

EVALUACION ECONOMICA DE LA RESPUESTA DE MAIZ  
HIBRIDO (HR-10) EN JILOTILLO A LA APLICACION DE  
DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION  
NITROGENADA Y FOSFORADA EN LA  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICA

POR

*Mario Augusto Carrera Escobar*

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

MICROISIS:	4372
FECHA:	28/6/82
ENCARGADO:	<i>[Signature]</i>

---

MARIO AUGUSTO CARRERA ESCOBAR

Abril, 1991

EVALUACION ECONOMICA DE LA RESPUESTA DE MAIZ HIBRIDO (HR-10)  
EN JILOTILLO A LA APLICACION DE DIFERENTES NIVELES DE  
FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORADA EN LA  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA.

por  
Mario Augusto Carrera Escobar

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

-----  
Mario Augusto Carrera Escobar

Abril - 1981

## DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres y hermanos.

A la Familia Escobar.

A las Familias Martínez Mancía, García Sandoval y Sáenz  
García.

A Guatemala.

## AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Agrícola Panamericana, por moldear mi carácter y enseñarme que el trabajo lo vence todo.

A USAID/Guatemala y FOPECA por otorgarme la beca de estudios durante el último año.

Al Consejo de Asesores de Tesis, que en todo momento me brindaron sus conocimientos y dedicación.

A las Familias Dysli y Rojas, por toda su atención y cariño demostrado.

Al Colegio San Sebastián, en especial al Lic. Rolando Marroquín, por ser forjadores de temple.

A todos mis profesores que me transmitieron sus conocimientos

A mis compañeros, por haber aprendido de ellos.

## LISTA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION.....	1
A.- Objetivos.....	3
1.- General.....	3
2.- Específicos.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
A.- Aspectos técnicos.....	5
B.- Aspectos económicos.....	9
III. MATERIALES Y METODOS.....	13
A.- Área experimental.....	13
1.- Localización.....	13
2.- Características.....	13
B.- Trabajo experimental.....	14
1.- Manejo del experimento.....	14
a.- Siembra.....	14
b.- Fertilización.....	15
1) Nitrógeno.....	15
2) Fósforo.....	15
c.- Control fitosanitario.....	15
d.- Riego.....	16
e.- Cosecha.....	16
2.- Diseño experimental.....	16
3.- Tratamientos.....	16
C.- Recolección de los datos.....	17
1.- Agronómicos.....	17
a.- Rendimiento.....	17
2.- Económicos.....	17
a.- Costos fijos.....	17
b.- Costos variables.....	17
c.- Precios de insumos y productos.....	17
D.- Evaluación de los datos.....	18
1.- Agronómicos.....	18
a.- Análisis estadístico.....	18
2.- Económicos.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
A.- Análisis de varianza.....	20
B.- Análisis de regresión: Ajuste de la función.....	20
C.- Respuesta a Nitrógeno.....	21
D.- Respuesta a Fósforo.....	21
E.- Interacción entre Nitrógeno y Fósforo.....	22
F.- Precios de insumos y productos.....	22
V. DETERMINACION DE LAS DOSIS OPTIMAS.....	25
A.- Optima producción física sin restricción.....	25
B.- Optima producción económica sin restricción.....	27
C.- Niveles óptimos de Nitrógeno para máxima producción física, dados diferentes niveles fijos de Fósforo.....	30
D.- Niveles óptimos de Fósforo para máxima producción física, dados diferentes niveles	

fijos de Nitrógeno.....	31
E.- Niveles óptimos de Nitrógeno para máxima producción económica, dados diferentes niveles fijos de Fósforo.....	32
F.- Niveles óptimos de Fósforo para máxima producción económica, dados diferentes niveles fijos de Nitrógeno.....	33
G.- Determinación de los niveles de Nitrógeno y Fósforo para maximizar producción con restricción de presupuesto o cantidad.....	34
1.- Senda de expansión.....	34
2.- Presupuesto.....	36
3.- Maximización de producción con restricción de presupuesto.....	38
4.- Cantidad a producir.....	40
5.- Minimización de costos con una restricción en la cantidad a producir.....	42
VI. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	44
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
A.- Conclusiones.....	45
B.- Recomendaciones.....	46
VIII. RESUMEN.....	48
IX. BIBLIOGRAFIA.....	50
X. ANEXOS.....	53

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Niveles de Nitrógeno y Fósforo evaluados. Ensayo EAP. 1990.....	17
Cuadro 2.	Tratamientos que se utilizaron. Ensayo EAP. 1990.....	18
Cuadro 3.	Esquema de análisis de varianza utilizado. Ensayo EAP. 1991.....	19
Cuadro 4.	Análisis de varianza para rendimiento. Ensayo EAP. 1991.....	20
Cuadro 5.	Costos fijos de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo a un nivel tecnificado bajo riego.....	23
Cuadro 6.	Costos variables de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo a un nivel tecnificado y cero aplicación de N y P.....	24
Cuadro 7.	Resumen de costos totales de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo, a un nivel de cero aplicación de N y P.....	24
Cuadro 8.	Producción, ingresos y costos por ha. del cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo, a un nivel de aplicación de 142.15 kg de N/ha y un nivel de 26.45 kg de P/ha (máximo físico).....	27
Cuadro 9.	Producción, ingresos y costos por ha del cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo, a un nivel de aplicación de 138.23 kg de N/ha y un nivel de 25.77 kg de P/ha (máximo económico).....	29
Cuadro 10.	Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de N, manteniendo niveles fijos de P para máxima producción física. Ensayo, EAP. 1991.....	31
Cuadro 11.	Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de P, manteniendo niveles fijos de N para máxima producción física. Ensayo, EAP. 1991.....	32

C. 1001

1991

1991

Cuadro 12. Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de N, manteniendo niveles fijos de P para óptima producción económica. Ensayo, EAP. 1991.....	33
Cuadro 13. Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de P, manteniendo niveles fijos de N para óptima producción económica. Ensayo, EAP. 1991.....	34
Cuadro 14. Producción, ingresos y costos por ha del cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo obtenidos, dado un M=Lps 260.00 por ha Ensayo EAP.1991.....	40
Cuadro 15. Análisis de sensibilidad para cambios en los precios de los insumos y del producto. Ensayo EAP. 1991.....	44



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Superficie de respuesta del cultivo de Maíz Híbrido en Jilotillo a niveles de N y P.....	26
Figura 2. Senda de expansión y líneas frontera de la función de producción.....	35
Figura 3. Línea de isocosto para un presupuesto de Lps 260.00 por ha.....	37
Figura 4. Resolución gráfica para determinar los niveles óptimos de N y P dado un presupuesto.....	39
Figura 5. Curva de isocuanta para la producción de 7613.72 kg jilotillo/ha.....	41
Figura 6. Resolución gráfica parra encontrar N y P para una producción determinada.....	43

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis de suelo de la terraza 1, Vega 1. Ensayo EAP. 1990.....	54
Anexo 2.	Resultados de la variable rendimiento en la Repetición I. Ensayo EAP. 1991.....	54
Anexo 3.	Resultados de la variable rendimiento en la Repetición II. Ensayo EAP. 1991.....	55
Anexo 4.	Resultados de la variable rendimiento en la Repetición III. Ensayo EAP. 1991.....	56

## I. INTRODUCCION

En la época actual, el crecimiento demográfico es marcado en la mayoría de los países latinoamericanos, existiendo una demanda de alimento que se incrementa día a día.

Honduras posee pocas tierras con vocación netamente agrícola, lo cual crea la necesidad de incrementar la producción y la productividad por unidad de área. Una manera de alcanzar este incremento en producción y productividad, a corto plazo, es con el uso racional de fertilizantes (Cooke, 1982).

Por otra parte, es necesario presentar alternativas de producción que cubran, en forma parcial o total, las necesidades económicas y alimenticias del agricultor y que estén acordes a los recursos financieros del mismo. Entre estas alternativas, debemos considerar recomendaciones, tanto técnicas como económicas sobre los niveles de fertilización que se pueden usar.

Considerando que el jilotillo es un cultivo en el cual la parte aprovechable es el maíz en sus primeras etapas de formación, utilizado para consumo fresco y para la industrialización (como encurtido), se pensó en él como una alternativa para mejorar el nivel nutricional de la familia rural y que sea una fuente de ingresos para el productor.

Recientemente (año 1989 y principios de 1990), los fertilizantes han sufrido incrementos considerables en sus precios. Este aumento continuo en los costos de los abonos indica que cada vez se deben aplicar con mayor exactitud los niveles óptimos para lograr un rendimiento significativo y al mismo tiempo económico. De esta manera, todo agricultor que desee aplicar fertilizantes en el Jilotillo depende en gran medida del margen de beneficio en su aplicación. Según, Cooke (1982) y FAO (1966), la dosis óptima de aplicación de fertilizantes se conoce como: aquella cantidad de fertilizante que, dados sus costos y precios de venta, genera los mayores beneficios netos por hectárea. Ambos coinciden en que ésta, no es necesariamente la mayor producción física.

Es ampliamente conocido que no solo la fertilización incide directamente en el incremento de la producción de un cultivo. Existen otras variables (factores) como el clima, contenido de nutrientes en el suelo, época de siembra, densidad de siembra, incidencia de plagas, uso de variedades mejoradas, etc, que afectan los rendimientos obtenidos (FAO, 1980).

Por las consideraciones anteriores, se hace necesario realizar un estudio sobre fertilización del Jilotillo, considerando de manera especial el aspecto económico de su producción.

## A.- OBJETIVOS

### 1.- General

a.- Determinar la superficie de respuesta del maíz en Jilotillo a la fertilización nitrogenada y fosforada, bajo las condiciones agroecológicas de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.).

### 2.- Específicos

a.- Determinar la función matemática que mejor se ajuste a la respuesta de maíz en Jilotillo a la fertilización nitrogenada y fosforada.

b.- Determinar la dosis para máxima producción física de aplicación de fertilizante nitrogenado y fosforado.

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

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

e.- A partir de los resultados obtenidos con base en los

objetivos anteriores, formular una recomendación de fertilización nitrogenada y fosforada para las condiciones de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.).

## II. REVISION DE LITERATURA

### A.- Aspectos Técnicos

Para lograr aumentar la producción y productividad agrícola, propagar la aplicación racional de fertilizantes es uno de los medios técnicos más eficaces, incluso, mejor que el uso de agua o semillas mejoradas (Sen 1966, Llanos 1964, Moyle y Col., 1962).

Además, se mencionan dos razones fundamentales para incrementar el uso de fertilizantes:

1.- Aumentar la producción de comida para una población creciente.

2.- Incrementar los beneficios de los agricultores, tomando en cuenta el aspecto de uso racional para lograr los resultados productivos y económicos deseados (Cooke 1962).

Luchsinger (1975) dice "Los rendimientos incrementales en la producción de Maíz a nivel mundial, han sido posibles por el aumento de los niveles de fertilización, mejores híbridos y aumento en la densidad de siembra".

Cooke (1982) afirma "El poco conocimiento sobre aspectos básicos de la respuesta de los cultivos a los fertilizantes es una de las causas que impiden el uso de los fertilizantes en los países en desarrollo; añadiendo que la verdadera prueba de

que los fertilizantes son benéficos, por dar rendimientos mayores que sus costos de aplicación, solo puede probarse por experimentos de campo".

Durante las primeras etapas de la planta, la cantidad de nutrimentos que toma es pequeña, pero es muy importante que cuente con la cantidad apropiada, para que su futuro desarrollo no se limite (National Plant Food Institute, 1984).

El nitrógeno (N) es uno de los elementos utilizados en mayor cantidad por las plantas. Es tomado principalmente del suelo y las plantas lo necesitan en grandes cantidades; aunque lo anterior varía de lugar a lugar, de estación a estación y entre sistemas de cultivo y manejo. Su concentración en el suelo varía considerablemente; ya que varios factores determinan su disponibilidad para las plantas y además, se pierde por lixiviación hasta un 40 a 50% o más del N aplicado (Bartholomew, 1972; Perdomo y Hampton 1970).

La aplicación del N fraccionado ha dado los mejores resultados, debido a la variación en su absorción por las plantas en los diferentes estados de su desarrollo. Estas etapas en Maíz son: La primera, de emergencia a un mes antes de la aparición de los estigmas; la segunda se presenta durante el mes de aparición de los estigmas y la tercera etapa llega hasta la madurez fisiológica. Esto indica que parte del N, debe ser aplicado al momento de la siembra, el remanente puede ser aplicado en dos o más aplicaciones complementarias (Krants, 1974; Olson y Col., 1974; Aldrich, 1965; Krantz y



Chandler, 1954).

Por otro lado, la falta de disponibilidad de N limita el rendimiento de los cultivos más que cualquier otro elemento. Estos efectos limitantes se observan principalmente en el rendimiento y calidad del grano (Llanos, 1984; FAO, 1980).

El Fósforo (P) se considera un elemento ineficiente, ya que solamente entre un 10 a 30% de P aplicado es usado por la planta. A pesar de lo anterior, es muy importante que la planta lo tome, principalmente durante las primeras etapas de desarrollo (Cooke, 1982).

Entre las funciones del P se encuentra su efecto sobre el desarrollo y establecimiento del sistema radical. Como se menciona en el párrafo anterior, el P es un elemento ineficiente, lo cual es debido en parte a que es poco móvil en el suelo, razón por la cual se recomienda aplicar toda la dosis de P al momento de la siembra, y de esta manera evitar el daño de raíces con aplicaciones posteriores al tratar de incorporarlo. El P también tiene efecto en el desarrollo y llenado del grano (Llanos, 1984; Cooke, 1982; Krantz y Chandler, 1954; American Society of Agronomy, 1966).

Lorenz y Mayard (1988) mencionan: "El P puede ser fijado en el suelo en forma no aprovechable para las plantas. Por otro lado las raíces no siempre alcanzan las profundidades necesarias para aprovechar este elemento, donde puede encontrarse disponible para ser absorbido".

En un suelo cuyo contenido promedio de P es de 25ppm,

Osorio (1979) indica que la dosis óptima de P para alcanzar el rendimiento más alto fue de 40 kg/ha, sin encontrarse respuesta a dosis más altas de este elemento".

Salas (1970) indica que actualmente la tendencia al consumo de hortalizas en estado fresco, ha contribuido a la producción de maíz para jilotillo, lo cual representa consumir el fruto de maíz en su etapa inicial de desarrollo. El conocer una densidad óptima de siembra en este cultivo, ha sido una constante preocupación, ya que ello significa aumentar los rendimientos de maíz para jilotillo, mediante la utilización de cultivares mejorados, control eficiente de plagas y enfermedades y aplicación de los niveles óptimos de fertilización".

Con relación a la densidad de siembra en jilotillo, se ha encontrado que con 40,000 a 60,000 plantas/ha no se muestran diferencias significativas en el rendimiento. Sin embargo varios autores han establecido rangos de densidad que van desde los 94,000 hasta 166,666 plantas/ha. En la Escuela Agrícola Panamericana se ha realizado un ensayo con 133,333 plantas/ha. Basándose en la anterior y tomando en cuenta que 133,333 es un promedio aproximado dentro del rango que cita la literatura (Flores, 1990; Durán, 1990; Villalta, 1989; Foey, 1988; González, 1977; Espinoza, 1973; Cajar, 1972).

### B.-Aspectos Económicos

Una función de producción es una relación matemática, que describe en que forma la cantidad de un producto depende de las cantidades de insumos o factores utilizados. Con relación a los cultivos, el producto nunca es obtenido en función de una sola variable, ya que existen muchos factores específicos, por ejemplo: maquinaria, tierra, semilla, etc.

La función de producción sintetiza básicamente, la relación existente entre la cantidad de insumo aplicada y el producto obtenido.

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

Cuando dos o más factores ejercen efectos combinados en la respuesta del cultivo, la cantidad óptima de cualquier factor depende de las dosis que se apliquen de otros, por tanto los modelos más utilizados para explicar la respuesta de los cultivos al factor son:

- 1.- Superficie Cuadrática de Respuesta
- 2.- Fórmula de la Raíz Cuadrada
- 3.- Fórmula de Cobb-Douglas
- 4.- Función de Mitscherlich-Baule (Bishop y Toussaint,

1982; Rodríguez y Laird, 1977; FAO, 1966; Heady, 1961).

Dillon (1977) indica "El criterio para comparar diferentes modelos de obtención de superficie de respuesta debe ser una combinación de:

- 1.- Conveniencia
- 2.- Significancia de los parámetros
- 3.- Consideraciones económicas y biológicas
- 4.- Juicio subjetivo
- 5.- Facilidad de cálculo".

Por lo menos hay tres limitaciones de las funciones de producción que son:

- 1.- Solo se mide el efecto del factor en forma cuantitativa.
- 2.- Las funciones de producción dan una mala representatividad de la rentabilidad del uso de los insumos. Esto se puede deber a que los primeros aumentos en la cantidad de fertilizante usado dan mayores aumentos en producción que aquellos realizados al irse acercando a la dosis óptima.
- 3.- A veces el objetivo de maximizar el ingreso es limitado debido a carestía de fertilizantes, existiendo poca disponibilidad de los mismos.

Smith y Parks (s.f) proponen modelos de simulación, para incorporar el tiempo en las funciones de producción e indican, que en un experimento por ellos conducido, se probaron diferentes modelos de funciones, encontrando que la cuadrática

era que mejor se ajustaba.

Con ensayos de abonado realizados en la India se ha encontrado que la función cuadrática de respuesta es satisfactoria para explicar la superficie de respuesta en la mayoría de los casos (FAO, 1966).

Cooke (1982) y FAO (1980) mencionan que científicamente la producción objetivo es la máxima producción que el cultivo esté en capacidad de lograr en un sitio determinado; pero la máxima producción técnica, no es siempre la que rinda el mayor beneficio económico. Para obtener el máximo beneficio por unidad de área, debería aplicarse una cantidad determinada, de tal modo que el beneficio económico del último incremento de la cantidad de nutrimentos aplicados, sea igual al costo añadido al aplicarse esa cantidad.

Es así que para aumentar tanto la superficie cultivada como productividad, se debe demostrar al agricultor que el maíz dulce en jilotillo es un cultivo rentable, ya que al agricultor le interesa saber el aumento en costos que se requiere para obtener un determinado aumento en los beneficios. La manera de encontrar la dosificación de un fertilizante para un cultivo se basa en experimentos de campo, donde se prueban cantidades de nutrimentos. Estos ensayos, correctamente planeados y evaluados proporcionan una base muy segura para las recomendaciones de fertilización (Gudiel, 1987).

El CIMMYT (1988) propone un análisis de retorno marginal,

poniendo énfasis en la comparación de los costos con sus beneficios. Producto marginal se refiere a la cantidad con que cada unidad de insumo individual contribuye al incremento o decrecimiento del producto total, siendo una razón de cambio (Heady, 1961).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A.- Area Experimental

##### 1.- Localización

Se llevó a cabo el ensayo, en la terraza 1, localizada en La Vega 1 (Monte Redondo) del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada en el valle del río Yegüare a 35 km al este de Tegucigalpa, Departamento 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 que varía entre los 1.100 y 1.250 mm por año, distribuidos generalmente en seis meses (Mayo a Octubre).

##### 2.- Características

Se utilizó un total de 1.400 m<sup>2</sup> de tierra, que corresponden a parcelas experimentales, bordes y calles.

Cada parcela midió 12 m<sup>2</sup>, formada por cuatro surcos de 5 metros de largo, con una distancia entre surcos de 0,60 m.

Escuela Agrícola Panamericana  
Honduras

Se dejó un surco muerto entre cada columna de parcelas. A cada lado de las parcelas de las orillas hubo un espacio de 0,60 metros. Cada bloque o repetición estuvo separado por un espacio de 1 metro. Al principio y al final del ensayo hubo un espacio de dos metros. La parcela útil consistió de los dos surcos centrales, para un total de 6 m<sup>2</sup>.

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de suelos del departamento de Agronomía de la EAP (ver anexo 1). Del Análisis de suelo se puede observar, que se tiene una textura Franco - Arcillosa, con un contenido de N bajo (0,11%) y contenido de P alto (51.ppm), por lo cual las dosis de P en el ensayo son reducidas. El contenido de materia orgánica es de 2.15% considerándolo bajo, el K es del orden de 400 ppm considerado adecuado, y el pH determinado es ácido (5.82).

## B.- Trabajo Experimental

### 1.- Manejo del Experimento

#### a.- Siembra

Al área experimental se le dió un pase de arado y dos de rastra, sembrándose manualmente. La fecha de siembra fue el 28 de noviembre, 1990. Se utilizó semilla certificada del maíz HR-10.

La semilla fue sembrada a 0,60 m entre surco y a 0,125 m entre planta, a una profundidad de 0,03m. La densidad fue de



133.333 plantas/hectárea.

La semilla germinó 6 días después de la siembra. A los 15 días después de la germinación se realizó un raleo para dejar la población deseada.

#### b.- Fertilización

Los fertilizantes fueron aplicados de la siguiente manera:

##### 1) Nitrógeno

Tres dosis. La primera (33%) al momento de la siembra en bandas a 0,10 m de la semilla; la segunda y tercera (33% cada una), se realizaron con 20 y 50 días de intervalo, después de la primera aplicación, en bandas a 0,10 m de la hilera de plantas.

##### 2) Fósforo

Una sola aplicación al momento de la siembra en bandas a 0,10 m de la semilla.

La Fuente de N fué Uréa (46% de N), la de P fué 0-46-0.

#### c.- Control Fitosanitario

Control químico de malezas pre-siembra incorporado con Dual a una dosis de 2.1 lts/ha, se realizó control manual 12 días después de la siembra. Control Químico de malezas (hoja ancha), 13 días después de la siembra, utilizando Atrazina a una dosis de 3 kg/ha.

Control Químico contra insectos, 20 y 50 días después de

la siembra, utilizando Lorsban a una dosis de 1.5 L/ha.

#### d.- Riego

El riego se realizó con una frecuencia media de 9 días.

#### e.- Cosecha

Se cosecharon los filotillos que estuvieron dentro de la parcela útil. La cosecha se realizó en las fechas 15 y 21 de febrero de 1991, 77 y 83 días posterior a la siembra.

### 2.-Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con un arreglo factorial 4\*4 (16 tratamientos) y 3 repeticiones.

### 3.- Tratamiento

Se evaluaron cuatro niveles de fertilización nitrogenada y cuatro niveles de fertilización fosforada (cuadro 1). De la combinación de los niveles, resultaron 16 tratamientos (cuadro 2).

Cuadro 1. Niveles de Nitrógeno y Fósforo Evaluados.  
Ensayo EAP, 1990

Elemento	Dosis Kg/ha			
Nitrógeno	0	80	160	240
Fósforo	0	25	50	75

### C.- Recolección de los Datos

#### 1.- Agronómicos

##### a.- Rendimiento

Se cosecharon los jilobillos, de la parcela útil, se pesaron y contaron después de cada jornada de cosecha.

#### 2.- Económicos

##### a.- Costos Fijos

Son aquellos que no estén afectados por cambios en la fertilización o en la producción.

##### b.- Costos Variables

Son aquellos que varían con los distintos niveles de fertilización y producción.

##### c.- Precios de Insumos y Productos

Se utilizaron precios de mercado al momento de compra (insumos) o de cosecha (producto) en la zona de la EAP.

Cuadro 2. Tratamientos que se Utilizaron en el Ensayo. EAP, 1990.

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	80-0
6	N-P	80-25
7	N-P	80-50
8	N-P	80-75
9	N-P	160-0
10	N-P	160-25
11	N-P	160-50
12	N-P	160-75
13	N-P	240-0
14	N-P	240-25
15	N-P	240-50
16	N-P	240-75

#### D.- Evaluación de los datos

##### 1.- Agronómicos

##### a.- Análisis estadístico

Se hizo un análisis estadístico (programa MSTAT-C), realizando un análisis de varianza para los diferentes niveles de N y P, tomando como variable dependiente el rendimiento en kg/ha. El esquema del análisis de varianza se muestra en el cuadro 3.

CUADRO 3. Esquema de análisis de varianza utilizado.  
Ensayo EAP, 1991.

Factor de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	15
Nitrogeno	3
Fósforo	3
N X P	9
Error	30
Total	47

## 2.- Económicos

Por medio del programa estadístico MSTAT-C, se determinó la función de mejor ajuste a los datos resultantes, usando como criterio de decisión aquella función que presentara el  $r^2$  más alto. Una vez estimada la función, se procedió a una derivación parcial con el objeto de determinar máxima producción física. Luego se iguala a la razón de los precios para obtener el óptimo económico. Además, se determinaron los niveles de N y P para maximizar beneficios, dado un nivel de presupuesto, y los niveles de N y P para producir a un costo mínimo una determinada cantidad de producto.

En un análisis comparativo se muestran las diferentes alternativas de producción para los diferentes niveles de aplicación de N y P.

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

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### A.- Análisis de Varianza

EL cuadro 4 muestra el análisis de varianza de la información sobre el rendimiento (anexos 2 a 4) obtenido en cada uno de los tratamientos del ensayo. Para el factor N hubo diferencia altamente significativa. La interacción N y P fué significativa al 9%; para bloques la diferencia fué significativa al 13%, pero no hubo diferencia significativa para el factor P.

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento.  
Ensayo EAP, 1991

Fuente	g.l.	S.C.	C.M.	F	Prob.	Signif.
Bloques	2	0.084	0.042	2.172	0.1315	n.s.
Factor A	3	0.515	0.172	8.904	0.0002	**
Factor B	3	0.047	0.016	0.805		n.s.
AB	9	0.330	0.037	1.902	0.0904	n.s.
Error	30	0.579	0.019			

C.V. = 17.71%

\*\* = significativo al 1%

Los bloques son significativos al 13%

La interacción AB es significativa al 9%.

##### B.- Análisis de Regresión: Ajuste de la función.

Con los datos de rendimiento obtenidos (anexos 2 a 4), se

estimó la función de superficie de respuesta de mejor ajuste. Saliendo seleccionada una función cuadrática de superficie de respuesta, siendo las variables independientes N y P, sus efectos cuadráticos y la interacción NP. La variable dependiente fue rendimiento por hectárea.

La función es:

$$Y = 4293.717 + 40.585N + 51.436P - .12234N^2 - .38334P^2 - .21872NP$$

$$(6.469) \quad (20.70) \quad (.0241) \quad (.247) \quad (.0617)$$

$$r^2 = .815$$

Donde:

Y= Rendimiento de Jilotillo en kg/ha.

N= kg/ha aplicados de N

P= kg/ha. aplicados de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Los valores entre paréntesis son los errores estandar.

#### C.- Respuesta a Nitrógeno

La respuesta a N fue significativa y positiva y concuerda con la ley de rendimientos decrecientes. Se llega a un punto (máxima producción física) en que la adición de N no aumenta la producción, sino por el contrario la reduce.

#### D.- Respuesta a Fósforo

La respuesta a P, resulto no significativa. Esto se debió al alto contenido de P existente en el suelo donde se llevó a

cabo el ensayo, además el error estandar es no significativo.

#### E.- Interacción de Nitrógeno y Fósforo

Esta interacción resultó negativa; pero su error estandar es aceptable y la función global tiene un alto  $r^2$ , a medida que se aumentan dosis de N y de 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 puede observar en la figura 1.

#### F.- Precios de Insumos y Productos

El cuadro 5 muestra el esquema de costos fijos; mientras que el cuadro 6 muestra los costos variables, y el cuadro 7 muestra 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. 1.10.



Cuadro 5. Costos fijos de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo a un nivel tecnificado bajo riego, EAP. 1991.

INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UNID.	TOTAL
MAQUINARIA	hr/maz		Lps/ha	1029.6
Arada		1	60.00	60.00
Rastreada		1.2	90.00	108.00
Asperjada		0.3	60.00	18.00
Bombeo		30.00	28.12	843.6
SEMILLA	kg	18	2.88	52.00
HERBICIDAS	L			155.60
Dual		2.1	48.98	102.86
Atrazina		2.8	18.84	52.74
INSECTICIDA	L			56.36
Lorsban		1.5	37.57	56.36
MANO DE OBRA	hr/hombre			470.40
Aplicación		10.66	1.2	12.80
Deshierba		34.66	1.2	41.60
Aporque		53.33	1.2	64.00
Cosecha		293.33	1.2	352.00
COSTO FIJO TOTAL				1763.3

Cuadro 6. Costos variables de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo a un nivel tecnificado y cero aplicación de N y P. EAP. 1991.

COSTO VAR.	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UNI. Lps/kg	TOTAL
TRANSPORTE	kg/jil	4293.72	0.025	107.34
COSTO VAR. TOTAL				107.34

Cuadro 7.- Resumen de costos totales de producción en Lps/ha para el cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo a un nivel de cero aplicación de N y P. EAP. 1991.

CONCEPTO	CANTIDAD EN LPS.	%
Costo Fijo Total	1763.36	94.26
Costo Var. Total	107.34	5.74
COSTO TOTAL	1870.70	100.00

## V. DETERMINACION DE LAS DOSIS OPTIMAS

### A.- Optimo producción física sin restricción

Este valor es encontrado, cuando la función alcanza su punto máximo, para lo cual es necesario que exista la siguiente condición:

$dY/dN = 0$  y  $dY/dP = 0$ , donde ambas son la primera derivada parcial de la función de producción con respecto a N y P.

Se presenta a continuación, la derivada parcial con respecto a ambas variables, igualadas a cero:

$$dY/dN = 40.585 - 0.24468N - 0.21872P$$

$$dY/dP = 51.436 - 0.76668P - 0.21872N$$

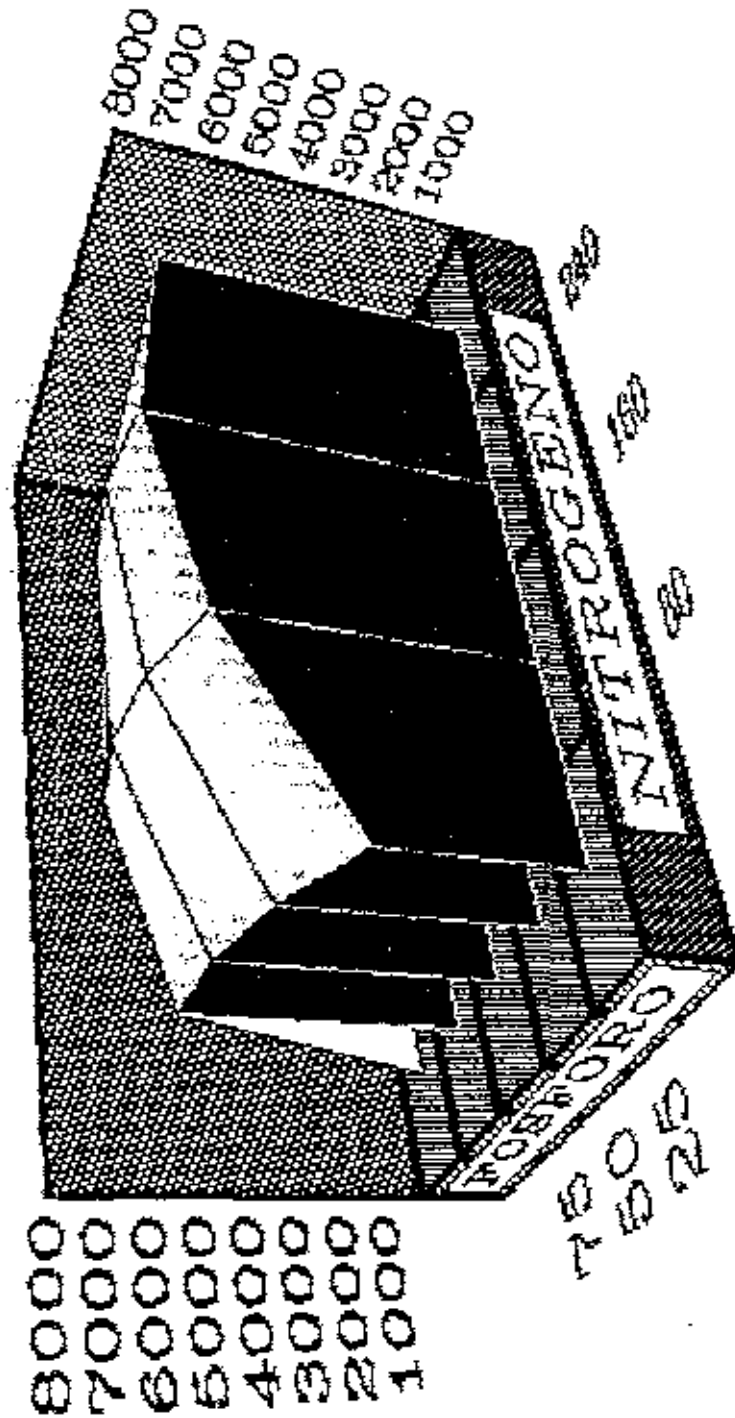
$$40.585 - 0.24468N - 0.21872P = 0$$

$$51.436 - 0.76668P - 0.21872N = 0$$

Resolviendo simultaneamente las dos ecuaciones, se obtuvieron los niveles de N y P con los cuales la función alcanza el máximo de producción física.

El cuadro 8 muestra los niveles encontrados, la producción alcanzada en ellos, costos incurridos e ingresos obtenidos a dicho nivel.

Figura 1. Superficie de respuesta del Maíz Híbrido en Jilotillo, a niveles de N y P.



Cuadro 8. Producción, ingresos y costos por hectárea del cultivo de Maíz Híbrido en Jilotillo, a un nivel de aplicación de 142.15 kg de N/ha. y un nivel de 26.54 kg. de P/ha. (máximo físico). EAP. 1991.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UNI(Lps).	TOTAL
INGRESOS				
Producción	kg.	7860.73	1.10	8646.00
Total ingresos				8646.00
COSTOS (Lps)				
Costo Fijo Total				1763.36
Costos variables				
Transporte	kg/jil	7860.73	0.025	196.52
Urea	kg	309.01	1.24	383.17
Super F.T.	kg	57.69	1.59	91.73
Costo Var. Total				671.42
COSTOS TOTALES				2434.78
MARGEN TOTAL				6211.22

B.- Óptima producción económica sin restricción.

Para encontrar el máximo rendimiento económico, con sus respectivos niveles de aplicación de N y P, se obtiene matemáticamente el punto donde el valor del producto marginal del N (VPM) y el valor del producto marginal del P (VPM) se igualan a los precios de sus respectivos insumos. Esto quiere decir:

$$(dY/dN)P_{Pr} = P_N$$

$$(dY/dP)P_{Pr} = P_P$$

Donde  $P_n$  y  $P_p$  son el precio en Lps./kg de la Urea y del Super Fosfato Triple.  $P_{pr}$  es el precio del producto.

A partir de lo anterior obtenemos lo siguiente:

$$(40.585 - 0.24468N - 0.21872P)1.1 = 2.70 \quad VPM_n = P_n$$

$$44.6435 - 0.269148N - .240592P = 2.70$$

$$(51.436 - 0.76668P - 0.21872N)1.1 = 3.46 \quad VPM_p = P_p$$

$$56.5796 - 0.843348P - 0.240592N = 3.46$$

Resolviendo simultaneamente ambas ecuaciones se encuentran los niveles de N y P, para alcanzar el óptimo económico sin restricción de presupuesto.

El cuadro 9 muestra los niveles encontrados, además la producción alcanzada en ellos, costos e ingresos obtenidos a dicho nivel.

Cuadro 9. Producción, ingresos y costos por hectárea del cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo, a un nivel de aplicación de 133.60 kg de N/ha y un nivel de 24.87 kg de P/ha (máximo económico).EAP. 1991.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UNI.	TOTAL
INGRESOS			Lps/kg	
Producción	kg	7847.62	1.10	8632.38
Total ingresos				8632.38
COSTOS (Lps)				
Costos Fijo Total				1763.36
Costos variables				
Transporte	kg/jil	7847.62	0.025	196.19
Urea	kg	290.43	1.24	360.14
Super fos. T.	kg	54.07	1.59	85.96
Costo Var. Total				642.29
Costo Total				2405.65
MARGEN TOTAL				6226.73

Comparando la máxima producción física con el óptimo económico en lo referente a los niveles de fertilización, se puede decir que existe diferencia en dichos niveles de N y P aplicados, pero que esta diferencia no es muy grande.

La máxima producción física requiere de niveles de: 142.15 kg de N/ha y de 26.54 kg de P/ha, para tener una producción de 7860.73 kg de jilotillo/ha.

El óptimo económico requiere de niveles de: 133.60 kg de N/ha y de 24.87 kg de P/ha, para tener una producción de 7847.62 kg de jilotillo/ha.

En lo referente al margen total de ganancia, el máximo

físico deja Lps 6211.22/ha, mientras que el óptimo económico lo supera, ya que deja Lps. 6226.73/ha.

C.- Niveles óptimos de Nitrógeno para máxima  
producción física, dados diferentes niveles  
fijos de Fósforo.

Para determinar los niveles de N necesarios y lograr 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:

$$dY/dN = 0$$

Es decir, que la primera derivada parcial de la función con respecto a N sea igual a cero.

$$40.585 - 0.24468N - 0.21872 = 0$$

$$N = 165.8697 - 0.8939P$$

Con esta ecuación podemos determinar los niveles necesarios de N, para alcanzar la óptima producción física para diferentes niveles fijos de P. El cuadro 10, muestra la producción, ingresos y costos a determinados niveles de N, manteniendo niveles fijos de P, para máxima producción física. Donde se puede determinar que la producción llega a un punto máximo y comienza a decrecer.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PUERTO RICO  
ESCUELA DE INGENIERIA PANAMERICANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TRABAJO DE INVESTIGACION



Cuadro 10. Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de N, manteniendo niveles fijos de P para máxima producción física. Ensayo, EAP. 1991.

P	N	Prod./ha.	Ing./ha.	Cost./ha.	Margen
0	165.87	7659.62	8425.58	2401.98	6023.60
25	143.52	7860.06	8646.07	2433.16	6212.91
50	121.17	7703.51	8473.86	2455.40	6018.46
75	98.82	7189.99	7908.99	2468.93	5440.06

D.- Niveles óptimos de Fósforo para máxima  
producción física dados diferentes  
niveles fijos de Nitrógeno.

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

$dY/dP = 0$ . Esto significa que la primera derivada parcial de la función con respecto al P sea igual a cero.

$$51.436 - 0.76668P - 0.21872N = 0$$

$$P = 67.09 - 0.28528N$$

Con la ecuación anterior se determinaron los niveles de aplicación de P, considerando niveles fijos de N, los cuales se presentan en el Cuadro 11 con su producción, ingreso y costo. Manteniendo el N fijo con los niveles de P encontrados, la producción llega a un máximo y luego decrece.

Cuadro 11. Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de P, manteniendo niveles fijos de N para máxima producción física. Ensayo, EAP. 1991.

N	P	Prod./ha.	Ing./ha.	Cost.Tot.	Margen
0	67.08	6019.11	6621.02	2145.69	4475.33
80	44.27	7508.71	8259.58	2319.75	5939.83
160	21.44	7831.69	8614.86	2464.55	6150.31
240	0	6987.33	7686.06	2585.00	5101.06

E.- Niveles óptimos de Nitrógeno para máxima  
producción económica dados diferentes  
niveles fijos de Fósforo.

Estos niveles se determinaron igualando el  $VPM_n$  al precio del N. Es decir:

$VPM_n = P_n$ , que corresponde a:

$$44.6435 - 0.269148N - 0.240592P = 2.70$$

$$N = 155.8330 - 0.893892P$$

En el cuadro 12 se presentan los niveles de N encontrados a partir de la ecuación anterior, junto a su producción, ingresos y costos, teniendo niveles fijos de P. 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 empieza a decrecer.

Cuadro 12. Producción, ingresos y costos (Lps/ha) a determinados niveles de N, manteniendo niveles fijos de P para máxima producción económica. Ensayo, EAP. 1991.

P	N	Prod./ha.	Ing./ha.	Cost.Tot.	Margen
0	155.94	7647.32	8412.05	2375.31	6036.74
25	133.49	7847.75	8632.53	2406.66	6225.87
50	111.14	7691.20	8460.32	2428.72	6031.60
75	88.80	7177.70	7895.47	2442.06	5453.41

E.- Niveles óptimos de Fósforo para máxima  
producción económica dados diferentes  
niveles fijos de Nitrógeno.

Los niveles de P, se determinaron luego de igualar el VPM<sub>p</sub> al precio del P. Lo que queda como:

$VPM_p = P_p$ , que corresponde a:

$$56.5796 - 0.843348P - 0.240592N = 3.46$$

$$P = 62.9879 - 0.28528N$$

En el cuadro 13, se presentan los niveles de P encontrados a partir de la ecuación anterior, junto a su producción, ingresos y costos, teniendo niveles fijos de N. Para óptimo económico, variando los niveles de P, se determina que el rendimiento llega a un máximo y posteriormente decrece.

Cuadro 13. Producción, ingresos y costos (Lps./ha.) a determinados niveles de P, manteniendo fijos niveles de N para máxima producción económica. Ensayo, EAP. 1991.

N	P	Prod./ha.	Ing./ha.	Cost.Tot.	Margen
0	62.99	6012.68	6613.95	2131.63	4482.32
80	40.16	7502.25	8252.48	2305.87	5946.61
160	17.34	7825.24	8607.76	2450.99	6156.77
240	0	6987.33	7686.06	2586.04	5100.02

G.- Determinación de los niveles de Nitrógeno y Fósforo para maximizar producción con restricción de presupuesto o cantidad.

1.- Senda de Expansión

Se define la senda de expansión por:

$$\frac{dY/dN}{dY/dP} = \frac{P_n}{P_p}$$

Lo anterior resulta en:

$$\frac{40.585-0.24468N-0.21872P}{51.436-0.76668P-0.21872N} = \frac{2.70}{3.46}$$

Resolviendo para N obtenemos:

$$SE = N = 6.042+5.1296P$$

Las líneas frontera son:

$$N = 155.8380-0.88389P$$

$$N = 220.790-3.50P$$

La SE y las líneas frontera que definen las etapas de producción nos muestran los puntos por donde se va creciendo

o contrayendo dependiendo de las restricciones, se muestran en la figura 2. Esta senda de expansión se utiliza en la resolución de restricción de presupuesto y cantidad estipulada a producir.

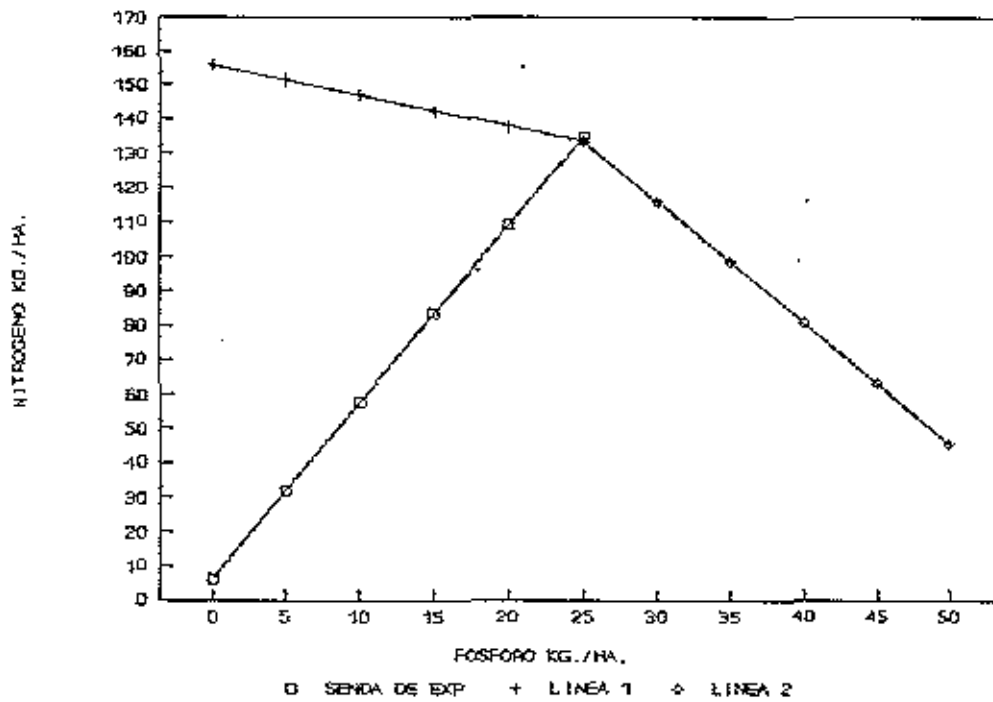


Figura 2 Senda de expansión y líneas frontera para la función de producción.

## 2.- Presupuesto

Se considera en el presente estudio que se cuenta con Lps 260.00 por hectárea ( $M = 260$ ) para la compra de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

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

$$CV = P_n N + P_p P$$

$$CV = 2.70N + 3.46P$$

$$CV = M$$

$$M = 2.70N + 3.46P$$

$$N = 96.296 - 1.28P$$

La línea de ISC para el presupuesto de Lps. 260.00 por ha se muestra en la figura 3.

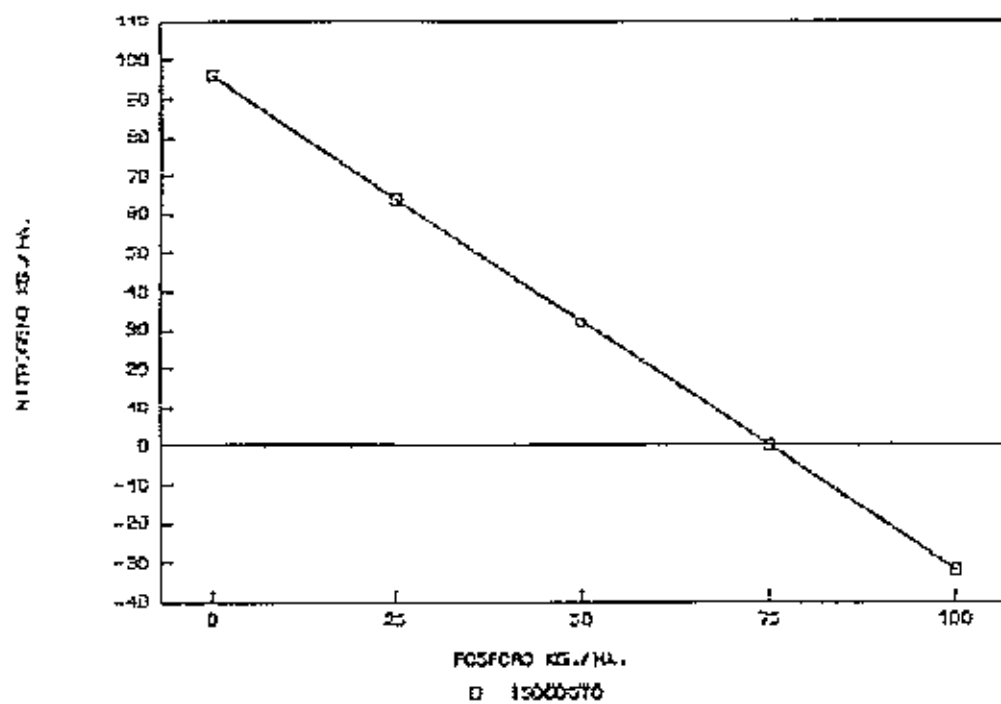


Figura 3 Línea de isocosto para un presupuesto de 260 Lps/ha.

### 3.- Maximización de producción con restricción de presupuesto.

Teniendo un presupuesto restringido, para obtener el máximo de producción, se resuelve simultáneamente la ecuación de la senda de expansión y la ecuación de isocosto. Al sustituir  $M = 260$  en la ecuación de isocosto, se obtiene:

$N = 96.296 - 1.28P$  . La senda de expansión es:

$N = 6.042 + 5.1296P$

Al resolver simultáneamente ambas ecuaciones se obtienen los niveles de N y P requeridos para maximizar ganancias dado un presupuesto de Lps. 260.00 por ha.

El cuadro 14 muestra la producción, ingresos y costos al nivel encontrado, según el presupuesto dado. Se nota que el gasto total por concepto de fertilizantes es de Lps. 260.00 (Lps. 211.29 para el N y Lps. 48.71 para el P). A ese nivel de aplicación se alcanza una producción de 7127.72 kg jil/ha

La figura 4, muestra la resolución gráfica.



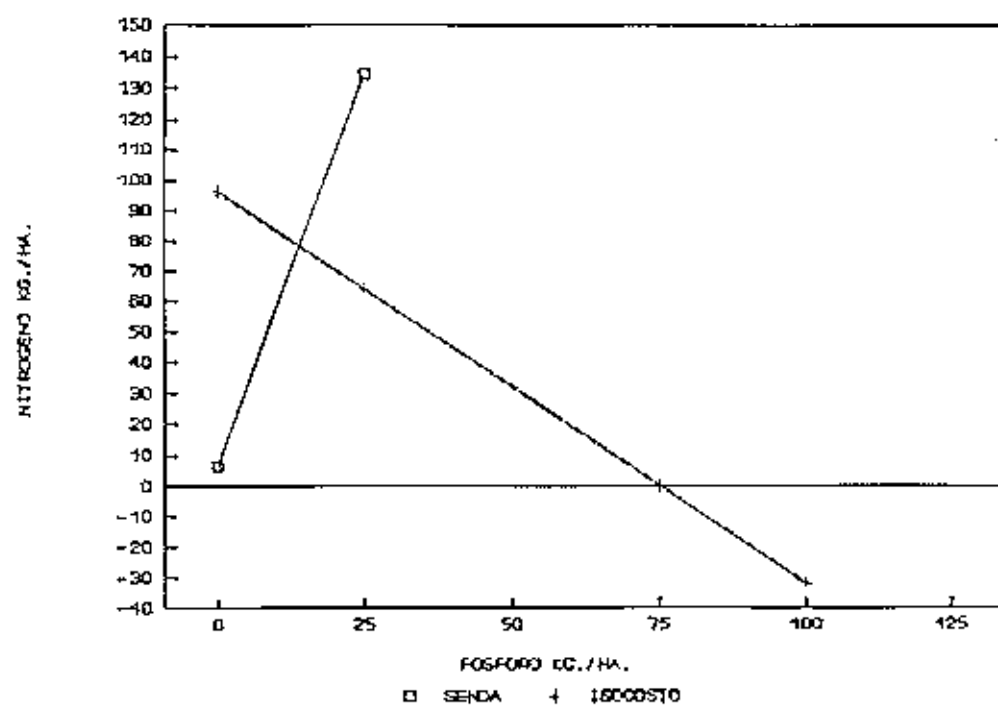


Figura 4 Resolución gráfica para determinar los niveles de N y P dado un presupuesto.

Cuadro 14. Producción, ingresos y costos por ha. del cultivo de Maíz Híbrido en jilotillo obtenidos, dado un  $M = \text{Lps } 260.00$  por ha Ensayo EAF. 1991

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UNI.	TOTAL
INGRESOS			Lps	
Producción	kg	7127.72	1.10	7840.49
Total Ingresos				7840.49
COSTOS			Lps	
Costo Fijo Total				1763.36
Costos Variables				
Transporte	kg	7127.72	0.025	178.19
Urea	kg	170.12	1.24	210.95
Super F. T.	kg	30.60	1.59	48.66
Costo Var. Total				437.80
Costo Total				2201.16
MARGEN TOTAL				5639.33

#### 4.- Cantidad a producir

Existen épocas que se necesita producir una cantidad determinada de jilotillo para cubrir requerimientos, así que se determinan los niveles de N y P que minimizan los costos para producir dicha cantidad.

La cantidad que se desea producir en una época se le denomina producción esperada (Yr). En el presente estudio se asume que la Yr es de 7127.72 que es la cantidad que se obtuvo cuando se estimaron los niveles de N y P para un presupuesto de Lps. 260.00. Igualando la función de producción (Y) a la producción requerida (Yr), se obtiene la ecuación de la

isocuanta (ISQ), esto es:

$Y = Y_r$ , donde se tiene:

$$Y_r = 4293.72 + 40.585N + 51.436P - 0.12234N^2 - 0.38334P^2 - 0.21872NP$$

Resolviendo para N obtenemos la ecuación de ISQ:

$$N = 165.869 - 0.8939P + \frac{[(3748.313 + 7.417P - 0.1397P^2 - 0.4894Y_r)^{1/2}]}{0.24468}$$

La isocuanta es presentada en la figura 5, esta determina las diferentes combinaciones de insumos para producir una cantidad requerida.

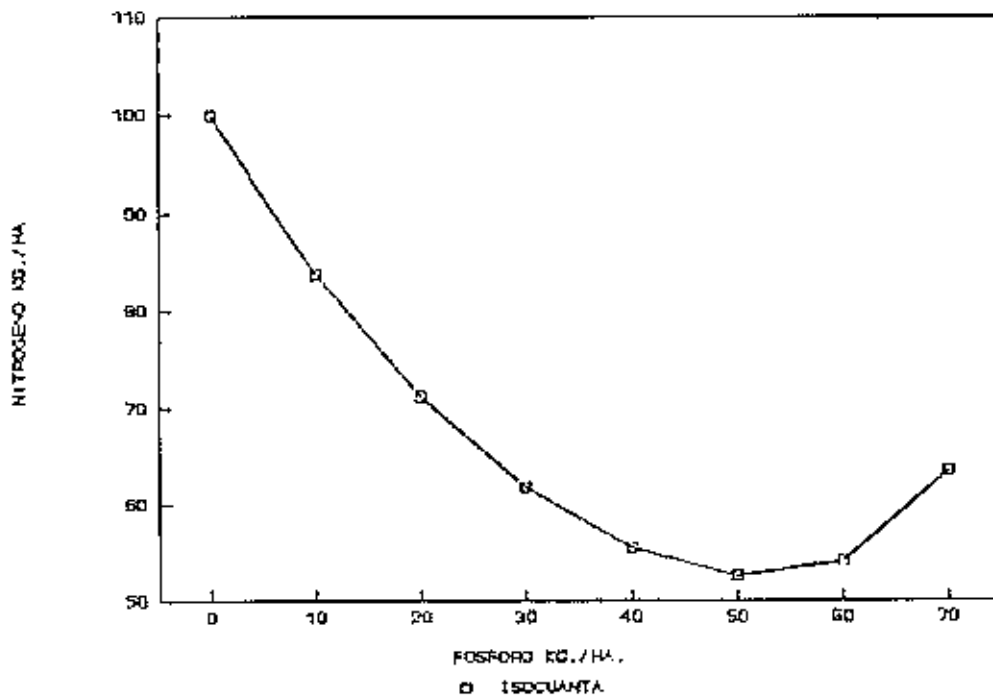


Figura 5 Curva de isocuanta para la producción de 7127.72 kg/ha.

5.- Minimización de costos con una restricción  
en la cantidad a producir.

Resolviendo simultaneamente la senda de expansión con la  
ecuación de la isocuanta y sustituyendo la  $Y_r = 7127.72$   
kg jil/ha, obtenemos:

$$N = 165.869 - 0.8939P + (260.2938 + 7.417P - 0.1397P^2)^{1/2}$$

-----  
0.24468

La ecuación de la senda de expansión es:

$$N = 6.042 + 5.1296P$$

Los niveles de N y P que minimizan los costos para  
obtener una producción de 7127.72 kg jil/ha, se encuentran  
resolviendo en forma simultanea las dos ecuaciones. Estos  
niveles son:

$$N = 78.256 \text{ kgs/ha.}$$

$$P = 14.05 \text{ kgs./ha.}$$

Con una  $Y_r$  de 7127.72 kg jil/ha, los niveles son los  
mismos que los encontrados para un presupuesto de Lps. 260.00  
por ha. La figura 6 muestra la resolución gráfica.

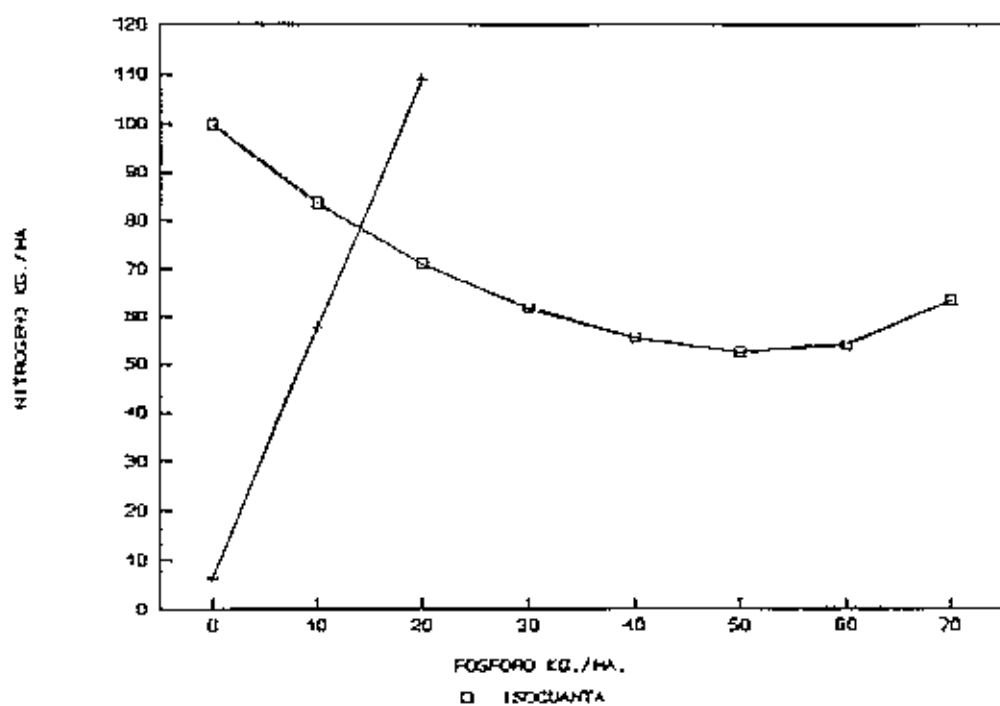


Figura 6 Resolución gráfica para encontrar N y P en una producción determinada.

## VI. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Se analizaron los cambios que se obtendrían al modificarse tanto el precio de los insumos (N y P), como del producto (jilotillo). Se supuso cambios en el precio del producto del orden del 20% para arriba o para abajo del precio real. Los precios de los insumos, los analizamos con aumentos del orden del 20%, 40% y 60%, ya que bajas en sus precios es poco probable. Los cambios ocurren en el mismo momento para ambos factores.

El cuadro 15 muestra los márgenes brutos de ganancia. Se observa que a medida que disminuye el precio del producto y aumenta el precio de los insumos, los ingresos disminuyen en menor proporción que si solo uno de los cambios estuviera presente. Al aumentar el precio de los jilotillos el ingreso sube.

Cuadro 15 Análisis de sensibilidad para cambios en los precios de los insumos y del producto y su efecto en margen bruto de ganancia. Ensayo EAP. 1991

Incremento del precio fertilizante	Precio producto Lps/kg		
	0.88	1.10	1.32
20%	4413.36	6139.84	7866.31
40%	4321.81	6048.29	7774.76
60%	4232.59	5959.07	7685.54

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A.- Conclusiones

- 1.- La función cuadrática, fue la función que mejor se ajustó a los datos observados de los factores estudiados.
- 2.- El máximo rendimiento físico (7860.73 kg/ha) para el Maíz Híbrido (HR-10) en jilotillo, se obtuvo a un nivel óptimo de aplicación de 142.15 kg/ha de N y 26.54 kg/ha de P. Al incrementar estos niveles de aplicación, los rendimientos empiezan a decrecer.
- 3.- El máximo rendimiento económico (7847.62 kg/ha) para el Maíz Híbrido (HR-10) en jilotillo, se obtuvo a un nivel de aplicación de 133.60 kg/ha de N y de 24.87 kg/ha de P. Si se aplican cantidades superiores a las anteriores, se incrementa el rendimiento hasta determinado punto, pero se reducen los beneficios obtenidos.
- 4.- Despejando simultáneamente la ecuación de costos con la senda de expansión, se maximiza la producción, teniendo restricción de capital.
- 5.- Despejando simultáneamente la isocuanta con la senda de expansión, se encuentran los niveles para una restricción de cantidad determinada a producir, minimizando costos.
- 6.- Los rendimientos observados en los niveles óptimos de producción física y económica son bastante similares.

7.- En el presente ensayo se observó mucha variación en la cosecha (77 y 83 días), no se recomienda la producción de Jilotillo, con híbridos de cruza doble.

#### B.- Recomendaciones

1.- Bajo las condiciones del ensayo, los niveles de 142.15 kg/ha de N y de 26.54 kg/ha de P en el maíz híbrido (HR-10) para jilotillo, no deben ser sobrepasados.

2.- Se deben emplear niveles de N y P que maximicen la utilidad obtenida por hectárea en la siembra de Maíz Híbrido (HR-10) para jilotillo, dependiendo de la disponibilidad de fertilizantes y capital.

3.- Si alguno de los niveles de N y P que maximizan la función no se puede aplicar, no se debe tratar de compensar la falta de uno de los factores con el exceso de otro, ya que en esta forma no se incrementan los rendimientos.

4.- Si uno de los dos factores tiene restricción en su disponibilidad, se debe aplicar una cantidad tal que el segundo factor maximice la función.

5.- La información del presente experimento, puede servir para realizar estudios posteriores de mercado del jilotillo, determinandose cuanto del rendimiento se puede ir para la industria de encurtidos y cuanto al mercado fresco.

6.- La información del presente experimento, puede ser una base para que se realicen ensayos similares, reduciendo el error experimental o sacando a luz nuevas conclusiones y



recomendaciones referentes a densidades de siembra, fertilizaciones, contenido de nutrientes en el suelo, época de siembra, etc.

RECIBIDO  
ESCUELA AGROPECUARIA  
MEXICO

## VIII. RESUMEN

En la Escuela Agrícola Panamericana se llevó a cabo un experimento, con el fin de encontrar la función de superficie de respuesta a los niveles de fertilización nitrogenada y fosforada en el Maíz Híbrido (HR-10) en Jilotillo, utilizando la metodología del análisis económico se evaluó la producción, dando recomendaciones técnicas y económicas.

El diseño experimental utilizado, fue de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial de  $4 \times 4$  (16 tratamientos) y 3 repeticiones.

La regresión múltiple fue el medio por el cual se realizó el análisis. Basándose en el  $r^2$ , se ajustó una función de tipo cuadrático con la interacción de N y P, la función es la siguiente:

$$Y = 4293.717 + 40.585N + 51.436P - 0.1223N^2 - 0.3833P^2 - 0.2187NP$$

El C.V. obtenido es de : 17.73%

Los niveles para máxima producción física son:

$$N = 142.148 \text{ kg/ha.}$$

$$P = 26.538 \text{ kg/ha.}$$

Los niveles para máxima producción económica son:

$$N = 133.60 \text{ kg/ha.}$$

$$P = 24.87 \text{ kg/ha.}$$

La ecuación para la senda de expansión es:

$$N = 6.042 + 5.1296P$$

La curva de isocosto para un presupuesto de Lps 260/ha es:

$$N = 96.29 - 1.28P$$

La curva de isocuanta es:

$$N = 165.87 - 0.89P + \frac{(3748.31 + 7.42P - 0.14P^2 - 0.49Y_r)^{1/2}}{0.24468}$$

Además se muestra el análisis con diferentes restricciones, para lo cual se utilizan las anteriores ecuaciones.

Un análisis de sensibilidad, nos muestra que aumentos en los precios del jilotillo aumentan nuestros ingresos y aumentos en los precios de los fertilizantes disminuyen nuestros ingresos.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALDRICH, S. R., 1974. Producción moderna del Maíz. Trad. por Oscar Martínez y Patricia Leguizamón. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 307 p.
- 2.- BARTHOLOMEW, W. V., 1972. El nitrógeno del suelo: Proceso de abastecimiento y requerimiento de los cultivos. ISFBI. North Carolina State University ay Raleigh, USA. Bol. Tec. #6. 97 p.
- 3.- CAJAR, S., 1972. Estudio sobre densidades de siembra de Maíz en tres localidades. In PCCMCA: XXIII Reunión anual. Nicaragua. 45 p.
- 4.- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO., 1980. La Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, D. F., CIMMYT. 19 pag.
- 5.- COOKE, G. W., 1982. Fertilizing for maximum yield. 3ed. New York, Macmillan. 405 p.
- 6.- COOKE, G. W., 1987. Fertilizantes y sus usos. Trad. del inglés por Alonso Blackaller. México, D. F., CONTINENTAL. 180 p.
- 7.- DILLON, J. L., 1977. The analysis of response in crop and livestock production. 2da. ed. Oxford, U. K. Pergamon. 213 p.
- 8.- DOLL P. J. y ORAZEN, F., 1984. Productions economics. Theory with applications. 2da. ed. New York, WILEY. 470 p.
- 9.- DURAN, J. A., 1990. Efecto de seis densidades de siembra y Evaluación de dos niveles de N sobre el rendimiento de Jilotillo cv. "Golden Baby" (sin publicar).
- 10.- ESPINOZA, E., 1973. Densidad de población de plantas en cuatro variedades de Maíz de diferentes características. In PCCMCA:XIX Reunión anual. San José, Costa Rica. 84 p.
- 11.- FAO. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Roma. 823 p.

- 12.- FAO. 1980. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizante. Roma. 54 p.
- 13.- FAO. 1984. Fertilizantes y nutrición vegetal. Uso óptimo de los fertilizantes. Vol.3, Roma, Italia. 32 p.
- 14.- FAO. 1966. Estadística de la respuesta de los cultivos al abonado. Roma. 110 p.
- 15.- Flores, Juan A., 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., El Zamorano, Honduras, EAP. 65 pp.
- 16.- GONZALEZ, D.A., 1977. Evaluación de la respuesta del Maíz a la aplicación de cuatro niveles de nitrógeno en combinación con seis densidades de población en el parcelamiento La Máquina. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Guatemala, Facultad de Agronomía, 48 p.
- 17.- HEADY, E. y DILLON, J., 1961. Agricultural production functions. Iowa, USA, ISUPRESS. 595 p.
- 18.- KRANTZ, B. et al., 1974. Cropping pattern for increasing and stabilizing agricultural production in the semiarid tropics. In International workshops on farming systems, Hyderabad, India. pp 217-248.
- 19.- KRANTZ, B. A. y W. V. CHANDLER. 1954. Fertilizer corn higher yields. North Carolina Agr. Exp. Sta. Bull. 336 p.
- 20.- LORENZ, O. A. y D. N. MAYARD. 1988. Handbook for vegetable growers. 3ra. ed. New York, John Wiley & Sons. pp. 82, 127, 129.
- 21.- LUCHSINGER, A. 1987. 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
- 22.- LLANOS, M., 1984. El Maíz, su cultivo y su aprovechamiento. Madrid, España, ed. MUNDIPRENSA. 318 pag.
- 23.- MOYLE, S., WILLIAMS, J. Y COUSTON, W., 1962. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. Roma, FAO. Programa de fertilización. 54 pag.

- 24.- NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE., 1984. Manual de fertilizantes. trad. del inglés por National Plant Food Institute. México, D. F., Ed. LIMUSA. 292 pag.
- 25.- OLSON, R., 1974. Using fertilizer Nitrogen on grain crops. Agricultural Exp. Sta. Bull. 479. Universidad of Nebraska. 42 pag.
- 26.- OSORIO, A. E. 1979. Respuesta del Maíz a diferentes niveles den nitrógeno y Fósforo en tres localidades del Departamento de El Paraíso. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- 27.- PERDOMO, R. y HAMPTON, H. E., 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Producción de Materiales. 336 p.
- 28.- POEY, R., 1988. Informe final sobre la segunda etapa de la investigación de variedades y manejo agronómico del "Baby Corn", Fusades-Divagro. pp 1-15.
- 29.- 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 del Bajío. In Agrociencia. Chapingo, México, CP ENA. pp. 155-176.
- 30.- SALAS, C. A., 1970. Efecto de las densidades de siembra y fertilización enel rendimiento de Maíz. Estación Experimental Agrícola Fabio Bandrit M. Vol. 3(1): 1-7.
- 31.- SEN, B. 1966. Preámbulo. In ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1966. Estadísticas de la respuesta de los cultivos al abonado. Roma, FAO. 110 p.
- 32.- SMITH, W. y PARKS, W., s.f. A method for incorporations probability into fertilizer recommendations. s.n.t. pp 1511-1515.
- 33.- VILLALTA, B. U., 1989. Informe sobre la producción del cultivo de Elotillo. Técnico de la Empresa Bond Appetit. El Salvador.

## X. ANEXOS

### ANEXO 1. Análisis de suelo de la Terraza 1, Vega 1. Ensayo EAP. 1990.

---

Textura .....	Franco-Arcillosa
Contenido de N.....	0.11%
Contenido de P.....	51.4 ppm
Contenido de K.....	400 ppm
Contenido de M.O.....	2.15%
Ph en Kcl.....	5.82

---

Fuente: Laboratorio de suelos del Departamento de  
Agronomía de la EAP. 1990.

### ANEXO 2. Resultados de la variable rendimiento en la repetición I. Ensayo EAP. 1991.

Trat.	Nivel N	Nivel P	Rend. kg/ha 20% parte útil
1	0	0	823.33
2	0	25	1080.00
3	0	50	1016.67
4	0	75	1531.67
5	80	0	1021.67
6	80	25	1510.00
7	80	50	1878.33
8	80	75	1951.17
9	160	0	1700.00
10	160	25	1800.00
11	160	50	1615.00
12	160	75	1150.00
13	240	0	1228.33
14	240	25	1480.00
15	240	50	1266.67
16	240	75	1101.67

---

ANEXO 3. Resultados de la variable rendimiento en la repetición II. Ensayo EAP. 1991.

Trat.	Nivel N	Nivel P	Rend. kg/ha 20% parte útil
1	0	0	765.00
2	0	25	931.67
3	0	50	888.33
4	0	75	1188.33
5	80	0	1675.00
6	80	25	1978.33
7	80	50	1353.33
8	80	75	1426.67
9	160	0	1455.00
10	160	25	1348.33
11	160	50	1428.33
12	160	75	1276.67
13	240	0	1428.33
14	240	25	1540.00
15	240	50	1313.33
16	240	75	1086.67

ANEXO 4. Resultados de la variable rendimiento de la repetición III. Ensayo EAP. 1991.

Trat.	Nivel N	Nivel P	Rend. kg/ha. 20% parte útil
1	0	0	903.33
2	0	25	1108.33
3	0	50	1371.67
4	0	75	1051.67
5	80	0	1438.33
6	80	25	1286.67
7	80	50	1258.33
8	80	75	1266.67
9	160	0	1795.00
10	160	25	1223.33
11	160	50	1226.67
12	160	75	1036.67
13	240	0	1170.00
14	240	25	1105.00
15	240	50	1483.33
16	240	75	720.00