Cuánto cuesta cada litro? _____

INSECTICIDAS

21.- ¿Qué producto aplica? _____

22.- ¿Cuántos litros por ha? _____

23.- ¿Cuánto cuesta cada litro? _____

V. Cosecha

24.- ¿Como se realiza la cosecha?

Forma	\$/ha	¿Cuántos peones por ha?	¿Cuánto paga por peón?	¿En cuantos días cosechan una ha?
Mecánica		-----	-----	-----
Manual	-----			

25.- ¿Que productos obtiene?

	Ton/ha	\$/ton	Pacas/ha	\$/paca	Manojos/ha	\$/manejo
Maíz						
Forraje						
Hoja de tamal						

VI. Maquinaria

26.- ¿Cuenta con tractor o algún implemento? SI_____ NO_____

Implemento	Año en que lo compro	En cuanto lo compro	¿Cuánto gasta al año en su mantenimiento?	Si lo vendiera. ¿Cuál sería su precio?
Tractor				
Subsoleadora				
Arado				
Rastra				
Cosechadora				
Otro				

GRACIAS POR SU APOYO!!

Anexo 2. Función de producción (Modelo corrido en SAS System for Windows 9.0)

Procedimiento REG

Modelo: MODEL1

Variable dependiente: Q

NOTA: No intercept in model. R-Square is redefined.

Analysis of Variance

Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	271.45922	38.77989	108.47	<.0001
Error	24	8.58078	0.35753		
Total no corregid	31	280.04000			

Root MSE	0.59794	R-cuadrado	0.9694
Media dependiente	2.93548	Adj R-Sq	0.9604
Coeff Var	20.36939		

Parámetros estimados

Variable	DF	Parameter Estimate	Error	Valor t	Standard Pr > t
S	1	0.08214	0.01411	5.82	<.0001
N	1	0.01914	0.00522	3.66	0.0012
P	1	-0.01642	0.00639	-2.57	0.0169
K	1	0.01597	0.00454	3.52	0.0017
N2	1	-0.00005578	0.00001696	-3.29	0.0031
P2	1	0.00007149	0.00002963	2.41	0.0238
K2	1	-0.00005602	0.00001990	-2.81	0.0096