

ANALISIS ECONOMICO DE LA RESPUESTA DE MAIZ DULCE  
(Zea mays var. Golden Baby) EN JILOTILLO A LA  
FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORADA  
EN LA ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

P O R

*José Albino Sánchez Barahona*

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

MICROISIS:	6426
FECHA:	8/sept/93
ENCARGADO:	VILLARREAL

EL ZAMORANO, HONDURAS  
Abril, 1993

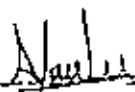
BIBLIOTECA WILSON POYENSE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 93  
TEGUCIGALPA HONDURAS

ANALISIS ECONOMICO DE LA RESPUESTA DE MAIZ DULCE  
( *Zea mays* var. *Golden Baby* ) EN JILOTILLO A LA  
FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORADA EN LA  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Por:

*José Albino Sánchez Barahona*

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana los derechos para reproducir y distribuir copias de éste trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos del autor.

  
-----  
José Albino Sánchez Barahona

Abril de 1993

DEDICATORIA

A Dios.

A mi padre, José Albino Sánchez Dávila por todo el amor, apoyo y comprensión brindados.

A mi familia Margarita Barahona de Sánchez, Edwin, Wilmer, Josiel, Josiela y Suri Sánchez Barahona.

A mis abuelos Lidia y José Presentación.

A mi novia y futura esposa Heidi Marlen Bustillo Venegas.

A Honduras.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo de asesores de tesis, por su dirección y apoyo a lo largo del desarrollo de mi trabajo de tesis.

A la Escuela Agrícola Panamericana, por haber sido el pilar de mi educación y formación profesional.

A USAID/Honduras por otorgarme la beca de estudios tanto a nivel de agrónomo como de ingeniería.

Al personal Docente y administrativo del departamento de Economía por el apoyo y comprensión brindado durante mi estadía en este.

A mis compañeros de clase por el apoyo, comprensión y muestras de amistad brindadas.

A los ingenieros David Moreira y José Andino, por su valiosa cooperación .

A mis amigos Alex, Franklin y Jeanete del Cid, Elmer Flores por su valiosa ayuda.

## TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION . . . . .	1
	A. <u>Objetivos</u> . . . . .	4
	1. General . . . . .	4
	2. Específicos . . . . .	4
II.	REVISION DE LITERATURA . . . . .	5
	A. <u>Aspectos Técnicos</u> . . . . .	5
	B. <u>Aspectos Económicos</u> . . . . .	8
III.	JUSTIFICACION . . . . .	12
IV.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO . . . . .	13
	A. <u>Alcances del Estudio</u> . . . . .	13
V.	MATERIALES Y METODOS . . . . .	14
	A. <u>Area Experimental</u> . . . . .	14
	1. Localización . . . . .	14
	2. Características . . . . .	14
	B. <u>Trabajo Experimental</u> . . . . .	16
	1. Manejo del Experimento . . . . .	16
	a. <u>Preparación del Terreno</u> . . . . .	16
	b. <u>Siembra</u> . . . . .	16
	c. <u>Fertilización</u> . . . . .	17
	1) Nitrógeno . . . . .	17
	2) Fósforo . . . . .	17
	d. <u>Combate de Malezas</u> . . . . .	17
	e. <u>Combate de Plagas</u> . . . . .	18
	f. <u>Riego</u> . . . . .	18
	g. <u>Cosecha</u> . . . . .	18
	2. <u>Discño Experimental</u> . . . . .	18
	3. <u>Tratamientos</u> . . . . .	18
	C. <u>Recolección de los Datos</u> . . . . .	20
	1. Agronómicos . . . . .	20
	a. <u>Rendimiento</u> . . . . .	20
	2. Económicos . . . . .	20
	a. <u>Costos Fijos</u> . . . . .	20
	b. <u>Costos Variables</u> . . . . .	20
	c. <u>Precios de Insumos y Producto</u> . . . . .	20
	D. <u>Evaluación de los datos</u> . . . . .	21
	1. Agronómicos . . . . .	21
	a. <u>Análisis Estadístico</u> . . . . .	21
	2. Económicos . . . . .	21
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	23
	A. <u>Análisis de Regresión: Ajuste de la</u> <u>Función.</u> . . . . .	23
	B. <u>Respuesta a Nitrógeno</u> . . . . .	26
	C. <u>Respuesta a Fósforo</u> . . . . .	26

	D. <u>Interacción de Nitrógeno y Fósforo</u> . . . . .	26
	E. <u>Precios de Insumos y Productos</u> . . . . .	27
VII.	DETERMINACION DE LAS DOSIS OPTIMAS . . . . .	30
	A. <u>Optima Producción Física Sin Restricción</u> . . . . .	30
	B. <u>Optima Producción Económica Sin Restricción</u> . . . . .	31
	C. <u>Niveles Optimos de Nitrógeno para la Máxima Producción Física Teniendo Diferentes Niveles Fijos de Fósforo</u> . . . . .	33
	D. <u>Niveles Optimos de Fósforo para la Máxima Producción Física dados Diferentes Niveles Fijos de Nitrógeno.</u> . . . . .	35
	E. <u>Niveles Optimos de Nitrógeno para la Máxima Producción Económica dados Diferentes Niveles Fijos de Fósforo.</u> . . . . .	36
	F. <u>Niveles Optimos de Fósforo para la Máxima Producción Económica dados Diferentes Niveles de Nitrógeno.</u> . . . . .	37
	G. <u>Determinación de los Niveles de Nitrógeno y Fósforo para Maximizar la Producción Con Restricciones de Presupuesto.</u> . . . . .	38
	1. Senda de Expansión . . . . .	38
	2. Presupuesto . . . . .	39
	3. Maximización de Producción con Restricción de Presupuesto. . . . .	40
	4. Cantidad a Producir . . . . .	42
	5. Minimización de los Costos con una Restricción en la Cantidad a Producir. . . . .	44
VIII.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD . . . . .	46
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	48
	A. <u>Conclusiones</u> . . . . .	48
	B. <u>Recomendaciones</u> . . . . .	49
X.	RESUMEN . . . . .	51
XI.	BIBLIOGRAFIA . . . . .	53
XII.	ANEXOS . . . . .	56

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Superficie de respuesta del maiz dulce en jiloteillo variedad Golden Baby, a niveles de N y P . . . . .	27
Figura 2.	Senda de expansión y líneas frontera para la función de producción . . . . .	39
Figura 3.	Línea de isocosto para un presupuesto de 180 lps/ha . . . . .	40
Figura 4.	Resolución gráfica para determinar los niveles de N y P dado un presupuesto . . . . .	41
Figura 5.	Curva de isocuanta para la producción de 6726.36 Kg/ha . . . . .	43
Figura 6.	Resolución gráfica para encontrar los niveles de N y P en un producción determinada . . . .	45

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Niveles de Nitrógeno y Fósforo Evaluados. . . . .	19
Cuadro 2.	Tratamientos que se Utilizaron en el Ensayo. EAP, 1991. . . . .	19
Cuadro 3.	Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión. Ensayo EAP. 1992 . . . . .	25
Cuadro 4.	Grado de Significancia para las Variables en la Ecuación de la Función de Producción. Ensayo EAP. 1992 . . . . .	26
Cuadro 5.	Costos Fijos de Producción en lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel Tecnificado Bajo Riego. EAP. 1992 . . . . .	28
Cuadro 6.	Costos Variables de Producción en lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel Tecnificado y a uno de Cero Aplicación de N y P. EAP. 1992 . . . . .	29
Cuadro 7.	Resumen de Costos Totales de Producción en lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel de Cero Aplicación de N y P. EAP. 1992 . . . . .	29
Cuadro 8.	Precio del Jilotillo en lps/Kg para el Mes de Marzo de 1992, en Tegucigalpa. . . . .	29
Cuadro 9.	Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, a un Nivel de Aplicación de 127.96 Kg de N y un Nivel de 52.93 Kg de P (Máximo de Producción Física). EAP. 1992. . . . .	31
Cuadro 10.	Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, a un Nivel de Aplicación de 126.73 N y un Nivel de 61.58 de P (Máximo de Producción Económica). EAP. 1992. . . . .	33



Cuadro 11.	Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de N, Manteniéndose Niveles Fijos de P para Alcanzar Máxima Producción Física. Ensayo, EAP. 1992. . . .	34
Cuadro 12.	Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de P, Manteniéndose Niveles Fijos de N para Alcanzar Máxima Producción Física. Ensayo, EAP. 1992. . . . .	36
Cuadro 13.	Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de N, Manteniéndose Niveles Fijos de P para Alcanzar Máxima Producción Económica. Ensayo, EAP. 1992. . . . .	36
Cuadro 14.	Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de N, Manteniéndose Niveles Fijos de P para Alcanzar Máxima Producción Económica. Ensayo, EAP. 1992. . . . .	37
Cuadro 15.	Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, Obtenidos dado un M = Lps 180.00 por ha. EAP. 1992 . . . . .	42
Cuadro 16.	Análisis de Sensibilidad para Cambios en los Precios de los Insumos y del Producto y su Defecto en Margen Bruto de Ganancia. EAP. 1992. . . . .	47

## I. INTRODUCCION

Las hortalizas representan una importante solución de los problemas nutricionales mundiales. Sin embargo, de más de 3000 especies conocidas, solamente se explotan menos de 40 a nivel comercial.

Por otra parte, se estima que las necesidades de alimentos en los países en desarrollo crecerán a un ritmo anual de 3.7 % hasta el año 2000, mientras que la producción de alimentos aumentará solamente a razón del 2.7, lo cual provocará un gigantesco déficit de alimentos para finales del siglo (FAO, 1984).

La solución del problema de producir suficiente alimento para toda la población dependerá de la medida en que la productividad de las tierras existentes pueda incrementarse (FAO, 1984).

Los fertilizantes constituyen uno de los factores más importantes para el incremento de la productividad. La combinación óptima de los factores y condiciones de producción en una situación agrícola dada, da origen a un rendimiento determinado, por lo cual, si todos los factores son óptimos: tipo y dosis de fertilizante, variedad, estado del suelo, agua, control de plagas, los rendimientos serán máximos (FAO, 1984).

En Honduras se produce maíz para grano y parte de éste se consume en sus primeras etapas de formación conociéndose este producto como jilote. Sin embargo, este cultivo difiere tanto en calidad como en el manejo y prácticas culturales aplicadas a los cultivares comerciales de maíz dulce para jilotillo.

Debido a que sólo el 15 % de la superficie total de Honduras es de vocación agrícola (FAO, 1980), existe la necesidad de realizar investigaciones cuyo objetivo sea incrementar la producción y productividad, siendo el uso racional de los fertilizantes una de las formas más recomendadas para hacerlo a corto plazo (IICA, 1985; Llanos, 1984; Cooke, 1982 ).

El jilotillo es un producto potencial para la exportación, cualquier estudio que contribuya a optimizar el beneficio económico de este cultivo en forma comercial, estará apoyando las políticas de fomento a las exportaciones defendidas por el presente Gobierno.

Es importante conocer las dosis óptimas de fertilización que permitan obtener un rendimiento significativo y económico. Cooke(1982) y la FAO(1966), definen la dosis óptima de aplicación de fertilizantes como aquella cantidad de fertilizante que, dados sus costos y precios, produce los mayores beneficios netos por hectárea. Ambos autores coinciden en señalar que esta dosis no es necesariamente la que produce la mayor producción física.

Además de la fertilización, el rendimiento del jilotillo es el resultado final de otros factores que actúan e interactúan durante el ciclo de vida del cultivo. Estos factores son: el clima, el contenido de nutrientes en suelo, la densidad de siembra, las prácticas culturales, el uso de variedades mejoradas, y la incidencia de plagas y enfermedades (Cooke, 1982; FAO, 1980, 1984; Obando, 1980; González, 1977; Green, 1974; CIBA, 1979).

Las variaciones en los factores anteriores constituyen las principales limitaciones anuales en estudios de este tipo. Estas variaciones estarán presentes en el estudio a realizar, pero su efecto se reducirá al máximo posible, a través de investigaciones similares realizada en años futuros. La productividad obtenida en el país puede aumentarse considerablemente si los productores utilizan prácticas agrícolas mejoradas, adaptadas a las condiciones locales, y principalmente si hacen uso más eficiente de los fertilizantes. Esto exige, conocer los resultados de experimentos y ensayos controlados de fertilización.

El presente estudio tiene por objetivo identificar, aspectos económicos para adaptar las dosis de fertilizantes a oscilaciones anuales de precios de los fertilizantes y el producto (jilotillo).

## A. Objetivos

### 1. General

a.- Determinar el óptimo económico de la respuesta de maíz dulce en jilotillo a la fertilización nitrogenada y fosforada bajo las condiciones agroecológicas de El Zamorano.

### 2. Específicos

a.- Determinar la superficie de respuesta del maíz dulce en jilotillo a la fertilización nitrogenada y fosforada.

b.- Determinar la función matemática que mejor se ajuste a la respuesta de el maíz dulce en jilotillo a la fertilización nitrogenada y fosforada.

c.- Determinar la dosis para obtener la máxima producción técnica de aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

d.- Determinar la dosis óptima económica de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

e.- Mostrar las diferentes alternativas económicas de producción a los diferentes niveles de fertilización evaluados.

f.- A partir de los resultados obtenidos con base en los objetivos anteriores, formular una recomendación de fertilización nitrogenada y fosforada para las condiciones de El Zamorano.

## II. REVISION DE LITERATURA

### A. Aspectos Técnicos

La FAO(1980) sostiene que los fertilizantes son uno de los medios más importantes para incrementar la productividad, pero no resuelven por si solos los problemas de la producción agrícola.

Malavolta(1989); FAO(1984); Luchsinger(1975); y Moyle et al.(1969) llegaron a la conclusión de que la aplicación de fertilizantes contribuye más al incremento de la producción que el uso de agua y semillas mejoradas.

Broom y Selznick (citados por Flores, 1990), sostienen que el uso de los fertilizantes químicos, resulta en incremento del rendimiento por unidad de área, pero además da como resultado "oculto" una mayor tensión ecológica debido a sus funciones indeseables de contaminación.

La ley del mínimo de Liebig, dice que para cada especie vegetal, existe una proporción óptima entre las diversas sustancias nutritivas (CIBA, 1979).

El nitrógeno es el elemento de mayor importancia y más investigado en al producción de maíz (CINMYT, 1978; Malavolta, 1989; FAO, 1984).

Aldrich y Leng(1974), mencionan que es necesario aplicar los niveles adecuados de N a la siembra en el cultivo de maíz, para lograr el máximo aprovechamiento de la aplicaciones complementarias.

Cooke(1987), en estudios realizados en Gran Bretaña, afirmó que la dosificación del N es la primera que hay que seleccionar, pues este elemento es el que genera mayores ganancias por unidad que los logrados por el potasio y el fósforo.

Tisdale(1974), indica que la manera ideal de aplicar fertilizante es en una o dos bandas laterales, obteniéndose en ambos casos la misma efectividad. Colocando estas bandas a 10 cm de la distancia lateral de la línea de semilla y a 10 cm de profundidad, de manera que el fertilizante no quede en contacto con la semilla.

A pesar de que el fósforo se absorbe durante toda la vida de la planta de maíz, la etapa de crecimiento constituye la más difícil por la baja capacidad de absorción del sistema radicular, produciendo daños irreversibles (Aldrich, 1974; Llanos, 1984).

Cooke(1962) y Gudiel(1987), recomiendan la aplicación total del fósforo a la siembra.

Las respuestas al potasio son excepcionales y sólo se producen en algunos suelos deficientes en este elemento y en presencia de altas dosis de nitrógeno y fósforo.

Green(1974), no encontró diferencias significativas en suelos de la región de Managua, Nicaragua, al comparar diferentes épocas de aplicación de nitrógeno en maíz.

Sin embargo, en base a experimentos realizados en el norte y este de los Estados Unidos se afirma que los mejores rendimientos del maíz se obtienen aplicando todo el N al momento de la siembra (American Society of Agronomy, 1966; Meberky, 1965; Lugo 1967).

Por otro lado, Krantz(1974), Olson et al (1964), y Robles(1976), han obtenido resultados satisfactorios al aplicar el N fraccionado a la siembra y al aporque.

Cooke(1982), sostiene que sólo los experimentos de campo que prueben muchos niveles de cada nutriente pueden mostrar cómo se afectan los rendimientos, y que estos experimentos forman la base para realizar recomendaciones de la cantidad exacta de fertilizantes a usar.

Flores(1990), obtuvo el máximo rendimiento físico de 13287.03 kg/ha de maíz dulce en Jilotillo a un nivel de 133.71 Kg/ha de N y 61.41 Kg/ha de P; asimismo el máximo rendimiento económico de 13285.26 se alcanzó a niveles de fertilización similares, 133.42 Kg/ha de N y 60.17 Kg/ha de P.

Carrera(1991), obtuvo el máximo rendimiento físico de 7860.73 kg/ha de maíz híbrido en Jilotillo a un nivel de 142.60 Kg/ha de N y 24.87 Kg/ha de P; asimismo el máximo rendimiento económico de 7847.62 kg/ha se alcanzó a niveles de fertilización de 133.60 Kg/ha de N y 24.87 Kg/ha de P.



## B. Aspectos Económicos

Una función de producción es una relación matemática que describe en qué forma la cantidad de un producto depende de insumos utilizados. Existe un gran número de posibles combinaciones de ellos y lógicamente, no se conocen todas las funciones de producción. Descubrir las que sean posibles física, química y biológicamente es una tarea de la investigación y experimentación (Bischof, 1988).

Una superficie de respuesta es un estimativo matemático de la verdadera respuesta del cultivo a las diferentes dosis de fertilizante. Su ventaja es que una vez determinada la ecuación de la función de producción mediante métodos estadísticos, es sencillo determinar el máximo de producción física, y el óptimo de producción económica dados los precios del insumo y el producto en el mercado (Ministerio de Agricultura y Ganadería de el Salvador, 1973).

Básicamente, los productores aplican fertilizantes con la finalidad de incrementar la relación beneficio/costo, para obtener mayores utilidades ( Malavolta, 1989).

La FAO(1966), define la fertilización óptima económica como la cantidad de fertilizante que produce la mayor ganancia por unidad de área; esta depende de la reacción en

rendimiento esperado debido a la humedad, el agua, el aire, tipo de suelo, cultivos y fertilizaciones anteriores, aereación del suelo, costo del fertilizante, del financiamiento, y de la magnitud del riesgo que el agricultor pueda correr ( Gudiel, 1987; Cooke, 1982).

Según Cooke(1982), una de las restricciones que impiden el uso de los fertilizantes en los países en vías de desarrollo, es el poco conocimiento sobre los aspectos básicos de la respuesta de los cultivos a los fertilizantes, y que la verdadera prueba de que los fertilizantes son benéficos, por dar rendimientos mayores que sus costos de aplicación, sólo puede hacerse mediante experimentos de campo.

Una base segura para hacer recomendaciones de fertilización, se obtiene, mediante la realización de experimentos de campo donde se evalúan diferentes cantidades de nutrimentos correctamente planeados, ejecutados y evaluados (Cooke, 1987; Gudiel,1987; FAO, 1984).

La máxima producción técnica, es la mayor producción que el cultivo está en capacidad de lograr en un sitio determinado, pero ésta no es siempre la que rinde el mayor beneficio económico (Cooke, 1982; FAO, 1980, 1966).

Ensayos para determinar la superficie de respuesta del cultivo, sirven para determinar a qué nivel, en el incremento de la cantidad de nutrimentos aplicados, será igual el beneficio económico obtenido al costo añadido al aplicarse esa cantidad (FAO,1980).

Al diseñar un experimento correctamente, se espera que los incrementos que se obtengan en rendimiento sigan la ley de los rendimientos decrecientes ( Ley de Mitscherlich ) o la ley del mínimo ( Ley de Liebig ). Una vez conducido el experimento, el problema consiste en encontrar la función que mejor se ajuste a los resultados obtenidos ( Rodríguez y Laird, 1977 ).

En la literatura se citan cuatro funciones de superficie de respuesta (Little y Hills, 1976; FAO,1966; Heady, 1961; Munson y Doll, 1959; Heady et al., 1955):

- Superficie cuadrática de respuesta.
- Fórmula de la raíz cuadrada.
- Fórmula de Coob-Douglas.
- Función de Mitscherlich-Baule.

Las relaciones estadísticas, comparaciones gráficas, el criterio y experiencia del investigador, son la base o guías de solución de las funciones de mejor ajuste (Heady y Dillon, 1961). Little y Hills(1976), apoyan lo anterior al afirmar que " algunas veces el conocimiento cabal y la experiencia con las variables estudiadas nos capacita para elegir un tipo de curva mas lógica que las demás ".

Rodríguez y Laird (1977), afirman que cuando se comparan varios modelos con el propósito de seleccionar estadísticamente la función que mejor se ajuste a los datos,

Cada parcela midió  $15 \text{ m}^2$ , formada por cuatro surcos de 5 m de largo, con una distancia entre surcos de 0.75 m. A cada lado de las orillas de las parcelas se dejó un espacio de dos metros. Cada fila de parcelas estuvo separada por un espacio de 2 m; cada bloque o repetición estuvo separado por un espacio de 4 m. Al principio y al final del ensayo existió un espacio de 2 m.

La parcela útil consistió de dos surcos centrales, a los cuales se les eliminó 0.5 m de borde en cada extremo, obteniéndose una parcela útil experimental de  $6 \text{ m}^2$ .

El análisis de muestras de suelo se realizó en el laboratorio de suelos del Departamento de Agronomía de la EAP (ver anexo I).

Los resultados del análisis de muestras de suelo indican que se tiene una textura franco - arcillosa, con un contenido de N bajo (0.156%) y un alto contenido de P (45.5 ppm), por lo cual las dosis de P en el ensayo se reducen. El contenido de materia orgánica es de 2.47% considerándolo bajo; el K es del orden de 380 ppm considerándolo adecuado, y el pH determinado es ácido (5.54).

## B. Trabajo Experimental

### 1. Manejo del Experimento

#### a. Preparación del Terreno

Al área experimental se le dio un pase de arado y dos de rastra. Se procedió a surcar a 0.75 m.

#### b. Siembra

La siembra se realizó el 19 de Diciembre, 1991. Se utilizó semilla certificada de maíz dulce variedad Golden Baby.

La semilla se sembró manualmente, a una distancia 0.75 m entre surcos y a 0.10 m entre planta, a una profundidad de 0.03 m. A densidad de 133,333 plantas/ha. Se colocaron tres semillas por postura. Se realizó una aplicación de Furadan 5 G a razón de 25 Kgs/ha. aplicado en el surco al momento de la siembra, para prevenir plagas del suelo.

La germinación se produjo a los 6 días después de la siembra. A los 20 días después de la germinación se realizó un raleo para dejar la población deseada.

c. Fertilización

Las dosis de aplicación de los fertilizantes se distribuyeron de la siguiente manera:

1) Nitrógeno

Cuatro dosis. La primera ( 25 % ) al momento de la siembra en bandas a 0.10 m de la semilla; la segunda, tercera y cuarta ( 25% cada una ), se realizó con 12 días de intervalo después de la primera en bandas a 0.10 m de la hilera de la planta.

2) Fósforo

Una sola aplicación al momento de la siembra en bandas a 0.10 m de la semilla.

La fuente de N fue urea ( 46 % de N) y la de P 0-46-0 ( 46  $P_2O_5$  ).

d. Combate de Malezas

Se realizó control químico de malezas presembrado con Gesaprin incorporado con Dual a una dosis de 2.1 lts/ha. Se realizó un control manual de malezas a los 24 días después de la siembra.

e. Gombate de Plagas

Se realizó control químico contra insectos, 18 días después de la siembra, se aplicó Lorsban a una dosis de 1.5 L/ha y a los 40 días se aplicó Volatón a una dosis de 26 Kg/ha.

f. Riego

El riego se realizó con una frecuencia media de 10 días.

g. Cosecha

La cosecha se realizó en las fechas 14 y 20 marzo de 1992. Se cosecharon los jilotillos de la parcela útil.

## 2. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados (BCA), con un arreglo factorial de 5 X 5 X 3 ( 25 tratamientos y 3 repeticiones ).

## 3. Tratamientos

Se evaluaron cinco niveles de fertilización nitrogenada y cinco niveles de fertilización fosforada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de Nitrógeno y Fósforo Evaluados.  
Ensayo EAP, 1991

Elemento	Dosis (kg/ha)				
Nitrógeno	0	50	100	150	200
Fósforo	0	25	50	75	100

\* Los niveles de P son en base a  $P_2O_5$

De la combinación de los niveles resultaron 25  
tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos que se Utilizaron en el Ensayo.  
EAP, 1991.

No. de Tratamiento	Factores	Tratamiento(Kg/ha)
1	N - P	0 - 0
2	N - P	0 - 25
3	N - P	0 - 50
4	N - P	0 - 75
5	N - P	0 - 100
6	N - P	50 - 0
7	N - P	50 - 25
8	N - P	50 - 50
9	N - P	50 - 75
10	N - P	50 - 100
11	N - P	100 - 0
12	N - P	100 - 25
13	N - P	100 - 50
14	N - P	100 - 75
15	N - P	100 - 100
16	N - P	150 - 0
17	N - P	150 - 25
18	N - P	150 - 50
19	N - P	150 - 75
20	N - P	150 - 100
21	N - P	200 - 0
22	N - P	200 - 25
23	N - P	200 - 50
24	N - P	200 - 75
25	N - P	200 - 100

\* Los niveles de P son en base a  $P_2O_5$



C. Recolección de los Datos

## 1. Agronómicos

a. Rendimiento

Se cosecharon los jilotes del área considerada como parcela útil, se contaron y pesaron en cada día de cosecha.

## 2. Económicos

a. Costos Fijos

Considerados como aquellos que no estuvieron afectados por cambios en la fertilización o la producción.

b. Costos Variables

Considerados aquellos que variaron con los distintos niveles de fertilización o producción.

c. Precios de Insumos y Producto

Se utilizaron precios de mercado al momento de compra (en el caso de los insumos) o de cosecha (en el caso del producto).

aún cuando el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y la suma de cuadrados de la regresión (SCDR), son expresiones que están relacionadas, las diferencias para tomar la decisión se aprecian mejor en la SCDR.

Obando(1980) en un experimento conducido en suelos ultisoles de Nicaragua para respuesta a N y P de la asociación maíz-frijol, concluye que los mejores resultados del ajuste lo logra con una función de respuesta cuadrática. A la misma conclusión llegaron Rodríguez y Laird (1977) y Bondalli *et al.* (1970) conduciendo sus propios experimentos en diferentes localidades.

Colyer y Kroth(1968),afirman que el mejor modelo de ajuste dependerá de los factores de clima y suelo que prevalezcan en la zona.

### III. JUSTIFICACION

El estudio se realiza como seguimiento a dos trabajos de investigación realizados anteriormente, para contribuir de esta manera a reducir el error experimental y considerando la variación anual. Obteniendo, en base a la unificación de los resultados de estos experimentos, representaciones en mejor forma al cultivo del maíz dulce en jilotillo en forma comercial.

#### IV. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

##### A. Alcances del Estudio

En lo referente a los resultados tanto técnicos y económicos obtenidos del presente estudio son útiles únicamente en zonas agroecológicas similares o iguales a las de El Zamorano, siendo necesario realizar investigaciones del mismo tipo en el lugar en el cual se van aplicar.

## V. MATERIALES Y METODOS

### A. Area Experimental

#### 1. Localización

Se llevó a cabo un ensayo, en la terraza 1 localizada en Colindres del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el valle del río Yeguaré a 35 Km al este de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 14 grados latitud norte y 87 grados con 2 minutos longitud oeste.

El sitio experimental se encuentra a una altitud aproximada de 800 msnm, con una temperatura media anual que oscila entre los 19 y 29 grados centígrados y con una precipitación entre los 1100 y los 1250 mm por año, la mayor parte distribuida en seis meses (Mayo-Octubre).

#### 2. Características

Se utilizó un área total de 2112 m<sup>2</sup> de terreno que incluye las parcelas experimentales, los bordes y las calles.

## D. Evaluación de los Datos

### 1. Agronómicos

#### a. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico de los datos (Programa SPSS), por medio de un análisis de varianza del modelo de regresión como un todo, y de las variables utilizadas en el análisis. Además se realizó un análisis de correlación y la prueba Durbin-Watson.

### 2. Económicos

Se determinó la función de mejor ajuste apropiada a los datos resultantes, utilizando el programa SPSS, seleccionando aquella función que presentara el  $r^2$  más alto, así como comparaciones gráficas. Para esto se usaron los programas LOTUS 123 Y FOXGRAPH.

Una vez determinada la función, se procedió a efectuar una derivación parcial de la misma, igualándola a cero para obtener la dosis de máxima producción física. Luego se igualó a la razón de los precios para obtener la dosis óptima económica de producción. Usando los mismos criterios se determinaron las dosis óptimas de producción física y

económica para niveles dados de N y P. Además, se determinaron los niveles de N y P para maximizar los beneficios, dado un nivel de presupuesto, y los niveles de N y P para producir a un costo mínimo una determinada cantidad de producto.

A través de un análisis comparativo se muestran las diferentes alternativas de producción dadas para los diferentes niveles de producción de N y P.

Se realizó un análisis de sensibilidad a cambios de precio, tanto de los insumos (N y P), como del producto (jilotillo).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. Análisis de Regresión: Ajuste de la Función.

En base a los datos de rendimiento ( anexo 1 a 3 ), obtenidos en los tratamientos de las tres repeticiones del ensayo, se estimó la función de superficie de respuesta de mejor ajuste.

La función cuadrática de superficie de respuesta fue la seleccionada, utilizándose como variables independientes N y P, sus efectos cuadráticos y la interacción NP. La variable dependiente fue rendimiento por hectárea.

La función estimada es:

$$Y = 3916.26 + 58.35N + 57.88P - 0.18N^2 - 0.27P^2 - 0.118NP$$

(660.5)    (10.1)    (20.3)    (0.045) (0.18) (0.076)

$$r^2 = .42997, n=25, \text{ Durbin Watson } 2.35$$

Donde:

Y= Rendimiento de jilotillo en Kg/ha.

N= Niveles de N aplicados en Kg/ha.

P= Niveles de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> aplicados en Kg/ha.

Los valores entre paréntesis son los errores estándar.



Las funciones de superficie de respuesta y  $r^2$  obtenidos en las tesis de Flores, J.C. 1990 y Carrera, M.A. 1991 son las siguientes;

Flores, J.C. 1990:

$$Y = 5325.59 + 79.04N + 58.13P - 0.319N^2 - 0.5665P^2 - 0.0918NP$$

(19.76) (32.79) (0.088) (0.2463) (0.11319)

$$r^2 = .801, n=16$$

Carrera, M.A. 1991:

$$Y = 4293.71 + 40.58N + 51.436P - 0.122N^2 - 0.3833P^2 - 0.2187NP$$

(6.468) (20.70) (1.0241) (0.247) (0.0617)

$$r^2 = .815, n=16$$

Al realizar comparaciones se escogió una dosis al azar de 125 Kg/ha de N y 60 Kg/ha de P, para ser reemplazada en las funciones de producción indicadas.

Se obtuvieron rendimientos estimados de 10,007.31 Kg/ha de jilotillo de la función ajustada del presente experimento, de 13,357.24 Kg/ha de jilotillo en la función ajustada obtenida por Flores, J.C. y 7,521.015 Kg/ha de jilotillo en la función ajustada obtenida por Carrera, M.A.

Las diferencias que se presentaron podrían ser atribuidas a las condiciones climáticas, a que fueron diferentes años (1990, 1991, 1992), al riego el mismo que se realizó en base a la disponibilidad de agua y no a las necesidades. También podría atribuirse a la variedad utilizada en el caso de Flores, J.C., fue maíz dulce var. pajimaca y en el de Carrera, M.A., el maíz híbrido (HR-10).

Los  $r^2$  son mayores que los obtenidos en el experimento. Se realizó un análisis de varianza ( cuadro 3 ). La regresión como un todo es estadísticamente significativa al 1%.

Cuadro 3. Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión. Ensayo EAP. 1992

Fuente	g.l.	S.C.	C.M.	F	Prob.	Signif.
Regresión	5	139319177.6	27863835.5	10.409	.0000	**
Residual	69	184704003.2	2676869.5			

\*\* = Significativo al 1 %.

También se analizó el grado de significancia de las variables del modelo de regresión ( cuadro 4 ). Este nos muestra que para N y P, hay una respuesta significativa, lo mismo para su interacción y el efecto cuadrático del N.

Cuadro 4. Grado de Significancia para las Variables en la Ecuación de la Función de Producción. Ensayo EAP. 1992

Variable	B	SE B	T	Prob.	Signif
NP	-.18815	.07557	-2.490	.0152	**
P <sup>2</sup>	-.26856	.18064	-1.487	.1417	n.s.
N <sup>2</sup>	-.18174	.04516	-4.024	.0001	**
P	57.87727	20.29736	2.851	.0057	**
N	58.35025	10.14868	5.750	.0000	**
Constante	2916.26853	650.53850	6.020	.0000	**

\*\* = Significativo al 1 %.

El efecto cuadrático del P es significativo al 14%.

### E. Respuesta a Nitrógeno

La respuesta a N fue significativa y positiva, estando de acuerdo con la ley de los rendimientos decrecientes. Observándose que incrementos en las unidades de Nitrógeno, incrementa la producción en niveles cada vez menores, hasta llegar a un punto (máxima producción física) en el que la adición de nitrógeno no aumenta la producción, provocando sin embargo su disminución.

### F. Respuesta a Fósforo

La respuesta al fósforo resulto positiva y significativa, lo cual está de acorde a la ley de rendimientos decrecientes. Sin embargo del alto contenido de P existente en el suelo donde se llevó a cabo el ensayo.

### G. Interacción de Nitrógeno y Fósforo

La interacción de N y P resultó negativa. La función global presenta un  $r^2$  bajo, sin embargo las variables analizadas y el modelo como un todo son significativos, observándose que a medida que se aumentan las dosis de N y P, se producen aumentos en el rendimiento hasta llegar a un máximo de ambos factores, después del cual la producción comienza a decrecer.

La superficie de respuesta se observa en la figura 1.

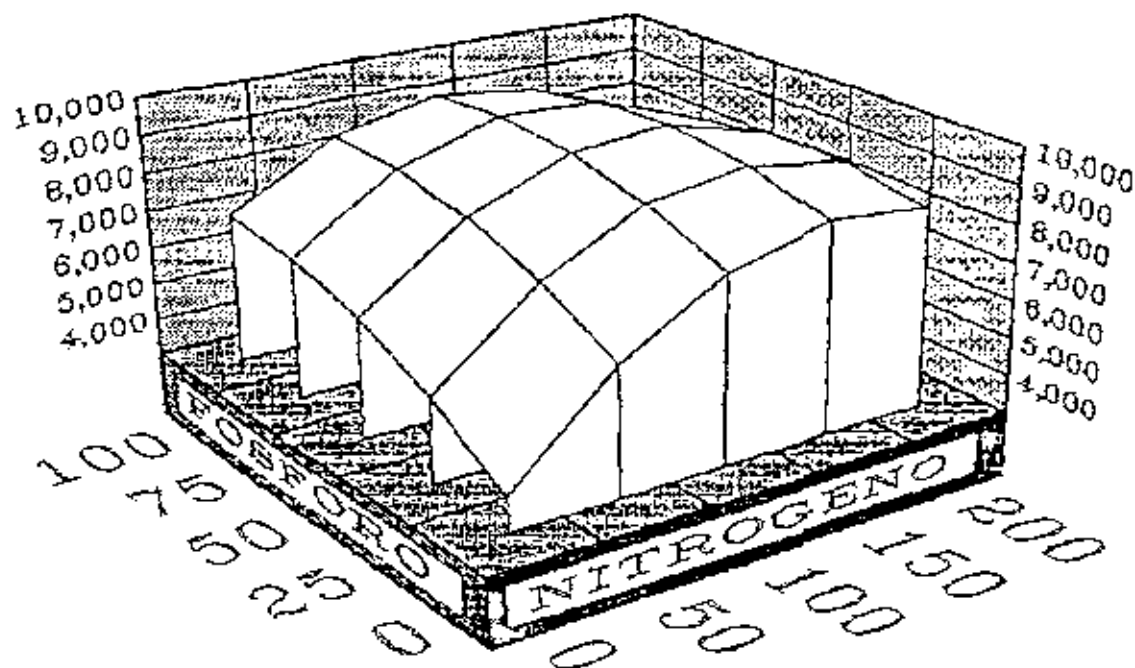


Figura 1 Superficie de respuesta del maíz dulce en jilotillo variedad Golden Baby, a niveles de N y P.

#### H. Precios de Insumos y Productos

El Cuadro 5 presenta el esquema de costos fijos, el Cuadro 6 presenta el esquema de costos variables y el Cuadro 7 presenta el resumen de los costos fijos y variables a un nivel de cero aplicación de fertilizantes. El precio de venta del jilotillo por Kilogramo es de Lps 2.92 (Cuadro 8).

Cuadro 5. Costos Fijos de Producción en Lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel Tecnificado Bajo Riego. EAP. 1992

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UNI	TOTAL	%
<b>MAQUINARIA</b>	hr/maq		Lps/ha	585.75	37.08
Arada		1.66	26.95	44.74	
Rastreada		0.80	60.45	48.36	
Surcada		0.60	47.35	28.41	
Asperjada		0.39	26.98	10.52	
Siembra y fert.		1.22	26.98	32.92	
Bombeo		30.00	18.34	550.20	
<b>SEMILLA</b>	Kg	15.00	3.10	46.50	2.41
<b>HERBICIDA</b>				100.86	5.23
Gesaprin	Kg	2.00	12.75	25.50	
Dual	L	2.00	37.68	75.36	
<b>INSECTICIDAS</b>				424.61	22.02
Furadan	Kg	25.00	12.28	307.00	
Lorsban	L	1.50	31.48	47.22	
MTD 600	L	0.50	60.00	30.00	
Volatón	Kg	12.00	3.37	40.39	
<b>MANO DE OBRA</b>	Jornal			641.30	33.26
Aplicación		12.00	12.10	145.20	
Deshierba		15.00	12.10	181.50	
Cosecha		26.00	12.10	314.60	
<b>COSTO FIJO TOTAL</b>				1928.42	100.00

Cuadro 6. Costos Variables de Producción en Lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel Tecnificado y a uno de Cero Aplicación de N y P. EAP. 1992

COSTO VARIABLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UN.	TOTAL	%
TRANSPORTE	Kg/jil	3916.27	0.026	101.70	100.00
FERTILIZANTES	Kg				
Urea		0.00	1.43	0.00	
Super Fosfato Triple		0.00	1.54	0.00	
COSTO VARIABLE TOTAL				101.70	100.00

\* Nivel de cero aplicación solo contempla el costo de transporte.

Cuadro 7. Resumen de Costos Totales de Producción en Lps/ha para el Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo a un Nivel de Cero Aplicación de N y P. EAP. 1992

CONCEPTO	CANTIDAD EN Lps.	%
Costo fijo total	1928.42	94.99
Costo variable total	101.70	5.01
COSTO TOTAL	2030.12	100.00

Cuadro 8. Precio del Jilotillo en Lps/Kg para el Mes de Marzo de 1992, en Tegucigalpa.

PRODUCTO	UNIDAD	PRECIO, Lps
Jilotillo	Kg	2.92

## VII. DETERMINACION DE LAS DOSIS OPTIMAS

### A. Optima Producción Física Sin Restricción

Para obtener el valor óptimo de producción de jilotillo, se determinará matemáticamente el punto donde la función alcanza su máximo, para lo cual es necesario que exista la siguiente condición :

$dY/dN = 0$  y  $dY/dP = 0$ , donde  $dY/dN$  y  $dY/dP$  representan la primera derivada parcial de la función de producción con respecto a N y P. Igualando a cero tanto la primera derivada parcial de la función de producción con respecto a N como la derivada parcial con respecto a P, obtenemos:

$$dY/dN = 58.35025 - 0.36348N - 0.18815P$$

$$dY/dP = 57.87727 - 0.53712P - 0.18815N$$

Procediendo luego a evaluar simultáneamente las dos ecuaciones, obteniendo así los niveles de N y P con los cuales la función alcanza el máximo, siendo este el máximo de producción física para dicha función.

El Cuadro 9 muestra los niveles encontrados, la producción alcanzada en ellos, costos incurridos e ingresos obtenidos en este nivel de producción.

Cuadro 9. Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, a un Nivel de Aplicación de 127.96 Kg de N y un Nivel de 62.93 Kg de P (Máximo de Producción Física). EAP. 1992.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS			Lps/Kg		
Producción	Kg	9470.59	2.92	27685.68	100.00
TOTAL INGRESOS				27685.68	100.00
COSTOS					
Costos fijos totales				1928.42	100.00
Costos variables					
Transporte	Kg	9470.59	0.026	245.93	28.78
Urea	Kg	278.17	1.43	397.82	46.56
Super fosfato Triple	Kg	136.81	1.54	210.71	24.66
Costo variable total				854.46	100.00
Costo total				2782.50	100.00
MARGEN TOTAL				24902.80	100.00

#### B. Optima Producción Económica Sin Restricción.

Para determinar los niveles óptimos de aplicación de N y P, y así lograr el máximo rendimiento económico, se obtiene matemáticamente el punto donde el valor del producto marginal del N ( $VPM_N$ ) y el valor del producto marginal de P ( $VPM_P$ ) se igualan a los precios de sus respectivos insumos.



Esto quiere decir que :

$$VPM_N = P_Y \quad \text{y} \quad VPM_P = P_P$$

$VPM_N = ( d Y/d N ) P_Y$  y  $VPM_P = ( d Y/d P ) P_P$ , donde  $P_Y$ ,  $P_P$ ,  $P_N$  son el precio Lps/Kg de la producción, del N y P, respectivamente.

A partir de lo anterior obtenemos lo siguiente:

$$VPM_N = P_Y ( 58.35025 - 0.36348N - 0.18815P ) 2.92 = 3.11$$

$$VPM_P = P_P ( 57.87727 - 0.53712P - 0.18815N ) 2.92 = 3.35$$

Resolviendo simultáneamente las ecuaciones se encuentran los niveles de N y P para alcanzar el punto óptimo de producción económica sin restricción de capital.

El cuadro 10 muestra los niveles encontrados, la producción y los costos e ingresos obtenidos a este nivel de producción.

Al comparar la máxima producción económica con el óptimo económico en lo referente a niveles de fertilización, se encuentra una diferencia no muy grande entre los niveles de N y P aplicados.

La máxima producción física requiere de niveles de: 127.96 Kg de N/ha y de 62.93 Kg de P/ha, para tener una producción de 9470.59 Kg de jilotillo/ha. El margen total de ganancia, fue mayor en el óptimo económico dejando Lps 24,908.58, mientras que el máximo fijo deja Lps 24,902.80.

Cuadro 10. Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, a un Nivel de Aplicación de 125.73 N y un Nivel de 61.58 de P (Máximo de Producción Económica). EAP. 1992.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS			Lps/Kg		
Producción	Kg	9468.63	2.92	27679.96	100.00
TOTAL INGRESOS				27679.96	100.00
COSTOS					
Costos fijos totales				1928.42	100.00
Costos variables					
Transporte	Kg/jil	9468.63	0.026	245.88	29.17
Urea	Kg	273.33	1.43	390.90	46.37
Super fosfato triple	Kg	133.87	1.54	206.18	24.46
Costo variable total				842.96	100.00
Costo total				2771.38	100.00
MARGEN TOTAL				24908.58	100.00

C. Niveles Optimos de Nitrógeno para la Máxima Producción Física Teniendo Diferentes Niveles Fijos de Fósforo

Para determinar los niveles de N necesarios para maximizar la producción física, dados diferentes niveles fijos de P, se obtiene matemáticamente el punto máximo de la función de producción, para lo cual es necesario que exista la condición:

$dY/dN = 0$ , o sea que la primera derivada parcial de la función con respecto a  $N$  sea igual a cero.

$$58.35026 - 0.36348N - 0.18815P = 0$$

$$N = 160.532216 - 0.517635P$$

Con esta ecuación se determinan los niveles necesarios de  $N$ , para alcanzar la óptima producción física para diferentes niveles de  $P$ . El Cuadro 11, muestra la producción, costos e ingresos para 5 niveles fijos de  $P$  ( 0, 25, 50, 75, 100 Kg/ha) a determinados niveles de  $N$ . Observándose que la producción llega a punto máximo y comienza a decrecer.

Cuadro 11. Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados niveles de  $N$ , Manteniéndose Niveles Fijos de  $P$  para Alcanzar Máxima Producción Física. Ensayo, EAP. 1992.

NIVELES		PRODUCCION	INGRESOS	COSTOS	MARGEN
P	N	HECTAREA	HECTAREA	HECTAREA	TOTAL
0	160.53	6726.36	19663.40	2673.40	16990.00
25	147.59	9433.81	27578.18	2354.23	24861.32
50	134.65	9438.57	27592.08	2716.87	24831.75
75	121.71	9168.49	26802.56	2760.34	23998.75
100	108.77	7034.55	20564.32	2803.81	17717.04

D. Niveles Optimos de Fósforo para la Máxima  
Producción Física Dados Diferentes  
Niveles Fijos de Nitrógeno.

Para determinar los niveles de P para alcanzar el máximo de producción física dados niveles fijos de N, es necesario que exista la condición :

$dY/dP = 0$ , es decir que la primera derivada parcial de la función de producción con respecto al P sea igual a cero.

$$57.87727 - .53712P - 0.18815N = 0$$

$$P = 107.7548 - 0.35029N$$

Con esta ecuación se determinan los niveles de aplicación de P considerando fijos diferentes niveles de N ( 0, 50, 100, 150, 200 Kg/ha ), los cuales se presentan en el Cuadro 12 con su respectiva producción, ingreso y costos. Al mantenerse el N fijo con los niveles de P encontrados, la producción llega a un máximo y luego decrece.

Cuadro 12. Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de P, Manteniéndose Niveles Fijos de N para Alcanzar Máxima Producción Física. Ensayo, EAP. 1992.

NIVELES		PRODUCCION HECTAREA	INGRESOS HECTAREA	COSTOS HECTARRA	MARGEN TOTAL
N	P				
0	107.76	8566.39	25042.41	2535.08	22507.33
50	90.24	9354.30	27345.75	2631.89	24713.86
100	72.73	9398.29	27474.32	2728.70	24745.62
150	55.21	8698.34	25428.14	2825.51	22602.63
200	37.70	8698.26	25135.58	2922.31	22213.27

E. Niveles Óptimos de Nitrógeno para la Máxima Producción Económica dados Diferentes Niveles Fijos de Fósforo.

Para determinar estos niveles se igualó el  $VPM_N$  al precio del N. Es decir que :

$$VPM_N = P_N, \text{ lo que nos resulta en:}$$

$$170.5772 - 1.06257N - 0.65002P = 3.11$$

$$N = 157.6062 - 0.51763P$$

A partir de esta ecuación se determinaron los niveles de N óptimos para la máxima producción económica dados diferentes niveles fijos de P ( 0, 25, 50, 75, 100 ) en Kg/ha, presentados en el Cuadro 13 con los niveles de producción, ingresos y costos respectivos. Para el óptimo económico, dejando niveles fijos de P y variando los niveles de N, se determina que el rendimiento llega a un máximo y posteriormente decrece.

Cuadro 13. Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de N, Manteniéndose Niveles Fijos de P para Alcanzar Máxima Producción Económica. Ensayo, EAP. 1992.

NIVELES		PRODUCCION	INGRESOS	COSTOS	MARGEN
P	N	HECTAREA	HECTAREA	HECTAREA	TOTAL
0	157.61	9058.46	26480.89	2664.30	23816.59
25	170.55	9090.34	25311.00	2788.24	23522.76
50	183.49	8423.92	24625.92	2912.17	21713.75
75	196.43	7329.18	21425.63	3036.11	18389.52
100	209.37	7033.32	20560.76	3160.05	17775.93

P. Niveles Optimos de Fósforo para la Máxima  
Producción Económica dados Diferentes

Niveles de Nitrógeno.

Estos niveles se determinaron al igualar el VPM<sub>p</sub> al precio del P. Esto es:

$$VPM_p = Pr_p, \text{ que corresponde a:}$$

$$169.1945 - 1.57018P - 0.550025N = 3.35$$

$$P = 105.6224 - 0.35029N$$

En base a esta ecuación se determinaron los niveles de P necesarios para alcanzar el óptimo de producción económica dados diferentes niveles de N.

El Cuadro 14, presenta los niveles de P encontrados utilizando la ecuación anterior, dados niveles de N de ( 0, 50, 100, 150, 200 ) en Kg/ha, con sus respectivos niveles de producción, ingresos y costos. En base a esto se determina que el rendimiento llega a un máximo y luego decrece.

Cuadro 14. Producción, Ingresos y Costos Lps/ha a Determinados Niveles de N, Manteniéndose Niveles Fijos de P para Alcanzar Máxima Producción Económica. Ensayo, EAP. 1992.

NIVELES		PRODUCCION HECTAREA	INGRESOS HECTARRA	COSTOS HECTAREA	MARGEN TOTAL
N	P				
0	105.62	8275.75	24192.77	2527.94	21664.83
25	123.14	8115.17	23723.33	2742.03	20980.97
50	140.65	6551.57	19152.42	2956.13	16196.29
75	158.17	3584.97	10480.06	3170.22	7309.84
100	175.68	3916.27	11448.65	3384.31	8064.24

G. Determinación de los Niveles de Nitrógeno  
y Fósforo para Maximizar la Producción  
Con Restricciones de Presupuesto.

Para esto se siguieron los pasos siguientes:

1. Senda de expansión

La senda de expansión (SE) es definida por :

$$\frac{dY/dN}{dY/dP} = \frac{P_N}{P_P}$$

Lo anterior resulta en:

$$\frac{58.35025 - 0.36348N - 0.18815P}{57.87727 - 0.53712P - 0.18815N} = \frac{3.11}{3.35}$$

Resolviendo para N obtenemos :

$$SE = N = 24.406 + 1.6454P$$

Las líneas frontera son:

$$N = 157.6062 - 0.51763P$$

$$N = 301.5250 - 2.85474P$$

Las líneas frontera que definen las etapas de producción de la función encontrada, junto con la senda de expansión nos muestran los puntos por donde se va creciendo o contrayendo dependiendo de las restricciones, ambas se muestran en la figura 2. La senda de expansión se utiliza en la resolución de restricción de presupuesto y cantidad estipulada a producir.

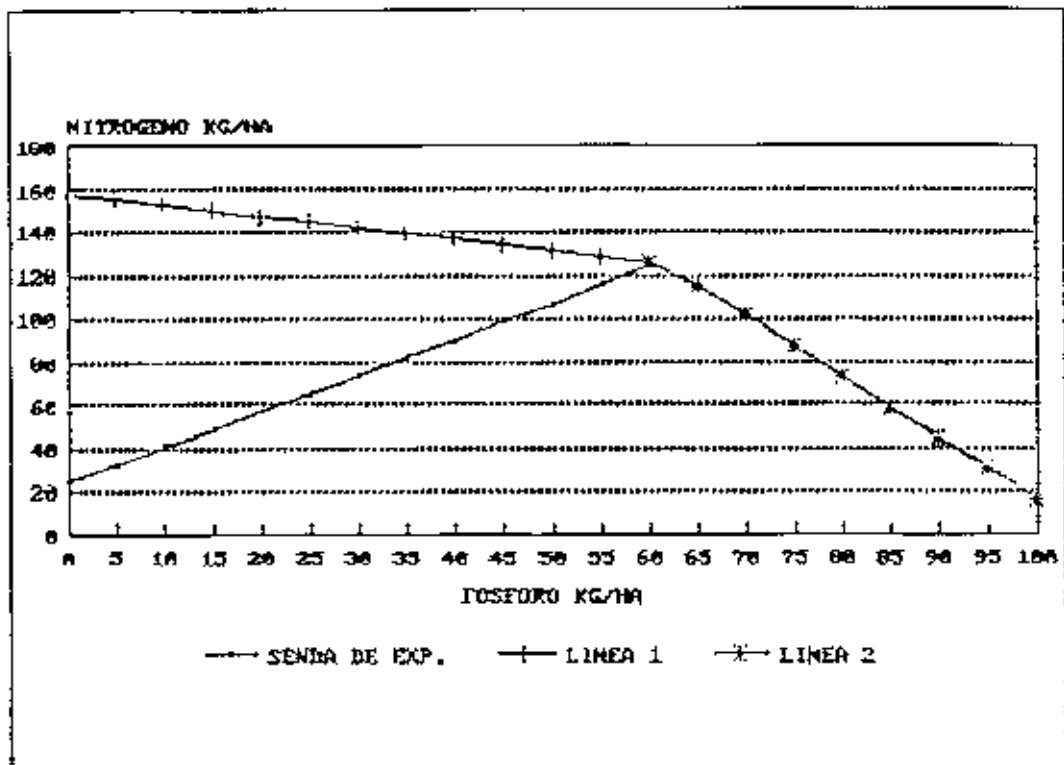


Figura 2 Senda de expansión y líneas frontera para la función de producción.

## 2. Presupuesto

Este se determinó en base a las disponibilidades de efectivo. Se considera en el presente estudio que se cuenta con Lps 180.00 por hectárea (  $N = 180$  ) para la compra de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

Al igualar la función de costo variable al presupuesto dado, se obtiene la ecuación de isocosto (ISC).

$$CV = P_N N + P_P P$$

$$CV = 3.11N + 3.35P$$

$$M = \text{Presupuesto máximo}$$



$$CV = M$$

$$M = 3.11N + 3.35P$$

$$N = 57.878 - 1.08P$$

La figura 3 muestra la línea de ISC para el presupuesto dado de Lps 180.00 por ha en fertilización.

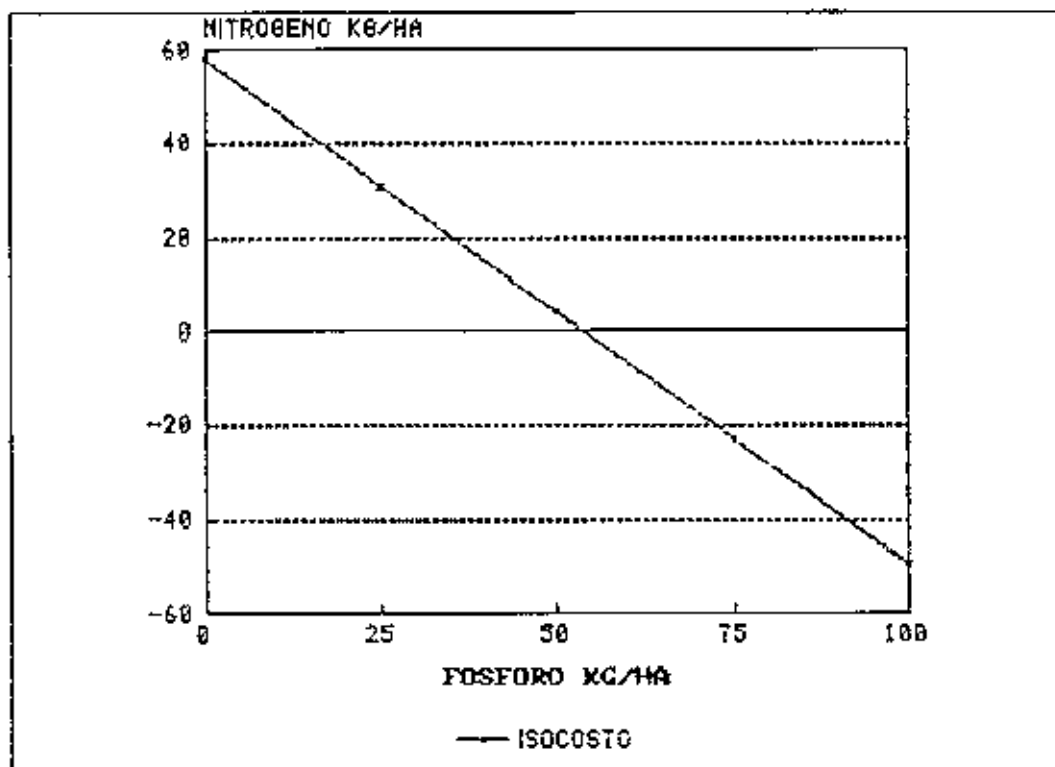


Figura 3 Línea de isocosto para un presupuesto de 180 Lps/ha.

### 3. Maximización de Producción con Restricción de Presupuesto.

Al tener un presupuesto restringido, para obtener el máximo de producción, se resuelve simultáneamente la ecuación de la senda de expansión y la ecuación de isocosto.

Sustituyendo  $M = 80$  en la ecuación, se obtiene:

$$N = 57.878 - 1.08P. \text{ Siendo la senda de expansión:}$$

$$N = 21.406 + 1.6454P$$

Resolviendo simultáneamente las ecuaciones se obtienen los niveles de N y P requeridos para maximizar ganancias dado un presupuesto de Lps 180.00 por ha.

La figura 4, muestra la resolución gráfica. El cuadro 15 presenta la producción, ingresos y costos al nivel encontrado, según el presupuesto dado. Se nota que el gasto total en fertilizantes es de Lps 180.00 (Lps 138.77 para el N y Lps 39.13 para el P). Alcanzándose una producción de 6726.36 Kg/ha de jilotillo a ese nivel de aplicación de N y P.

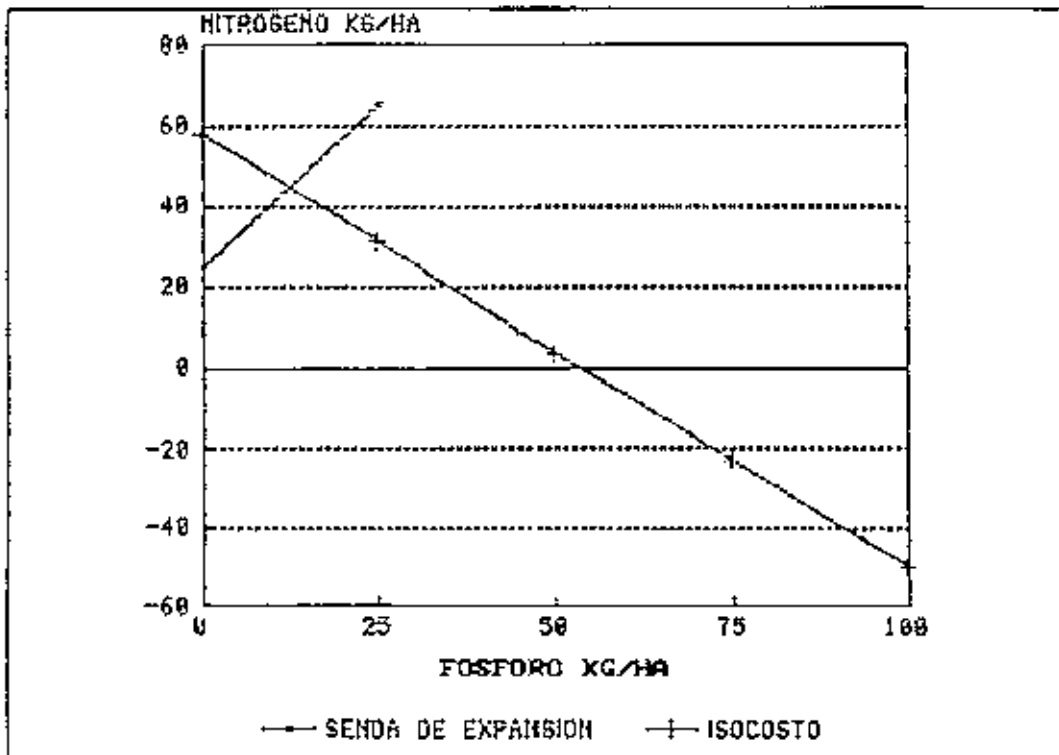


Figure 4 Resolución gráfica para determinar los niveles de N y P dado un presupuesto.

Cuadro 15. Producción, Ingresos y Costos por Hectárea del Cultivo de Maíz Dulce en Jilotillo, Obtenidos dado un M = Lps 180.00 por ha. EAP. 1992.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS			Lps/Kg		
TOTAL INGRESOS				19663.40	100.00
COSTOS					
Costos fijos totales				1928.42	100.00
Costos variables					
Transporte	Kg/jil	6726.36	0.026	174.67	49.26
Urea	Kg	97.03	1.43	138.77	39.13
Super fosfato triple	Kg	26.73	1.54	41.16	11.61
Costo variable total				354.61	100.00
Costo total				2154.64	100.00
MARGEN TOTAL				17508.76	100.00

#### 4. Cantidad a Producir

Al necesitarse producir cantidad determinada de jilotillo para cubrir requerimientos, resulta necesario determinar los niveles de N y P que minimizan los costos para producir dicha cantidad. La producción esperada (Yr) para cubrir los requerimientos en este estudio es de 6726.36 Kg/ha, que es la cantidad que se obtuvo cuando se estimaron los niveles de N y P para un presupuesto de Lps 180.00.

La ecuación de isocuanta (ISQ) se obtiene al igualar la función de producción (Y) a la producción requerida (Yr), siendo esta:

$Y = Y_r$ , donde

$$Y_r = 3916.27 + 58.35N + 57.88P - 0.18N^2 - 0.27P^2 - 0.18815NP$$

Al igualarlas y resolviendo para N obtenemos la ecuación de ISQ:

$$N = \frac{162.08 - 0.522P - (6224.436 + 19.716P - 0.15899P^2 - 0.71928)^{1/2}}{0.36}$$

La figura 5 presenta la isocuanta de producción de 6726.36 Kg/ha de jilotillo, y determina las diferentes combinaciones de N y P para producir esta cantidad requerida.

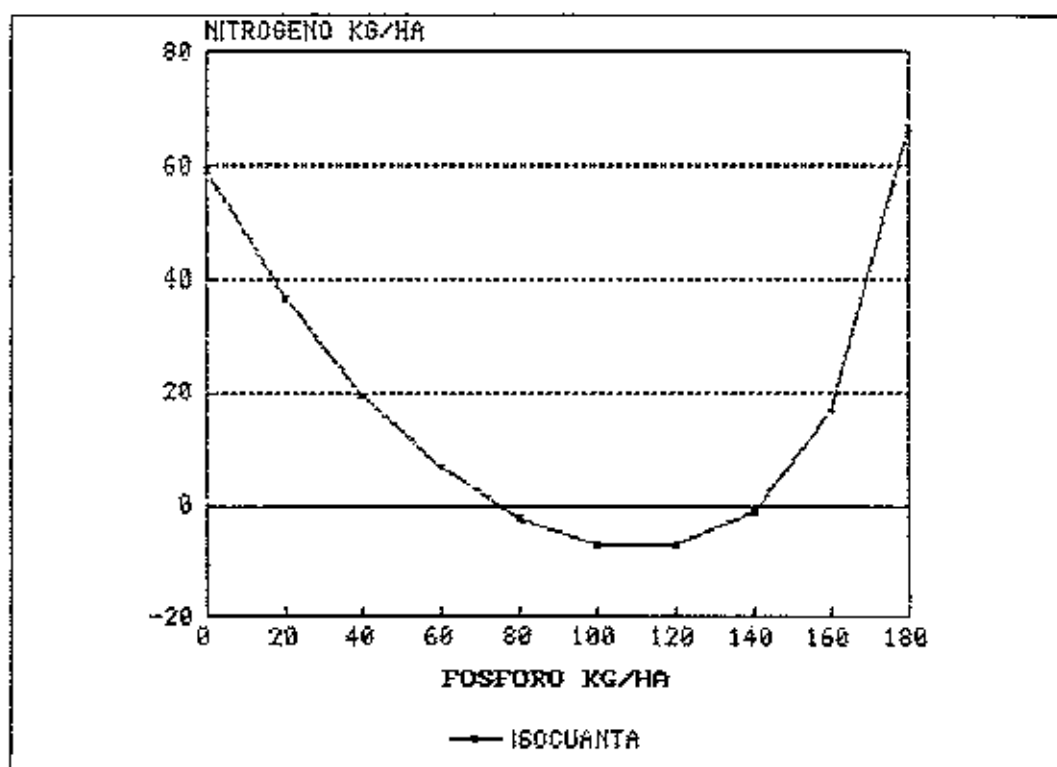


Figura 5 Curva de isocuanta para la producción de 6726.36 kg/ha.

5. Minimización de los Costos con una Restricción  
en la Cantidad a Producir.

Resolviendo simultáneamente la ecuación de la senda de expansión con la ecuación de la isocuanta y sustituyendo la  $Y_r = 6726.36$  Kg/ha de jilotillo en esta última, obtenemos los niveles de N y P que minimizan los costos para esta producción requerida.

Esto es:

La ecuación de la isocuanta sustituida la  $Y_r$  es:

$$N = 162.08 - 0.522P - \frac{(5224.436 + 19.716P - 0.15899P^2 - 0.71928)^{1/2}}{0.36}$$

La ecuación de la senda de expansión es:

$$N = 24.406 + 1.6454P$$

Los niveles de N y P que minimizan los costos para obtener una producción de 6726.36 Kg/ha de jilotillo son:

$$N = 44.6356 \text{ Kg/ha.}$$

$$P = 12.2942 \text{ Kg/ha.}$$

La figura 6 muestra la resolución gráfica. Se observa que con una cantidad de 6726.36 Kg/ha de jilotillo, los niveles son los mismos que los encontrados para un  $M = 180.00$  Lps/ha.

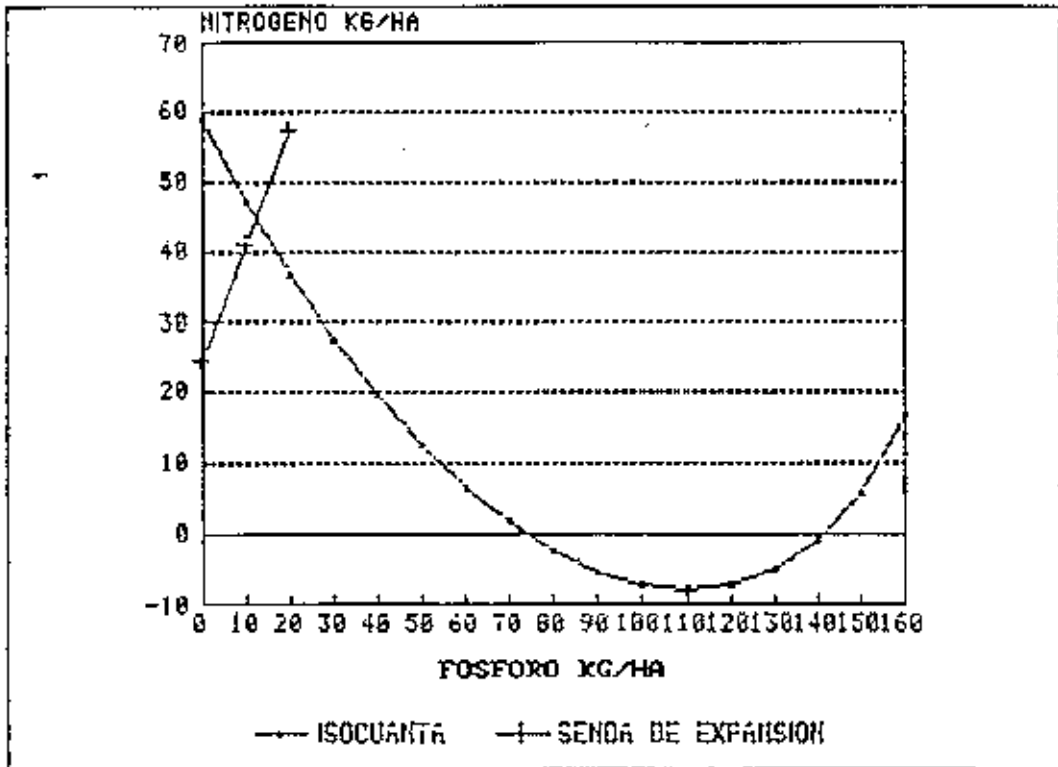


Figura 6 Resolución gráfica para encontrar N y P en una producción determinada.

## VIII. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Se analizó la variación en los resultados que se obtendrían al modificarse tanto el precio de los insumos ( N y P ), como del producto (jilotillo). Se supusieron cambios en el precio del jilotillo hasta de un 20% para arriba o para abajo del precio real.

En lo referente al precio de los insumos se considera improbable las bajas en sus precios, por esto se evaluaron incrementos probables del orden del 20%, 40% y 60%. Los cambios ocurren en el mismo momento en ambos factores.

EL cuadro 16 presenta los márgenes brutos de ganancia obtenidos. Se observa que a medida que aumenta el precio de los insumos y disminuye el precio del producto, los ingresos disminuyen en menor proporción que si sólo uno de los cambios se realizara. Al aumentar el precio de los jilotillos el ingreso incrementa. Cambios proporcionales a los insumos y producto no afectan tanto los ingresos encontrados.

Quadro 16. Análisis de Sensibilidad para Cambios en los Precios de los Insumos y del Producto y su Defecto en Margen Bruto de Ganancia. EAP. 1992.

INCREMENTO DEL PRECIO FERTILIZANTE	PRECIO DEL JILOTILLO		
	2.34	2.92	3.51
20 %	19253.17	24787.16	30325.16
40 %	19133.76	24669.75	30205.74
60 %	19014.34	24550.33	30086.33



## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Conclusiones

1. La función cuadrática fue la que mejor se ajustó a los datos observados de los factores estudiados.
2. El máximo rendimiento físico de 9470.59 Kg/ha para el maíz dulce en jilotillo var. Golden Baby se obtuvo a un nivel de aplicación de 127.96 Kg/ha de N y 62.93 Kg/ha de P. Al utilizar niveles mayores a éstos los rendimientos marginales comienzan a decrecer.
3. El óptimo económico de 9468.63 Kg/ha para el maíz dulce en jilotillo var. Golden Baby se alcanzó a un nivel de aplicación de 125.73 Kg/ha de N y 61.58 Kg/ha de P. Estos con los precios de los insumos y productos existentes durante el experimento. Al utilizar niveles mayores a estos se incrementa el rendimiento físico hasta cierto nivel, pero los beneficios obtenidos se reducen.
4. El máximo rendimiento físico como económico alcanzados aunque menores a los obtenidos en la tesis de Flores(1990), de 13287.03 y 13285.26 kg/ha respectivamente, se obtuvieron a niveles de aplicación similares siendo en ésta de 133.71 Kg/ha de N y 61.41 Kg/ha de P para el máximo rendimiento físico; y

133.42 Kg/ha de N y 60.17 Kg/ha de P para el máximo rendimiento económico. Esta diferencia muy pequeña posiblemente se deba a la diferencia de variedad y de suelos en los experimentos realizados.

5. Los rendimientos, así como los niveles de N y P, encontrados para la máxima producción física como económica son muy similares, debido a la relación de los costos de los insumos y el precio del producto.

6. Es importante tener presente que el análisis económico se realizó en base a precios existentes durante el desarrollo del ensayo, por esto es necesario realizar un análisis de sensibilidad ante posibles modificaciones en el precio tanto de los insumos como del producto, para observar el comportamiento de los costos y el producto.

7. La senda de expansión nos presenta todas las combinaciones óptimas posibles a diferentes niveles de producción cuando se tienen restricciones de un insumo.

#### B. Recomendaciones

1. En la siembra de maíz dulce en jilotillo se deben utilizar los niveles de N y P que maximicen la utilidad, dependiendo de la disponibilidad de insumos.

2. No se debe tratar de compensar la falta de uno de los factores aplicando un exceso del otro, ya que en esta forma no se incrementan los rendimientos, mas bien se reducen.

3. La información obtenida en este experimento, puede servir de base para que en años futuros se realicen ensayos similares, contribuyendo de esta manera a reducir el error experimental debido a factores como el clima, época de siembra, e incidencia de plagas.

## X. RESUMEN

En la Escuela Agrícola Panamericana se llevó a cabo un ensayo, con el propósito de determinar la función de superficie de respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada del cultivo de maíz dulce en jilotillo var. Golden Baby y utilizando la metodología del análisis económico se evaluó la producción, obteniendo recomendaciones tanto técnicas como económicas sobre los niveles óptimos de aplicación de N y P.

El diseño experimental utilizado, fue el de bloques completamente aleatorizados, con un arreglo factorial de  $5 \times 5 \times 3$  ( 25 tratamientos y 3 repeticiones ).

El análisis estadístico se realizó por medio de la regresión múltiple; basándose en el  $r^2$  se ajustó la función del tipo cuadrático con la interacción de N y P, siendo la siguiente:

$$Y = 3916.26 + 58.35N + 57.88P - 0.18N^2 - 0.27P^2 - 0.1188NP$$

Se obtuvo un  $r^2$  de .42997

Los niveles encontrados fueron:

Para máxima producción física:

$$N = 127.96 \text{ kg/ha}$$

$$P = 62.93 \text{ kg/ha}$$

Para óptima producción económica:

$$N = 125.73 \text{ kg/ha}$$

$$P = 61.68 \text{ kg/ha}$$

Además se obtuvieron las ecuaciones para:

La senda de expansión:

$$N = 24.406 + 1.6454P$$

La curva de isocosto para un presupuesto de

Lps 180/ha:

$$N = 57.878 - 1.08P$$

La curva de isocuanta:

$$N = 162.08 - 0.522P - \frac{(5224.436 + 19.716P - 0.15899P^2 - 0.71928P)^{1/2}}{0.36}$$

Se realizó un análisis dadas diferentes restricciones tanto de insumos, de capital y de producción.

Se muestra también un análisis de sensibilidad a cambios en los precios de los insumos y los productos.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, S.R.; LENG, E.R. 1974. Producción moderna de maíz. Buenos Aires, Arg., Editorial Hemisferio Sur. 308p.
- BARRY, D.A.; MILLER, M. 1989. Phosphorus nutritional requirement of maize seedlings for maximum yield. *Agronomy Journal Economic (EE.UU.)* 81:95-96.
- BISCHOP, C.E.; TOUSSANT, W.D. 1988. Introducción al análisis de economía agrícola. México, D.F., Editorial Limusa. 262p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DEL MAIZ Y TRIGO. 1980. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, D.F., CIMMYT. 79p.
- CIBA-GEIGY. 1979. Maize. Switzerland, CIBA-GEIGY. 105p.
- COLYER, D.; KROTH, M. 1968. Corn yield response and economic optimum for nitrogen on treatments and plant population over a seven years period. *Agronomy Journal(EE.UU.)*. 60:524-529.
- COOKE, G.W. 1987. Fertilizantes y sus usos. Trad. del Inglés por Alonso Blackaller Valdes. México, D.F., Continental. 180p.
- COOKE, G.W. 1982. Fertilizing for maximum yield. 3ed. New York, Macmillan. 405p.
- CURRY, P. A., 1989. Evaluación económica de la respuesta de maíz híbrido H-27 a la aplicación de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosforada en la Escuela Agrícola Panamericana. Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 96p.
- DURAN, J. A. 1990. Efecto de seis densidades de siembra y evaluación de dos niveles de N sobre el rendimiento de jilotillo (*Zea mays L.*) cv. "Golden Baby". Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 74p.

- FAO (ITALIA). 1984. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. Roma, FAO. 66p.
- \_\_\_\_\_. 1966. Estadística de la respuesta de los cultivos al abonado. Roma, FAO. 54p.
- \_\_\_\_\_. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Roma, FAO. 54p.
- \_\_\_\_\_. 1980. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. Roma, FAO. 54p.
- FLORES, J. C. 1990. Evaluación económica de la respuesta de maíz dulce en jilotillo a la aplicación de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosforada en la Escuela Agrícola Panamericana. Tesis Ing. Agr., Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 65p.
- GREEN, C.L. 1974. Determinación de la época de aplicación de nitrógeno complementario en el maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agr., Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 32p.
- GUDIEL, V. 1987. Manual Agrícola SUPERB. 6 ed. Guatemala, Gua., Modernas. 393p.
- LITTLE, T., HILLS, J. 1976. Metodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trad. del Inglés por María Isabel Silveria de Jasa y Roberto A. Flores Alcantara. México D.F., Trillas. 209p.
- LLANOS, M. 1984. El maíz, si cultivo y su aprovechamiento. Madrid, España, Editorial Mundiprensa. 318p.
- LUCHISINGER, A. 1975. Relación entre el rendimiento y sus factores en líneas e híbridos de maíz a dos densidades de siembra. Chile, Universidad de Chile. Investigación Agrícola v(1):72.
- LUGO, C. 1967. Eficiencia del isótopo N-15 en la determinación del N en maíz. Perú, MDA. 32p.
- MALAVOLTA, E. 1988. Corrección de suelos ácidos para un máximo rendimiento económico. Fersan Informa (R.D.) no. 47:29-30.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA(Salv.). 1973. Analisis económico de fertilización en cinco hortalizas en San Andrés. San Salvador, Salv. 47p.

- OBANDO, J. M. 1980. Respuesta de la asociación maíz (*Zea mays* L.)-frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de nitrógeno y fósforo en ultisoles. Tesis Ing. Managua, Nicaragua, Universidad, Facultad de Agronomía. 76p.
- RODRIGUEZ, H. Y LAIRD, J. 1977. Comparación de cuatro modelos matemáticos y de un modelo gráfico en la estimación de niveles óptimos económicos de fertilización en el cultivo de sorgo temporal en la zona oeste de el Bajío. *Agrociencia (Méx.)*. no. 27: pp.155-176
- SARITA, V. 1988. Contenido alimenticio de diversas hortalizas. *Fersan Informa (R.D.)* No. 43:8-9.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. al español por Jorge Balasch y Carmen Piña. México, D.F., UTEHA. 760p.
- VITOSH, M., LUCAS, R. y BLACK, R. 1974. Effect of nitrogen fertilizer on corn yield. Michigan, MSU, MSU. Extension Bulletin Farm Sciences Series. no. 12. 6p.
- YODPETCH, C. AND BAUTISTA, O. 1983. Young cob corn: Suitable varieties, nutritive Value and optimum stage of maturity. *Phil. Agr.* 66:232-244.



XII. ANEXOS

ANEXO 1. Resultados de la variable rendimiento en la repelición I. Ensayo EAP. 1982.

Tratamiento	Nivel N	Nivel P	Rend. Kg/ha
1	0	0	4391.85
2	0	25	5165.91
3	0	50	6992.22
4	0	75	5704.72
5	0	100	7389.20
6	50	0	6103.02
7	50	25	6976.77
8	50	50	7895.59
9	50	75	10753.27
10	50	100	9622.10
11	100	0	8791.61
12	100	25	9187.35
13	100	50	8087.49
14	100	75	9837.28
15	100	100	8438.71
16	150	0	5906.15
17	150	25	13004.59
18	150	50	11910.74
19	150	75	10438.87
20	150	100	10290.81
21	200	0	7604.87
22	200	25	10191.36
23	200	50	9836.58
24	200	75	9439.89
25	200	100	7301.82

ANEXO 2. Resultados de la variable rendimiento en la repetición II. Ensayo EAP. 1992.

Tratamiento	Nivel N	Nivel P	Rend. Kg/ha
1	0	0	4053.98
2	0	25	4665.86
3	0	50	5684.67
4	0	75	5189.70
5	0	100	6279.17
6	50	0	7040.13
7	50	25	6198.40
8	50	50	7654.37
9	50	75	9248.17
10	50	100	6819.93
11	100	0	8403.73
12	100	25	6469.23
13	100	50	9669.23
14	100	75	9037.20
15	100	100	7079.92
16	150	0	6461.96
17	150	25	7309.85
18	150	50	6759.46
19	150	75	6545.35
20	150	100	6961.54
21	200	0	7465.37
22	200	25	5545.87
23	200	50	7546.87
24	200	75	6636.89
25	200	100	6279.17

ANEXO 3. Resultados de la variable rendimiento en la repetición III. Ensayo EAP. 1992.

Tratamiento	Nivel N	Nivel P	Rend. Kg/ha
1	0	0	4523.61
2	0	25	5408.79
3	0	50	4802.67
4	0	75	7885.73
5	0	100	8142.76
6	50	0	6851.13
7	50	25	7885.96
8	50	50	8189.86
9	50	75	7072.06
10	50	100	10199.92
11	100	0	7540.97
12	100	25	8580.63
13	100	50	12410.15
14	100	75	11980.12
15	100	100	7530.34
16	150	0	10003.73
17	150	25	9075.30
18	150	50	7741.87
19	150	75	8709.60
20	150	100	13353.35
21	200	0	10161.65
22	200	25	12442.90
23	200	50	8176.29
24	200	75	9252.97
25	200	100	7678.00