

DETERMINACION DE LOS NIVELES OPTIMOS TECNICO Y
ECONOMICO DE DENSIDAD Y FERTILIZACION, EN MAIZ
HIBRIDO B-833 BAJO LAS CONDICIONES CLIMATICAS
DEL VALLE DE YEGUARE (EL ZAMORANO),
Francisco Morazán, Honduras, C. A.

POR

Porfirio Adolfo Fuentes Aguiluz

TESIS

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

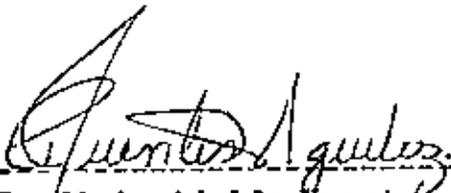
MICROISIS:	<u>4381</u>
FECHA:	<u>29/IV/92</u>
ENCARGADO:	<u><i>Fmf</i></u>

El Zamorano, Honduras
Abril, 1991

DETERMINACION DE LOS NIVELES OPTIMOS TECNICO Y ECONOMICO
DE DENSIDAD Y FERTILIZACION EN MAIZ HIBRIDO B-833
BAJO LAS CONDICIONES CLIMATICAS DEL VALLE DE
YEGUARE (EL ZAMORANO), FRANCISCO MORAZAN,
HONDURAS C.A.

POR: PORFIRIO ADOLFO FUENTES

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana, permiso 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.



Porfirio Adolfo Fuentes Aguilus

Abril, 1991.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con todo mi amor a mi hija Sanina y a mi querida esposa Joan Marie quienes han sido la principal razón de mi superación además de servirme de apoyo moral y económico; a mis padres que tanto quiero Rubén y Gloria quienes fueron los principales forjadores de mi éxito al coronar mi carrera como agrónomo hace algunos años y en todo momento me brindaron su apoyo moral y en algunos casos económico, hasta la fecha.

También quiero dedicar éste trabajo a mis hermanos, Marizeth, Rubén y Javier, con quienes he compartido muchos momentos de alegría y tristeza durante el desarrollo de nuestras vidas, y en especial a mi hermano Omar quien espero siga el ejemplo de sus hermanos mayores; a mis recordadas sobrinas y sobrino; a mis suegros.

A nuestro Divino Creador y su hijo, por darme la fuerza necesaria para poder salir adelante e iluminarnos en todo momento para la buena conducción de nuestras vidas.

A mi país Honduras.

LIBRO DE REGISTRO
C.C.C.P. No. 12345
1998

AGRADECIMIENTO

A mis suegros, quienes me fueron de mucha ayuda para que pudiera venir a cursar el cuarto año a la E.A.P. y lograr coronar mi carrera de Ingeniero Agronomo.

A mi abuela Celenia.

Al Consejo de asesores, quienes estuvieron dispuestos a ayudarme en todo momento durante el desarrollo de éste trabajo.

Al Agrónomo David Rodríguez, que siempre me prestó su desinteresada colaboración para que pudiera realizar éste trabajo, a nivel de campo.

A la Agencia Internacional para el Desarrollo del Gobierno de Los Estados Unidos (USAID), misión en Honduras por haber financiado mis estudios de Ingeniería Agronómica en la E.A.P.

A todos mis compañeros que de una u otra forma estuvieron involucrados en el desarrollo de este trabajo y con quienes compartí buenos momentos aquí en la E.A.P.

Esta Tesis fue preparada bajo la dirección del Consejo Principal del Comité de Profesores que asesoró al candidato, y ha sido aprobada por todos los miembros del mismo. Fue sometida a consideración del Jefe del Departamento, Decano, y Director de la Escuela Agrícola Panamericana y fue aprobada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

Abril de 1991

Simón E. Malo, Ph.D.
Director E.A.P.

Jorge Román, Ph.D.
Decano E.A.P.

Jorge Moya, Ph.D.
Jefe de Departamento de
Economía Agrícola y
Agronegocios, E.A.P.

Comité de Asesores

Jorge Moya, Ph.D.
Asesor Principal.

Leonardo Corral, Ph.D.
Asesor.

Daniel Kaegi, M.B.A.
Asesor.

TABLA DE CONTENIDO

	página
I. INTRODUCCION.....	1
A. Objetivos.....	3
1. General.....	3
2. Específicos.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
A. Aspectos Técnicos	
1. Sobre la fertilización.....	7
a. Del nitrógeno.....	8
b. Del fósforo.....	11
c. Del nitrógeno y fósforo.....	12
2. Sobre la densidad.....	13
a. El nitrógeno y la densidad.....	16
B. Aspectos económicos.....	17
III. MATERIALES Y METODOS.....	21
A. Area experimental.....	21
1. Localización.....	21
2. Características del área.....	22
B. El trabajo experimental.....	22
1. Preparación del terreno.....	22
2. Siembra.....	23
3. Densidad de siembra.....	24
4. Fertilización.....	25
a. Del fósforo.....	25
b. Del nitrógeno.....	26
5. Control de malezas.....	27
6. Control de plagas.....	27
7. Cosecha.....	28
C. Diseño experimental.....	28
1. Tratamientos.....	29
D. Recolección de datos.....	31
1. Agronómicos.....	31
a. Rendimientos.....	31
2. Económicos.....	33
a. Costos fijos.....	33
b. Costos variables.....	33
c. Precios de producto e insumos.....	33
E. Análisis de los datos.....	33
V. RESULTADOS Y DISCUCION.....	35
A. Análisis de suelo.....	35
B. Análisis de varianza.....	36

C.	Análisis de regresión.....	40
D.	Respuesta del rend. a la densidad.....	40
E.	Respuesta del rend. a la fertilización.....	44
E.	Determinación de la superficie de respuesta.....	48
G.	Precios de insumos y del Producto.....	50
V.	Determinación de max. físico y óptimo económico.....	53
A.	Máxima producción física sin restricción.....	53
B.	Óptima producción económica sin restricción.....	54
C.	Densidad óptima para la máxima producción física a diferentes niveles de fert.....	59
D.	Cantidad óptima de fertilizante para la máxima producción física a diferentes densidades.....	60
E.	Densidad óptima para la óptima producción económica a diferentes niveles de fert.....	61
E.	Cantidad de fertilizante óptimo para la óptima producción económica a diferentes densidades.....	63
G.	Determinación de la densidad y fertilización para maximizar la producción dada una restricción de presupuesto.....	64
1.	Ecuación de isocosto.....	64
VI	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	69
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
A.	Conclusiones.....	73
B.	Recomendaciones.....	75
VIII.	RESUMEN.....	77
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	79
X.	ANEXOS.....	83

LISTA DE CUADROS

		página
Cuadro 1.	Análisis de semilla Certificada de maíz Híbrido B-833, Ensayo E.A.P. 1990.....	24
Cuadro 2.	Cantidades de urea y nitrógeno puro, fósforo y P ₂ O ₅ usados en los diferentes niveles de fertilización con 32-22-0. Ensayo E.A.P., 1990	29
Cuadro 3.	Tratamientos que resultaron de la combinación de los dos factores que se usaron en el ensayo E.A.P., 1990.....	30
Cuadro 4.	Esquema del ANDEVA usado. Ensayo maíz B-833, E.A.P. 1990.....	34
Cuadro 5.	Análisis de suelo, la terraza 3 de Chorreras en San Nicolás. Ensayo maíz B-833 E.A.P.....	35
Cuadro 6.	Análisis de Varianza para el ensayo de maíz B-833 en la E.A.P. 1990.....	36
Cuadro 7.	Resultados de la variable rendimiento en la repetición # 1 del ensayo de maíz híbrido B-833, E.A.P. 1990.....	37
Cuadro 8.	Resultados de la variable rendimiento en la repetición # 2 del ensayo de maíz híbrido B-833, E.A.P. 1990.....	38
Cuadro 9.	Resultados de la variable rendimiento en la repetición # 3 del ensayo de maíz híbrido B-833, E.A.P. 1990.....	39
Cuadro 10.	Costos fijos de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833. Ensayo E.A.P., 1990.....	51
Cuadro 11.	Costos variables de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833, y población de 45 mil ptas/ha. Ensayo E.A.P., 1990.....	52

Cuadro 12.	Resumen de costo total de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833, Ensayo E.A.P., 1990.....	52
Cuadro 13.	Ingresos y egresos del cultivo de híbrido B-833, con una densidad de 63.848 mil plantas/ha. y un nivel de fertilización de 579.15 kgs. de la formulación 33-22-0 (Máxima producción física).....	56
Cuadro 14.	Ingresos y egresos del cultivo de maíz híbrido con una densidad de 63.555 mil plantas/ha. y un nivel de fertilización de 359.6 kgs. de la formulación 33-22-0 (Óptima producción económica).....	57
Cuadro 15.	Resumen comparativo en L./ha. de los ingresos, egresos y margen total entre la máxima producción técnica y la óptima producción económica encontrada. Ensayo E.A.P., 1990.....	58
Cuadro 16.	Densidad necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de fertilización, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.....	60
Cuadro 17.	Fertilización necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de densidad, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.....	61
Cuadro 18.	Densidad necesaria para alcanzar una óptima producción económica dados niveles fijos de fertilización, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.....	62
Cuadro 19.	Fertilización necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de densidad, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.....	63
Cuadro 20.	Ingresos y egresos del cultivo de maíz híbrido B-833, dada una restricción de presupuesto de L.450.00. Ensayo E.A.P., 1990.....	67

Cuadro 21.	Resumen comparativo en L./ha. de los ingresos, egresos y margen total entre la óptima producción económica y los obtenidos con una restricción de presupuesto de L.450.00. Ensayo E.A.P, 1990.....	68
Cuadro 22.	Cambios en el margen de ganancia por efectos del cambio en los precios de los insumos y del producto (maíz grano) Ensayo E.A.P., 1990.....	71
Cuadro 23.	Cambios la rendimiento óptimo económico por efectos del cambio en los precios de los insumos y del producto (maíz grano). Ensayo E.A.P., 1990.....	72

LISTA DE FIGURAS

		página
Figura 1.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 0 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.....	41
Figura 2.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 197 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.....	41
Figura 3.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 295 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.....	42
Figura 4.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 394 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.....	42
Figura 5.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 493 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.....	43
Figura 6.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 45 mil ptas/ha.	45
Figura 7.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 50 mil ptas/ha.	45
Figura 8.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 55 mil ptas/ha.	45

Figura 9.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 60 mil ptas/ha.	46
Figura 10.	Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 65 mil ptas/ha.	47
Figura 11.	Superficie de respuesta del cultivo de maíz híbrido B-833 a diferentes densidades, niveles de fertilización y la interacción entre ellos.....	49
Figura 12.	Lineas de isocosto para cuatro presupuestos dados.....	66

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Distribución mensual de la precipitación en el valle de Yegüare para el año 1990. Estación meteorológica del Zamorano..... 83
- Anexo 2. Distribución de las temperaturas máximas y mínimas mensuales en el valle de Yegüare el año 1990. Estación metreológica del Zamorano..... 84
- Anexo 3. Distribución de los bloques y tratamientos usados en el ensayo de maíz híbrido B-833..... 85

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz, en Honduras y en muchos otros países Latinoamericanos, tiene gran importancia debido a su alto valor alimenticio para humanos y animales, además de ser materia prima para algunas industrias (Alimentos concentrados, producción de alcohol, almidones y extracción de aceite).

Debido al alto crecimiento demográfico de estos países en vía de desarrollo se ve la necesidad de seguir ampliando las áreas cultivadas o hacer las ya establecidas más productivas, para lo cual se deben determinar las opciones técnicas y económicas que se tienen y se pueden presentar para aumentar la producción de este cultivo. Entre estas opciones las más importantes y relevantes están relacionadas con la fertilización (Nitrógeno y Fósforo) y la densidad poblacional, ya que son factores importantes, entre otros, que determinan la productividad de cualquier cultivo.

En Honduras, la producción de maíz alcanzó las 412 mil toneladas en el año de 1985, cantidad que no fue suficiente para cubrir las necesidades de la población en ese entonces (Banco Central de Honduras, 1985, 1986) por lo que se vió la necesidad de aumentar la producción de este grano para los años subsiguientes haciendo uso más eficiente de los recursos limitantes con que cuenta el agricultor y en especial los

fertilizantes. Este hecho cobra mayor importancia si se considera que en Honduras, hay pocas tierras con vocación agrícola, lo cual hace ver la necesidad de realizar investigación con el propósito de recopilar información que ayude a aumentar la producción con los recursos limitantes de tierra, fertilizantes y haciendo uso de tecnologías que se adapten a la del agricultor promedio y con fines comerciales.

Sabemos que los altos rendimientos están directamente relacionados con altas aplicaciones de fertilizantes y el uso de variedades altamente productivas, además de otras variantes como ser: el suelo, clima, densidad de siembra, plagas y enfermedades algunos de los cuales, son factores negativos que siempre están presentes en un cultivo o experimentos; sin embargo para efecto de ésta investigación tomaran en cuenta solamente las variantes de fertilización (del Nitrógeno y Fósforo) y la densidad poblacional.

El problema de obtener máximos rendimientos por unidad de superficie en el cultivo de maíz radica en la determinación de los niveles óptimos técnicos y económicos, ya que una fertilización excesiva, tendría como resultado un aumento innecesario en los costos de producción e inclusive podría reducir los rendimientos, lo mismo para una densidad muy alta de población; y una fertilización y población insuficiente, no dará el máximo rendimiento.

Basado en lo enunciado en párrafo anteriores es que se justifica la investigación para determinar cuales son esos

niveles óptimos de fertilización y densidad poblacional.

A. Objetivos

1. Generales

Determinar el comportamiento del maíz híbrido B-833, a diferentes niveles de fertilización (de Nitrógeno y Fósforo) y densidad poblacional, bajo las condiciones climáticas del valle de Yegüare (El Zamorano) en el departamento de Francisco Morazán.

2. Específicos

a.- Determinar la función matemática que más se ajuste a la respuesta del maíz híbrido B-833 a la aplicación de diferentes niveles de fertilización y densidad poblacional.

b.- Determinar las dosis de fertilizante y la densidad poblacional para la máxima producción física y económica.

c.- Realizar un análisis económico para:

1.- Analizar los niveles de precio de los insumos y productos utilizados, de las dosis óptimas de fertilizantes y densidad poblacional para el máximo rendimiento físico y económico.

2.- Comparar los análisis de máximo rendimiento económico con el máximo rendimiento físico.

3.- Mostrar las alternativas económicas de producción a los diferentes niveles de fertilización y densidades de población evaluados.

d.- Con los resultados obtenidos y en base a los objetivos anteriores formular una recomendación de fertilización y densidad poblacional para las condiciones climáticas del valle de Yegüare, así como para otras zonas con condiciones climáticas similares (temperaturas, fertilidad de suelo, pluviosidad, etc.) y con la misma variedad de maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

De las 14 mil millones de hectáreas (estimadas) que tiene el planeta tierra, 1,432 millones son tierra arable utilizada para cultivos anuales y permanentes; y de esta proporción de tierra arable los cultivos más generalizados son, en orden de importancia: el trigo, el maíz (9.1% de las 1,432 millones de hectáreas), arroz, sorgo y mijo (Watson, Romstad 1987 y Jugenheimer 1987).

En Honduras como en la mayoría de los países latinoamericanos el cultivo de maíz tiene gran importancia por ser una de las principales fuentes de alimentación para la población y en especial la del área rural, y también para la alimentación animal por su alto grado nutricional como fuente de proteína y aminoácidos. Sin embargo los rendimientos por área en Honduras a principios de la década de los años ochenta oscilaban entre 30 a 40 quintales por manzana, que equivalen a 50 y 60 quintales por hectárea, lo cual es bastante bajo si es comparado con el promedio mundial que es de 80 a 90 quintales por hectárea (Juan Alger 1981).

Debido a los bajos rendimientos y el aumento de la población, se ve la necesidad de aumentar la producción para poder suplir la demanda cada vez mayor de este grano, lo cual puede hacerse aumentando el área sembrada y mas importante aún

haciendo uso mas eficiente de estas áreas para obtener mayores rendimientos por área.

El problema radica en que, en Honduras, estas áreas de expansión para la producción agrícola son cada año menores, por lo que, para poder maximizar los rendimientos con estas limitantes debemos aprovechar algunos factores técnicos mas eficaces como son: el uso de fertilizantes (Sen, 1966) en proporciones o niveles económicos, uso de variedades mejoradas o híbridos y otros factores que también influyen en los rendimientos como: clima, suelo, control de plagas y enfermedades, y otros. Sin embargo el factor que más influye en los rendimientos de maíz es el uso de fertilizantes (Moyle y Couston, 1962) combinado con otro factor de segunda importancia que es el uso de variedades o híbridos con gran potencial de rendimientos altos (Llanos 1984), ya que los fertilizantes aunque son muy importantes en la producción no resuelven por si mismos el problema de los rendimientos en la producción agrícola (FAO, 1980).

E.R. Duncan, citado por Wilson y Rocher (1965), de la Estación Experimental Agrícola de Iowa ha indicado algunas prácticas importantes para aumentar los rendimientos de maíz:

- a.- Una población adaptadas a la fertilidad de suelo.
- b.- Una variedad adaptada.
- c.- Control de insectos y malezas.
- d.- Control de la erosión y del drenaje.
- e.- Realización oportuna de las prácticas de campo.

f.- Rotación adecuada de cosechas.

Luchsinger, citado por Gonzáles (1977), dice que los incrementos en el rendimiento de maíz en el mundo, han sido posibles por el aumento en la densidad de siembra, niveles de altas fertilización y mejores híbridos.

A. Aspectos técnicos.

1. Sobre la fertilización.

En cuanto a fertilización, el nitrógeno y el fósforo son los elementos que más se han estudiado debido que son los mas importantes en el buen desarrollo de un cultivo, y también determinan los rendimientos. Es por eso que se necesita conocer cuales son los niveles óptimos técnicos y económicos de estos fertilizantes, lo cual además de ayudar en el aspecto económico, también ayudan a evitar resultados indeseables de contaminación, que podría provocar una tensión ecológica (Broom y Selznick s.f.).

Para poder determinar estos niveles óptimos, es necesario realizar experimentos de campo con diferentes dosis de fertilizantes con los elementos que interesan y además sirve para determinar la interacción entre estos elementos.

Robles, citado por Bárcenas (1978), reporta que las prácticas de fertilización pueden hacerse en varias formas: antes de la siembra, a la siembra o después de la siembra; sin

embargo, según otras investigaciones se ha encontrado que en maíz se obtienen mejores resultados al aplicar al momento de la siembra parte del nitrógeno, y todo el fósforo y potasio; y en la segunda labor del cultivo el resto del nitrógeno.

a. Del Nitrógeno.

El nitrógeno es uno de los elementos que más abunda en la naturaleza, pero la disponibilidad de este para la planta es lo que limita los rendimientos, ya que el nitrógeno que es aprovechable por la planta en forma rápida, es el nitrógeno orgánico (Henkes, 1968). Además es un elemento de poca estabilidad en el suelo y lo que no aprovecha la planta se pierde por evaporación o lixiviación, dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo. (Aguilar, 1987).

La planta está en capacidad de absorber un 50% a 60% del nitrógeno aplicado al suelo y el resto se pierde ya sea por volatilización o por lixiviación, por lo que una forma de evitar estas pérdidas consiste en hacer varias aplicaciones cuando la planta mas lo necesite (Bartholomew, 1973). Sin embargo hay contradicciones al respecto porque se ha encontrado que no hay diferencia significativa al comparar diferentes épocas de aplicación complementaria de nitrógeno en diferentes suelos de la región de Managua, Nicaragua (Green, 1974). La "American Society of Agronomy" (1966) afirma que los mejores rendimientos se obtuvieron aplicando todo el nitrógeno a la siembra; mientras que el "National Plant Food

Institute" (1974) afirma que las cantidades de nutrientes que la planta toma al principio son pequeñas y toma mayores cantidades durante el desarrollo y reproducción y es allí donde debe contar con las cantidades apropiadas para no retrasar estos procesos de la planta.

El nitrógeno es un regulador de otros elementos y la necesidad de éste por la planta de maíz es mayor desde tres semanas antes de la floración y tres después de la misma, que es cuando absorbe la mitad de nitrógeno que ella necesita y lo almacena, para más tarde usarlo en la formación y llenado del grano (Barcenás, 1979).

En un experimento realizado sobre fertilización en maíz en la Escuela Agrícola Panamericana se determinó que sí había diferencia significativa entre las diferentes épocas de fertilización complementaria por lo que se concluyó que es recomendable efectuar 3 aplicaciones de fertilizante nitrogenado a los 0, 30 y 50 días después de la siembra (Jorge Sánchez 1989).

En la absorción de N se pueden identificar tres fases: La primera es desde que nace hasta un mes antes de la aparición de los pistilos; la segunda es durante el mes anterior a la aparición de los pistilos y la tercera se prolonga hasta la madurez fisiológica, que es cuando deja de absorber nutrientes. (Aguilar, 1987).

Las mayores necesidades de nitrógeno en la planta son en la etapa de desarrollo o crecimiento vegetativo y a la

floración y llenado del fruto. Earber y Olson (1968) concluyeron que los fertilizantes nitrogenado se pueden aplicar antes, al momento y después de la siembra o combinando estas prácticas dependiendo de factores como temperatura, humedad del suelo y otros que pueden influenciar o no las pérdidas por lixiviación o volatilización.

Las dosis de nitrógeno es la primera que se debe seleccionar debido a la gran importancia que tiene como nutriente determinante en los rendimientos y en las ganancias del agricultor (más que el potasio y fósforo) (Cooke, 1987), además de tener un gran efecto en la calidad del grano en términos de proteína y aminoácidos (Llanos, 1984); también se ha determinado que hace mas eficiente el uso del agua por la planta (National Plant Food Institute, 1974). Se ha encontrado además que una sobre aplicación de nitrógeno, causa efectos negativos como ser: exceso de crecimiento y de color verde y casi nada de producción.

En cuanto a la forma de aplicación del nitrógeno se recomiendan aplicaciones laterales en post siembra si se registran lluvias en abundancia y si son suelos arenosos y en suelos mal drenados el exceso de humedad puede causar pérdidas por desnitrificación (Aldrich y Leng, 1974). También se afirma que la mejor forma de aplicar el nitrógeno es por medio de sistema de rocío para un 100% de eficiencia en la utilización por la planta pero que aplicaciones en banda también dan un alto grado de eficiencia.

b. Del Fósforo.

La cantidad de fósforo en el suelo es baja comparado con el nitrógeno y es un elemento muy importante para la nutrición del maíz (Aldrich y Leng, 1974).

Solo un 10% a 30% del fósforo aplicado al suelo es aprovechado por la planta y el resto se fija al suelo volviéndose no soluble por lo que se recomienda su aplicación lo más cerca de las raíces y no está sometido a pérdidas por lixiviación. (Cooke, 1982; Aguilar, 1987; National Plant Food Institute, 1974).

La mayor parte del fósforo que la planta absorbe proviene de la forma inorgánica o mineral, cuya descomposición es mas lenta que en la forma orgánica de donde la planta absorbe pequeñas cantidades (Aldrich y Leng, 1974); es por eso que cuando hacemos aplicaciones de fósforo en forma mineral se recomienda hacerlas antes o al momento de la siembra para que puedan estar disponibles al momento que las raíces estén desarrolladas y listas para absorberlo, además que la planta lo necesita en los primeros estados de desarrollo o de lo contrario podrían ocurrir daños irreversibles a la planta.

El fósforo ayuda a la formación de las raíces, maduración del fruto, formación de la semilla y protoplasma celular; se encuentra uniformemente distribuido en la planta. Las hojas y el tallo alcanzan su contenido máximo de fósforo cuando comienza a formarse el grano y en ese mismo momento comienza la traslocación del fósforo de los órganos vegetativos hacia

ESTADO DE GUATEMALA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INICAT

el grano. (Aguilar, 1987)

c. Del Nitrógeno y fósforo.

Se conoce que hay interacción entre el nitrógeno y fósforo, según el Instituto Internacional de la Potasa (1980), la absorción de fósforo por la planta es más lenta comparado con la del nitrógeno y es paralela a la acumulación de materia seca durante la mayor parte del ciclo vegetativo; también señala que hay una influencia positiva entre el nitrógeno aplicado al suelo en forma de amoníaco y la asimilación del fósforo por la planta ya que este se mantiene formando compuestos inorgánicos mas asimilables y/o porque se incrementa el crecimiento de las raíces para absorberlo (Aldrich y Leng, 1974).

Otro punto de vista es que los máximos beneficios del nitrógeno serán obtenidos solamente cuando el cultivo tiene suficiente fósforo, potasio y agua, además la respuesta al nitrógeno será mayor en la presencia del fósforo que sin él y lo mismo para el fósforo.

Según Thien y Mcfee, señalan que la elevada concentración de nitrógeno en las bandas, preconditiona a las raíces para aumentar su absorción y translocación del fósforo que se halla en esa porción del suelo. (Gamboa, 198)

2.- Sobre la Densidad Poblacional.

La población óptima se define como el número menor de plantas por unidad de superficie capaz de producir el máximo rendimiento. La relación entre rendimientos y cantidad de plantas es una función compleja afectada por otros factores de productividad como suelo, clima, variedad y fertilización.

Cultivos con menor distancia utilizan mejor la luz y mantienen la humedad del suelo (Aldrich y Leng, 1974).

Bokde citado por Gonzales (1977) opina que densidades de 58 y 60 mil plantas/ha conducen a la más alta producción de grano y la mayor distancia entre plantas produce mayor tamaño y peso de mazorca.

El número óptimo de plantas para una hectárea, varía desde 20,000 plantas para maíz sin fertilizar hasta 45,000 con fertilización de 120 Kgs./ha. según experimentos realizados en diferentes localidades en México (Laird y Lizárraga, 1959).

La densidad de siembra es importante para obtener los mayores rendimientos posibles, ya que los rendimientos responden linealmente a los aumentos en la densidad hasta alcanzar un punto máximo y luego comienza a disminuir debido a los siguientes factores:

- Al aumentar densidad cada planta recibe menos luz.
- Competencia entre plantas por nutrientes y la humedad.
- La variedad a sembrar, ya que hay variedades que soportan mayores densidades que otras.

La densidad poblacional del maíz debe variar dependiendo de la capacidad del suelo para almacenar y conservar el agua, la fertilidad, la variedad de maíz, y las prácticas culturales que se empleen. (Green, 1974; Wolfe and Kipps, 1959; Walton y Holt, 1962). Con una población mayor que la óptima se obtiene un rendimiento más bajo y con la población óptima el tamaño promedio de la mazorca es menor que el que se alcanza cuando hay menos plantas pero la producción total del grano es mayor. (Secretaría de agricultura y ganadería, Oficina de estudios especiales México).

El número de plantas por área, para obtener un mayor rendimiento económico, es mayor para los híbridos, ya que éstos requieren de mayor humedad, suelo más productivos y estaciones más cortas. Se debe usar el número correcto de plantas por área para hacer uso de la humedad y nutrientes del suelo, lo que da como resultado mazorcas con mayor peso. (Wolfe and Kipps, 1959). Según ensayos en la estación experimental de Wooster Ohio se demostró que la población óptima para híbridos bien adaptados es de unas 5000 plantas más por hectárea que las variedades antiguas de polinización libre. En esa misma estación una separación entre líneas de 125 cm. en terrenos muy productivos no redujo el rendimiento y una de 150 y 170 cm. sí la redujo considerablemente. (Wilson y Rocher, 1965).

La densidad de población está estrechamente relacionada con el rendimiento del maíz y al mejoramiento de los híbridos los que se adaptan a mayores fertilizaciones y densidades de

plantas. (Green, 1974).

Springfield y Haynes, encontraron que cuando las líneas se agrandaron a una distancia de 127 cm. no hubo reducción en la producción y cuando se hizo a 154 cm. la reducción fue de 226.2 a 282.2 kgs/ha. y a 178 cm. fue de 508 kgs/ha. El terreno tenía capacidad para producir 9,333.3 kgs/ha. o más y el mínimo número de plantas fueron sembrados en todos los casos, lo que indica que a mayor distancia entre líneas menor es la producción. (Wolfe and Kipps, 1959).

Tesar, Estación Experimental Agrícola de Michigan sembró maíz a razón de 40,000 plantas por hectárea; los rendimientos con una distancia de 150 cm. entre líneas fueron un 96% de los correspondientes a una distancia entre líneas de 100 cm. y cuando las líneas se establecieron a 200 cm. el rendimiento fue de un 87% (Wilson y Rocher, 1965).

Experimentos realizados en los E.U. indican que una separación de 75 cm. entre hileras se obtiene un rendimiento 5% mayor que los obtenidos con una separación de 102 cm. y algunas veces con separación más pequeña se pueden alcanzar un 10% a 15% mas en los rendimientos. (Green, 1974)

Moreno, en Nicaragua, estudió el efecto de la densidad de maíz, usando espacio entre hileras de 90 cm. y de 90, 60 y 30 cm. entre plantas con 3, 2 y 1 semillas por postura y obtuvo una población aproximada de 37,037 plantas/Ha y rendimientos de 3.41, 3.83 y 4.15 ton/ha respectivamente. (González, 1977)

El CIMMYT basado en ensayos realizados en México

determinó que el aumento en la población en el cultivo de maíz, produjo un incremento medio de 5,760 Kgs./ha. de grano lo que corresponde a un 57% mas que el obtenido solo con fertilización. (Gonzales, 1977)

Hernández concluyó que el factor más importante es la distribución de las plantas dentro de la hilera, en distancias entre surcos que oscilan entre de 0.50 a 1.0 mt., y a pesar de no haber diferencia en el rendimiento, considera que las distancias de 0.75 a 1.00 mt. son más ventajosas, ya que facilita el cultivo mecánico, control de plagas y cosechas, y distancias menores de 0.75 mt. provocaron acame de tallos y afectaron la altura de la mazorca y el porcentaje de la misma cosechable por planta. (Gonzales, 1977)

Actualmente la mayoría de las estaciones experimentales recomiendan usar una densidad de 45 a 55 mil plantas por ha. o granos en el suelo para obtener poblaciones de 37 a 50 mil plantas en suelos fértiles, y para ciertos híbridos algunas compañías vendedoras de semilla sugieren una densidad de 50 mil plantas por hectárea; a veces 60 mil o más atrasan más la liberación del polen y es la razón por la que muchas mazorcas quedan debilmente polinizadas. (Gonzales, 1977)

a. El nitrógeno y la densidad.

Lizurraga investigó en el Salvador y Honduras el efecto de utilizar una población de 40 y 50 mil plantas/ha con niveles de nitrógeno de 0 y 45 Kgs/ha. Cuando no se aplicó

Nitrógeno, los rendimientos fueron de 3.19 y 2.6 ton/ha. para Honduras y el Salvador; y con los 45 Kgs. los rendimientos fueron de 4.14 ton/Ha. y 5.88 ton/Ha. (Gonzales, 1977). El rendimiento de grano por planta se incrementó al aumentar las dosis de fertilización nitrogenada y disminuyó al aumentar el número de plantas.

Según las conclusiones de Ramírez F. basadas en sus experimentos, dice que con una población de 10,000 plantas por hectáreas menos que la óptima se produce un rendimiento ligeramente inferior que el obtenido con la población óptima sin embargo hay algunas ventajas probables para la población más baja: a) menos acame; b) Aumento en el tamaño de la mazorca; c) madurez más temprana. (Ramírez, Laird, 1960).

B. Aspectos Económicos.

¿Que nutrientes limitan la producción de maíz?; ¿Como determinan y decide cuanto y cuales nutrientes deben ser aplicados al suelo?. Estas son decisiones económicas que se deben tomar a menudo (Watson y Ramstad 1987) ya que para la mayoría de los productores el objetivo es agregar nutrientes hasta niveles que le den un mayor ingreso netos y estos niveles casi siempre son menores que las cantidades usadas - para obtener una máxima producción física.

Como el nitrógeno es un nutriente que determina los

rendimientos en maíz y otros cultivos, se dice que este elemento es un factor económico importante para lo cual la mayoría de los grandes productores tratan de introducir técnicas que le permitan hacer uso de este recurso en forma económica, como ejemplo está la rotación o cultivos intercalados de maíz con leguminosas; es por esto que es de gran importancia la determinación de dosis óptimas de los nutrientes mas importantes con respecto a la producción, para lo cual es necesario hacer experimentos que determinen estas dosis.

Para poder aumentar la superficie cultivada o los rendimientos por área es necesario demostrarle al agricultor que éste puede ser un cultivo rentable si se usan los fertilizantes (entre otros insumos) en cantidades óptimas económicas, que son las que le proporcionarán mayor ganancia por unidad de área (FAO 1966) y también ayudaría a subsanar en gran parte el déficit que hay en la producción de este grano para la alimentación de una población creciente, las cuales son dos razones importantes para incrementar el uso de fertilizantes y la producción .

También se sabe que la cantidad a usar de fertilizantes van a tener una influencia en los rendimientos dependiendo de los factores de humedad, tipo de suelo, cultivo, fertilizantes anteriores (residualidad), aireación del suelo, costo del fertilizante y del financiamiento y riesgo que el agricultor pueda correr (Gudiel, 1987 y Cooke, 1982).

Un aspecto muy importante que restringe o impide el uso de fertilizantes en nuestros países es el poco conocimiento que tiene el agricultor sobre la respuesta de los cultivos a los diferentes niveles de fertilización, para lo cual es necesario demostrarle lo benéfico de los fertilizantes mediante experimentos que nos ayuden a determinar la relación óptima de rendimiento-costo (Cooke, 1987) lo que proporcionará una base segura para la recomendación de fertilizante para los agricultores si los experimentos son planeados, manejados y evaluados correctamente.

La producción objetivo es la máxima producción que el cultivo puede lograr bajo ciertas condiciones climáticas (suelo, temperatura, lluvias, etc.) y no necesariamente la máxima producción física es la que mas rinde en términos de dinero, sino que para obtener el máximo beneficio por unidad de área se deben aplicar cantidades de fertilizantes de manera que el beneficio económico del último incremento del fertilizante sea igual al costo agregado al aplicarse esa cantidad y es lo que se busca al realizar ensayos. (FAO 1980). Según la FAO es conveniente calcular las necesidades de fertilizantes en función de varios valores de la relación precio ya que éstos están expuestos a cambios.

Existen varias formas de determinar las funciones de superficie de respuesta según varios autores y la guía para la selección de la función de mejor ajuste son las relaciones estadísticas, comparaciones de gráficos, además del criterio

y experiencia del investigador (Heady y Dillon, 1961 y Little y Hills, 1976). La mayoría de los autores revisados hicieron uso y determinaron que el modelo cuadrático era el mejor para realizar el análisis económico, ya que es la que mejor se ajusta a los fenómenos naturales (Heady, 1975; Doll y Orazem, 1984; Smith y Parks s.f.; Abraham y Rao, 1966; Obando, 1980).

Otros autores afirman que el modelo que mejor se ajuste dependerá de los factores clima y suelos que prevalezcan en la zona; también se afirma que no hay que confiar plenamente en los modelos matemáticos de producción para la determinación de las dosis óptimas económicas de fertilización ya que estos modelos tienen limitaciones técnicas de extrapolación por lo que no pueden ser extrapoladas a otras variedades del mismo cultivo o a diferentes suelos.

Entre las funciones de superficie de respuestas mas comunes tenemos:

- Superficie Cuadrática de Respuesta.
- Formula de la Raíz Cuadrada.
- Fórmula de Coob-Douglas.
- Función de Mitscherlich-Baule.

(Heady y Dillon, 1961; Little y Hills, 1976,).

III. MATERIALES Y METODOS

A. El área experimental.

1. Localización.

El experimento para esta investigación se llevó a cabo en terreno ubicado en el lugar denominado Chorreras (San Nicolás) en el valle de Yegüare y se encuentra dentro de la propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana a 35 kilómetros al este de la ciudad de Tegucigalpa y a orilla de la carretera que conduce al municipio de Güinope en el departamento de Francisco Morazán.

El valle de Yegüare está ubicado entre las coordenadas de 14 grados latitud Norte y 87.02 grados longitud oeste, con una altitud aproximada de 800 metros sobre el nivel del mar, lo que lo viene a ubicar en una zona de clima Tropical con niveles de temperatura que oscilan entre 19 y 30 grados centígrados y una precipitación entre 1,100 a 12,500 milímetros de lluvia por año y la mayor parte cae entre los meses de Junio a Agosto.

2. Características del área Experimental.

El área experimental consistió de una extensión total de 2,220 mt² que incluye bordes y calles, y se dividió en 75 parcelas, cada una con 18.9 mt² de área: 2.7 metros de ancho y 7 metros de largo, distanciamiento de 1 metro entre parcelas y bloques, lo que deja una área total efectiva de 1,417 mt²; de esta área efectiva 807 mt² es el área útil, formada por parcelas de 6 mt. de largo por 1.8 mt de ancho por efectos de bordes.

Después de la preparación de suelo y antes de la siembra se tomaron muestras de suelo para hacer un análisis y determinar las características del suelo y principalmente la fertilidad, cuyos datos se muestran en el cuadro 5.

B. El trabajo Experimental.

1. La Preparación del terreno.

La preparación del terreno se hizo con maquinaria pesada y consistió básicamente de una arada y dos rastreadas para una buena preparación de suelo; luego se demarcaron las parcelas con estacas y cabuya. El surcado de las parcelas se hizo manualmente debido a que no fue posible el uso de maquinaria para esta actividad.

2. La Siembra.

Como material vegetativo se usó semilla certificada del Híbrido B-833 de la compañía Dekalb, se le hizo un análisis de laboratorio para determinar el porcentaje de germinación y demás información técnica que se presenta en el cuadro 1.

La siembra se llevó a cabo el día 29 de julio 1991 en forma manual, comenzando con el surcado de las parcelas para luego hacer una aplicación del Insecticida-Nematicida FURADAN a razón de 15 kgs. por hectárea e inmediatamente antes de la siembra para prevenir el ataque de plagas del suelo a las semillas y las plántulas recién germinadas, se colocaron dos semillas por postura a distancias entre hileras y semillas adecuada para alcanzar las diferentes densidades de población deseadas y a una profundidad aproximada de tres centímetros. Una vez que germinó la planta y a los 14 días después, se hizo un raleo para dejar una sola planta por postura y alcanzar las poblaciones deseada de plantas por hectárea. No fue necesaria la resiembra o trasplante.

Cuadro 1. Análisis de semilla Certificada de maíz del Híbrido B-833, Ensayo E.A.P. 1990.

REGISTRO #	13
VARIEDAD	B-833
PRODUCTOR	E.A.P.
LUGAR	ZAMORANO
FECHA DE COSECHA	ENERO - 90
FECHA DE ANALISIS	2, JUNIO, 1990
GERMINACION	80.0%
SEMILLA PURA	98.0%
SEMILLA DE OTROS CULTIVOS	0.0%
SEMILLA DE MALEZAS	0.0%
SEMILLA DE OTRAS VARIETADES	3 SEM./Kg.
MATERIA INERTE	2.0%
HUMEDAD	14.0%

FUENTE: Etiqueta de certificación # 007333.

3. La densidad de siembra.

En cada parcela se sembraron 4 surcos o hileras de 7 mt. de largo a un distanciamiento de 0.9 metros entre hilera, y una distancia entre plantas de 0.17, 0.18, 0.20, 0.22 y 0.25 metros, para alcanzar las diferentes densidades de población por hectárea de 65, 60, 55, 50, y 45 mil respectivamente, siendo la de 50 mil la recomendada por el departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana para producciones comerciales.

4. La Fertilización.

Como fuente de fertilizante se utilizó la fórmula completa (18-45-0) para suplir el fósforo y parte del

nitrógeno necesario a cada nivel de tratamiento; y para complementar el nitrógeno necesario, Urea al 46%. De la combinación de ésta dos fuentes de fertilizante se sacó la formulación 33-22-0, que es la que varió para cada tratamiento.

a. El Fósforo.

El fósforo por ser un elemento más estable y de poca movilidad dentro del suelo, normalmente es necesario realizar una sola aplicación, aunque la planta lo necesita a lo largo de todo el ciclo de vida, ya que su liberación y disponibilidad es lenta y está presente cuando se necesita.

Como fuente de fósforo se usó la fórmula 18-46-0, se hizo una sola aplicación inmediatamente antes de la siembra para que esté disponible al momento del desarrollo de las raíces.

Los niveles de fórmula que se usaron son:

0 - 90.9 - 136.4 - 181.8 - 227.27 - kilogramos del producto 18-46-0 por hectárea.

Las cantidades que se usaron por parcela son:

0 - 172 - 257 - 344 - 430 - gramos de fórmula por parcela para cada nivel respectivo, en una sola aplicación.

b. El Nitrógeno.

En cuanto a la aplicación de este elemento se sabe que lo ideal es hacer 4 aplicaciones durante el ciclo del cultivo en sus etapas de germinación y desarrollo (crecimiento,

floración, formación y llenado del fruto) que son las que se consideran etapas críticas. Esto es debido a que el Nitrógeno es un elemento que se pierde a la atmósfera (volatiliza) con facilidad o se lixivía muy rápido, lo que reduce la disponibilidad para la planta cuando más lo necesita.

Sin embargo a pesar de lo expuesto anteriormente, hicimos solamente 3 aplicaciones en la forma siguiente:

- La primera fertilización se hizo al momento de la siembra (junto con el fósforo en la fórmula 18-46-0.) a chorro corrido y a la orilla del surco.
- La segunda aplicación de urea fue aproximadamente a los 30 días después de germinada la planta y durante la etapa de crecimiento, cuando la planta tenía mas o menos 4 hojas, para ayudarle al desarrollo vegetativo.
- La tercera aplicación de urea se considera de mayor importancia ya que se realiza en la etapa más crítica del desarrollo de la planta y le sirve para la floración y el llenado del fruto, y se efectuó cuando comenzaron a salir las primeras flores masculinas.

Los niveles de nitrógeno que se usaron son:

0 - 105.9 - 159 - 212.27 - 265 - kilogramos de producto por hectárea. Siendo este producto Urea al 46%.

La cantidad de urea que se uso para el ensayo es de 2.8056 kgs en 2 aplicaciones. El nitrógeno de la fórmula 18-46-0 no está incluido en los niveles presentados anteriormente.

RECIBIDO EN LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
 EL 10 DE ABRIL DE 1964
 TENDRÉ A SU DISPOSICIÓN

5.- El control de malezas.

El primero se llevó a cabo aproximadamente a los 25 días después de la siembra, con herbicida Gramoxone a razón de 1.5 litros por hectárea, ya que no era posible el uso de azadón por la alta incidencia de malezas, lo que hubiera tomado demasiado tiempo el control, y el cultivo estaba en rápido crecimiento vegetativo; ésto para permitirle al maíz desarrollar mas rápido, cubrir el área descubierta y facilitar la primera aplicación de urea que fue a los 30 días después de la siembra; después de este control químico los siguientes fueron manuales y antes de las aplicaciones de fertilizante.

6.- El control de plagas.

El primer control se hizo al momento de la siembra con la aplicación de Furadán como se mencionó anteriormente.

Luego, para el control de otras plagas y enfermedades se hicieron muestreos periódicos para detectar niveles críticos de infestación principalmente del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) que es el que causa mayores daños económicos. Se encontraron niveles altos de infestación a los 30 días después de la siembra. Para su control se hizo una aplicación con insecticida granulado Volatón a razón de 12 kgs. por hectárea aplicado directamente al cogollo de la planta. Después de ésta aplicación no se volvieron a encontrar niveles altos de

infección que justificaran otra aplicación de insecticida.

7.- La cosecha.

Esta se realizó el día 18 de Enero de 1991. Antes de realizar la cosecha se determinó la parcela útil, lo que consistió en eliminar las hileras que están a las orillas y 50 cm. a los extremos de las hileras centrales de cada parcela, esto para reducir el margen de error ocasionado por la influencia de las parcelas que están a los lados. El tamaño de la parcela útil resultó ser de 10.8 mt².

C.- El Diseño experimental.

Se usó un diseño de bloque completo al azar (BCA) con 3 repeticiones y 25 tratamientos; cada bloque con 25 parcelas u observaciones con un tratamiento cada una, lo que dio como resultado un total de 75 parcelas. El diseño en si es un BCA con factorial de 5x5 y 3 repeticiones.

1.- Tratamientos.

Como se mencionó anteriormente se evaluaron 5 niveles o dosis de fertilizantes (fórmula y urea), 5 densidades de población y la interacción de los 2 factores a las diferentes dosis; es de esta combinación que resultaron los 25

tratamientos que se muestran en el cuadro 3. Estos tratamientos fueron distribuidos al azar dentro de cada bloque y ninguno se repitió dentro de los bloques pero sí entre bloques.

El cálculo de las cantidades que se usó de cada producto (Urea y fórmula fosfatada) se presentan en el cuadro 2.

- la urea tiene una concentración 46% de N, y la fórmula 18% de N y 46% de P.

Cuadro 2. Cantidades de urea y nitrógeno puro, fósforo y P₂O₅ usados en los diferentes niveles de fertilización con 32-22-0.

Nivel de fert./ha.	Dosis de Urea	Dosis de fórmula	Cantidad de Nitrógeno	Cantidad de P ₂ O ₅
0	0	0	0	0
197	106	91	65.0	41.9
295	159	136	97.6	62.6
394	212	182	130.3	83.7
493	265	227	162.8	104.4

Cuadro 3. Tratamientos que resultaron de la combinación de los dos factores que se usaron en el ensayo E.A.P., 1990.

# de trat.	Factores	
	Densidad (Pta./ha.)	Fertilización
1	45000	0
2	45000	197
3	45000	295
4	45000	394
5	45000	493
6	50000	0
7	50000	197
8	50000	295
9	50000	394
10	50000	493
11	55000	0
12	55000	197
13	55000	295
14	55000	394
15	55000	493
16	60000	0
17	60000	197
18	60000	295
19	60000	394
20	60000	493
21	65000	0
22	65000	197
23	65000	295
24	65000	394
25	65000	493

Las dosis de fertilización están dadas en Kgs./ha de la formulación 33-22-0.

D. Recolección de datos

1. Agronómicos

a. Rendimiento.

Para determinar los rendimientos de los diferentes tratamientos, se cosecharon los surcos centrales dejando 50 cm. en los extremos y los surcos de las orillas de cada parcela, luego fueron desgranados, pesados y se determinó la humedad del grano a las muestra de cada parcela para luego ser ajustados a una humedad de 14% para facilitar los análisis estadísticos. Luego se ajustó cada muestra al número de plantas esperadas para cada densidad y se extrapoló esta información a una hectárea para determinar el rendimiento por hectárea.

También se tomaron datos sobre el número de plantas cosechadas y así determinar el peso promedio por planta.

La fórmula que se usó para ajustar el peso del grano a un 14% de humedad es la siguiente:

$$P_f = \frac{P_i * (100 - H_i)}{100 - H_f}$$

Donde: P_f = Peso final del grano ajustado al 14 %.

P_i = Peso inicial del grano.

H_i = Humedad inicial del grano.

H_f = Humedad final deseada (14%)

La recolección de datos agronómicos se hizo a lo largo del experimento y éstos incluyeron:

- Días de la siembra a la emergencia, la cual se produjo entre los días 5 y 12 después de la siembra.
- Niveles de infestación de plagas y/o enfermedades; como se mencionó anteriormente, solo se detectó a los 30 días un nivel de infestación que hizo necesaria una aplicación de insecticida.
- Frecuencia de lluvia, la cual se observa en el anexo 1.

Estos factores antes mencionados se tomaron en cuenta porque en su mayoría influyen en los rendimientos de algunas variedades o híbridos.

Por último se cosecharon las plantas de maíz que se encontraban dentro de los 2 surcos centrales dejándose un margen de 50 cm. en los extremos de las parcelas, que es lo que se considera como parcela útil. La cosecha se hizo después que la mazorca alcanzó una humedad aproximada entre 22% y 25%, ya que es cuando se considera que ha alcanzado su madurez fisiológica y normalmente el grano no seguirá perdiendo humedad a menos que lo hagamos en forma artificial (o que la humedad relativa del ambiente sea bastante baja como en el verano), lo que además facilita el desgrane

Luego se tomaron los datos de rendimientos y fueron ajustados a un 14% de humedad para estandarizar los resultados.

2. Económicos.

a. Costos fijos.

Se consideran como costos fijos los que no están afectados por cambios en los niveles de densidad, fertilización y producción.

b. Costos variables.

Considerados todos los que varían de acuerdo con el nivel de las variables utilizadas y la producción resultante.

c. Precios de los productos.

Se usaron precios de los diferentes insumos y del producto según registros del departamento de Agronomía del año 1990, a los cuales se les hizo un ajuste incremental del 30% por efecto de devaluación e inflación (según recomendación de dicho departamento) para adaptar o hacer los precios más reales para el año en que se hizo el análisis económicos de los datos (1991).

E. Análisis de los datos.

Una vez recolectados los datos agronómicos y económicos se realizaron los análisis estadísticos y económicos.

El análisis estadístico se hizo con el programa MSTAT-C el que consistió en un análisis de varianza para determinar

los valores F de las fuentes de variación y en base a ellos determinar las probabilidades de ocurrencia y la significancia de los diferentes factores.

El esquema del análisis de varianza se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Esquema del ANDEVA usado. Ensayo maíz E-833, E.A.P. 1990.

Fuente de variación	Grados de libertad
Repetición	2
Tratamientos	24
Factor A (Densidad)	4
Factor B (Fertilización)	4
Interacción AxB	16
Error	48
Total	74

El análisis económico de los datos se hizo también con el programa MSTAT-C y consistió en determinar la función de mejor ajuste a los datos que resultaron del experimento en base a la función que presentara el mayor coeficiente de determinación (r^2). Una vez encontrada la función de mejor ajuste se determinó el punto máximo técnico y económico mediante derivadas parciales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Análisis de suelo.

Según podemos observar en el cuadro siguiente del análisis de suelo, este tiene una textura franco arcillo arenoso, con un contenido de materia orgánica de 2.27 % y un contenido de N de 0.13 % y P de 17.4 ppm, lo que se considera dentro de lo normal para el N y un poco bajo para el P. Los otros elementos se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de suelo de la terraza 3 de Chorreras en San Nicolás. Ensayo maíz B-833 E.A.P.

Textura	Franco arcillo arenoso
Arena	56 %
Limo	22 %
Arcilla	22 %
Contenido de N total	0.13 %
Contenido de P	17.4 ppm
Contenido de K	328 ppm.
Contenido de materia orgánica	2.27 %
Ph (kcl)	4.11

Fuente: Laboratorio de suelos depto. de Agronomía.

B.- Análisis de varianza.

Con los 75 datos de rendimiento que se obtuvieron de las 3 repeticiones se abrió un archivo en MSTAT-C para realizar el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 4, donde podemos observar que la fertilización fue altamente significativa con una probabilidad de ocurrencia de 1%; la densidad fue significativa con una probabilidad de ocurrencia del 7%; la repetición y la interacción no mostraron significancia. También el análisis muestra un coeficiente de variación de 17.8% lo cual es bastante normal en maíz donde se puede aceptar hasta un 25% de variación y éste nos indica que la conducción del experimento fue buena.

Cuadro 6. Análisis de Varianza para el ensayo de maíz B-833 en la E.A.P. 1990.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Prueba F	Prob.
Repetición	2	1196191.26	598095.63	1.83	0.1716
Densidad	4	3071586.51	767896.63	2.35	0.0676*
Fertilización	4	7161228.50	1790307.12	5.47	0.0010**
Interacción A*B	16	3054233.34	190889.58	0.58	
Error	48	15695658.44	326992.88		
Total	74	30178898.04			

C.V = 17.8

* = Significancia al 1%

** = Significancia al 10%

En los cuadros 7 al 9 se muestran los datos de rendimientos y otra información de campo para cada repetición del ensayo.

Cuadro 7.- Resultados de la variable rendimiento en la repetición
 # 1 del ensayo de maíz híbrido B-633, E.A.P., 1990.

Numero de Parcel.	Num. de Trat.	Densid. de Pobla.	Niv. de Fert.	Peso de del Grano	% de Humed.	Peso ajust. de 14%	Num. Ptas. Coe.	Rend/ha. ajust. # pta/dena
103	1	45000	0	2.149	13.67	2.157	31	2770.7
113	2	45000	197	1.432	13.39	1.442	28	2050.7
119	3	45000	295	1.915	13.25	1.932	29	2652.1
116	4	45000	394	3.919	13.25	3.953	44	3577.2
121	5	45000	493	2.493	14.39	2.482	33	2994.2
102	6	50000	0	2.071	14.15	2.067	35	2675.9
108	7	50000	197	2.047	13.91	2.089	28	3385.3
122	8	50000	295	1.629	13.09	1.646	35	2134.0
117	9	50000	394	2.482	13.91	2.485	39	2890.4
107	10	50000	493	2.595	14.03	2.594	34	3461.6
101	11	55000	0	1.727	13.67	1.734	31	2796.2
111	12	55000	197	2.353	13.09	2.378	40	2972.4
120	13	55000	295	1.991	14.03	1.990	34	2926.9
106	14	55000	394	2.362	14.63	2.345	33	3552.6
115	15	55000	493	2.871	13.25	2.896	32	4525.1
109	16	60000	0	1.803	13.25	1.813	37	2730.8
110	17	60000	197	1.767	13.09	1.786	35	2834.4
125	18	60000	295	3.301	13.25	3.330	48	3853.9
118	19	60000	394	1.346	13.79	1.349	31	2418.1
112	20	60000	493	2.489	14.03	2.488	42	3291.2
105	21	65000	0	1.993	14.03	1.992	39	2979.9
124	22	65000	197	2.229	14.15	2.225	50	2596.0
123	23	65000	295	2.166	13.91	2.188	42	3039.3
104	24	65000	394	2.549	14.39	2.537	41	3610.2
114	25	65000	493	2.475	13.91	2.479	52	3902.3

Las dosis de fertilizantes están dadas en Kgs.
 de la formulación 33-22-0.

Cuadro 8.- Resultados de la variable rendimiento en la repetición
2 del ensayo de maíz híbrido B-833, E.A.P., 1990.

Numero de Parcel.	Num. de Trat.	Dens. de Pobla.	Nlv. de fert.	Peso del Grano	X de Humed.	Peso ajust. 14%	Num. Ptas. Cos.	Rend/ha. ajust. # pta/dens
210	1	45000	0	2.404	14.51	1.992	36	2203.2
201	2	45000	197	2.928	13.53	2.994	37	3168.0
208	3	45000	295	3.357	13.25	3.386	47	2868.6
224	4	45000	394	2.193	14.03	2.192	21	4156.4
202	5	45000	493	2.212	14.03	2.211	34	2589.4
222	6	50000	0	2.166	14.87	2.144	35	2779.4
217	7	50000	197	2.386	14.03	2.385	45	2404.8
223	8	50000	295	2.710	14.27	2.701	32	3830.2
218	9	50000	394	1.948	14.76	1.931	31	2826.2
211	10	50000	493	3.090	14.15	3.085	47	2977.7
215	11	55000	0	1.440	14.27	1.435	35	2050.7
221	12	55000	197	2.253	14.51	3.234	45	3593.0
220	13	55000	295	3.573	13.79	3.562	48	3731.0
216	14	55000	394	3.394	14.27	3.383	53	3191.8
213	15	55000	493	2.861	14.27	2.852	46	3100.0
205	16	60000	0	3.087	13.67	3.079	51	3353.8
204	17	60000	197	2.632	13.67	2.642	49	2995.6
214	18	60000	295	2.239	13.39	2.255	39	3212.1
225	19	60000	394	3.356	14.15	3.350	37	5030.2
212	20	60000	493	3.254	14.75	3.226	58	3089.7
209	21	65000	0	1.844	13.53	1.854	48	2253.2
206	22	65000	197	3.802	14.15	3.795	64	3459.3
207	23	65000	295	2.909	14.75	2.884	49	3432.9
219	24	65000	394	3.534	13.91	3.538	56	3685.1
203	25	65000	493	3.624	13.91	3.628	53	3992.9

Las dosis de fertilizante están dadas en Kgs.
de la formulación 33-22-0.

Cuadro 9.- Resultados de la variable rendimiento en la repetición
3 del ensayo de raíz híbrido B-833, E.A.F., 1990.

Numero de Parcel.	Num. de Trat.	Densi. de Pobla.	Niv. de Fert.	Peso del Grano	% de Humed.	Peso ajust. 14%	Num. Ptas. Cos.	Rend/ha. ajust. # pta/dens
309	1	45000	0	1.957	13.67	1.965	29	2697.1
320	2	45000	197	3.417	13.53	3.436	37	3697.0
322	3	45000	295	4.124	15.71	4.042	45	3576.3
314	4	45000	394	2.950	13.79	2.957	35	3364.0
325	5	45000	493	3.001	13.91	3.004	35	3417.4
303	6	50000	0	1.234	12.92	1.249	24	1667.4
308	7	50000	197	2.871	13.79	2.878	41	3184.8
313	8	50000	295	3.391	14.27	3.380	45	3408.2
304	9	50000	394	3.020	14.63	2.998	42	3238.4
307	10	50000	493	3.053	14.51	3.035	45	3059.9
306	11	55000	0	2.105	13.39	2.120	46	2304.3
311	12	55000	194	2.918	14.09	2.915	51	2857.8
312	13	55000	295	3.060	14.51	3.042	46	3306.4
302	14	55000	394	2.981	14.87	2.951	42	3512.9
305	15	55000	493	3.625	14.99	3.583	45	3981.4
316	16	60000	0	3.335	14.03	3.334	49	3779.9
319	17	60000	197	3.043	13.87	3.055	48	3535.5
301	18	60000	295	2.055	13.25	2.073	48	2399.2
324	19	60000	394	3.361	14.27	3.350	44	4230.4
318	20	60000	493	3.551	14.39	3.535	51	3850.7
321	21	65000	0	2.474	14.87	2.449	47	3039.5
323	22	65000	197	3.901	13.87	3.918	55	4153.3
315	23	65000	295	4.165	14.11	4.111	53	4525.0
317	24	65000	394	3.913	14.51	3.890	54	4201.9
310	25	65000	493	3.211	13.91	3.214	56	3348.3

Las dosis de fertilizante están dada en kgo.
de la formulación 33-22-0.

C. Análisis de Regresión.

Con los mismos datos de rendimientos que se usaron en el Andeva, se planteó un modelo de regresión para determinar la función de mejor ajuste, la cual generó los datos para graficar la superficie de respuesta. La función de mejor ajuste encontrada fue la siguiente:

$$R = 53793.58 - 2839.4D + 51.616D^2 - 0.30744D^3 + 2.2795F - 0.0027424F^2 + 0.014049DF.$$

(216.4) (39.7) (0.24) (2.54) (0.00193) (0.01495)

$$r^2 = 73.6\%$$

Donde: R= Rendimientos de maíz en kgs/ha.

D= Niveles de densidad usados en miles de plantas/ha.

F= Niveles de fertilización usados en kgs/ha.

E. Respuesta del rendimiento a la densidad poblacional

Como podemos observar en las figuras 1 a 5, la densidad no tuvo un efecto cuadrático como se esperaba, ya que al aumentar de 45 mil a 50 mil plantas/ha. manteniendo la fertilización constante disminuyó los rendimientos y después de éste nivel de densidad sí respondió a la ley de los incrementos decrecientes, alcanzando un punto máximo después del cual comenzó a decrecer.

La flecha hacia arriba indica la máxima producción física; y la flecha hacia abajo el óptimo rendimiento económico.

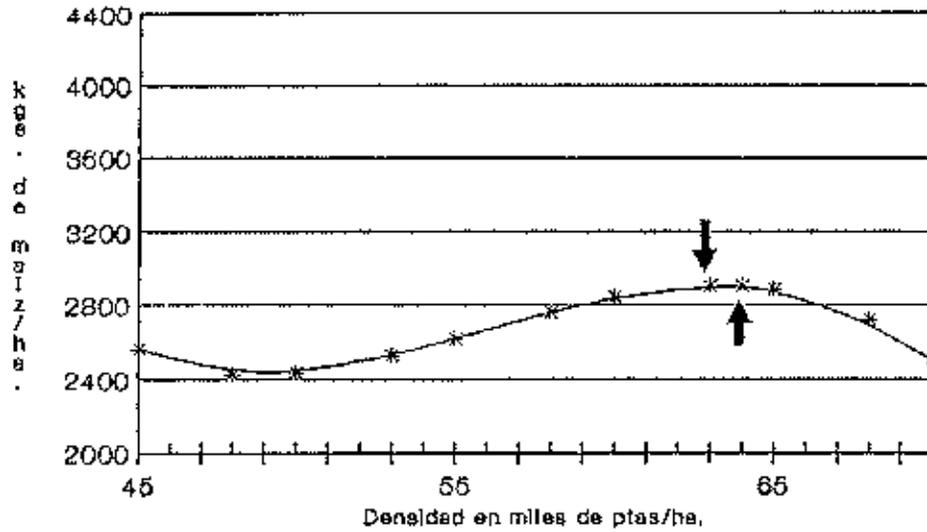


Figura 1. Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 0 kgs/ha, de la formulación 33-22-0.

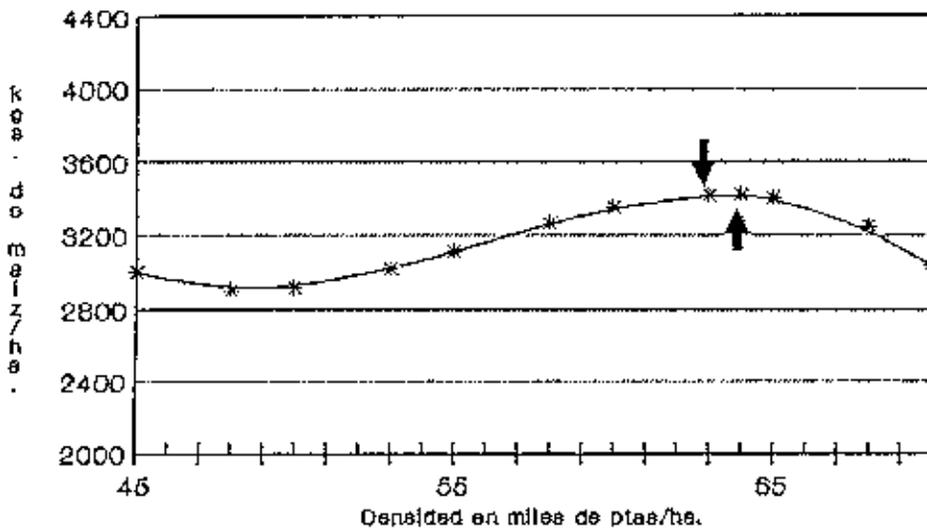


Figura 2. Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 197 kgs/ha, de la formulación 33-22-0.

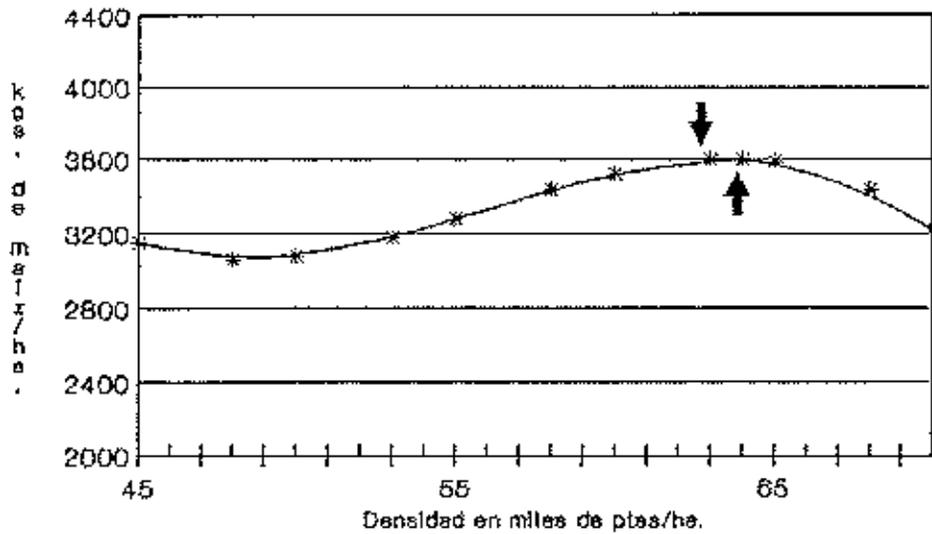


Figura 3. Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 295 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.

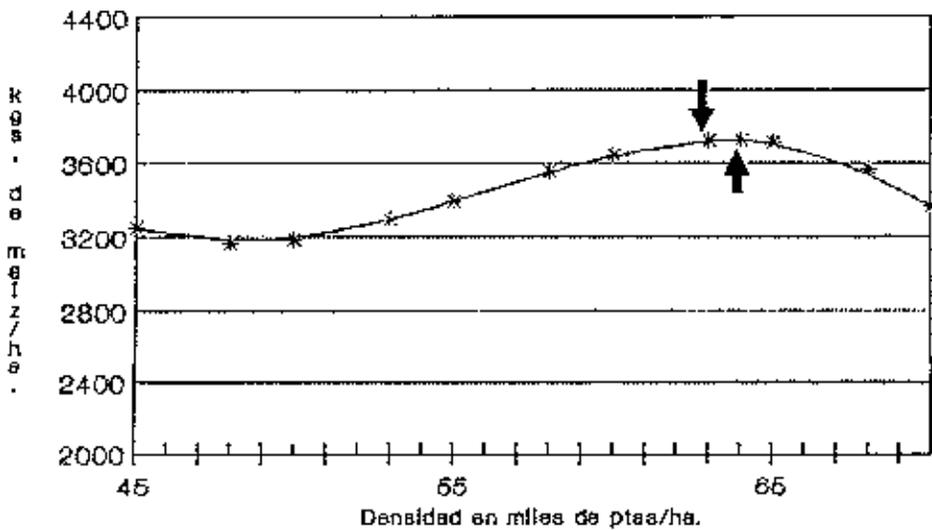


Figura 4. Rendimientos ajustados del maíz B-833 a diferentes densidades y fertilización constante de 394 kgs/ha. de la formulación 33-22-0.

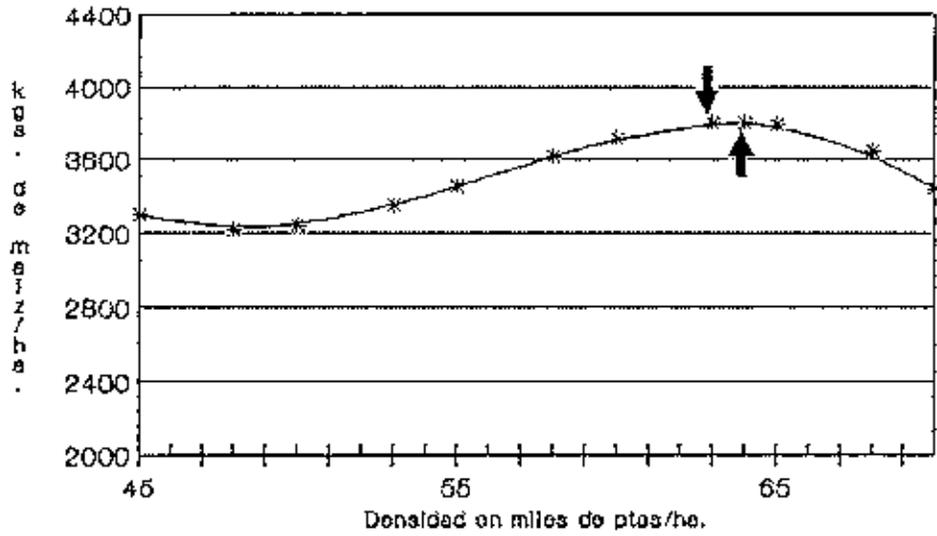


Figura 5. Rendimientos ajustados del maíz B-888 a diferentes densidades y fertilización constante de 493 kg/ha, de la formulación 33-22-0.

D. Respuesta del rendimiento a la fertilización.

La respuesta a la fertilización en el presente ensayo fue positiva y significativa, su resultado correspondió con la ley de los incrementos decrecientes, tal como podemos observarlo en las figuras 6 a 10, donde vemos que ha medida que se aumentó el nivel de fertilización, los rendimientos aumentaron cada vez menos hasta alcanzar un punto máximo (máximo rendimiento físico), después del cual los incrementos en fertilización no aumentaron el rendimiento sino que por el contrario comenzaron a decrecer.

En las gráficas se señalan con flechas los puntos máximos de producción física y los óptimos económicos para cada uno de los factores que se usaron en el ensayo, variando uno de ellos y manteniendo constante el otro tal como se describe en cada gráfico.

La flecha hacia arriba indica la máxima producción física; y la flecha hacia abajo el óptimo rendimiento económico.

En ambos casos, para la respuesta del rendimiento a la fertilización y a la densidad, para hacer que la curva baje después del punto máximo, se aumentaron el número de los tratamientos, estimando los valores esperados para cada tratamiento con la función ajustada que resultó del análisis de regresión.

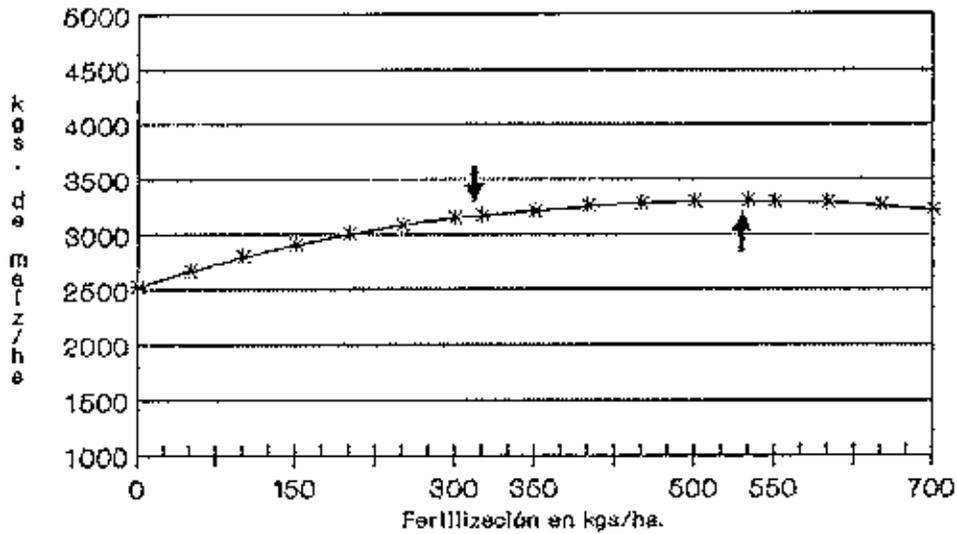


Figura 6. Rendimientos ajustados de maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-2-0 y densidad constante de 45 mil ptas/ha.

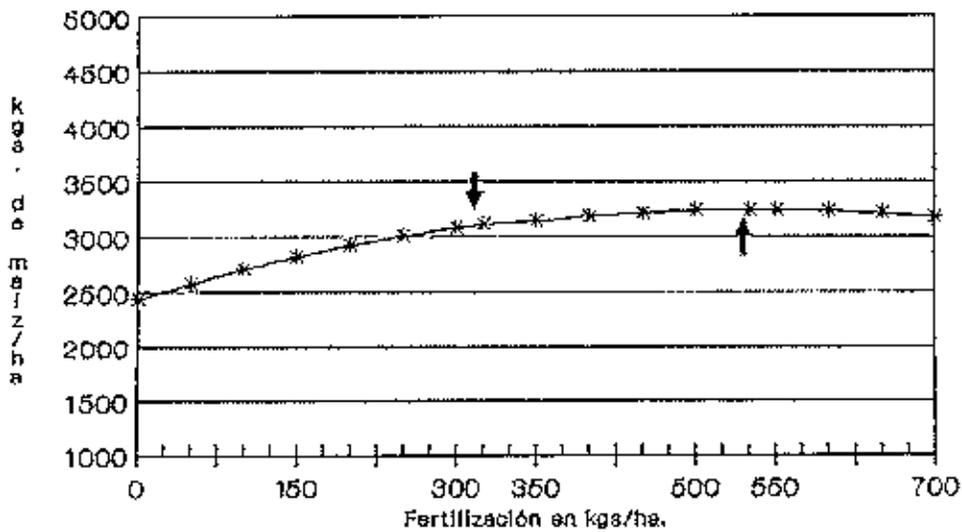


Figura 7. Rendimientos ajustados de maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 50 mil ptas/ha.

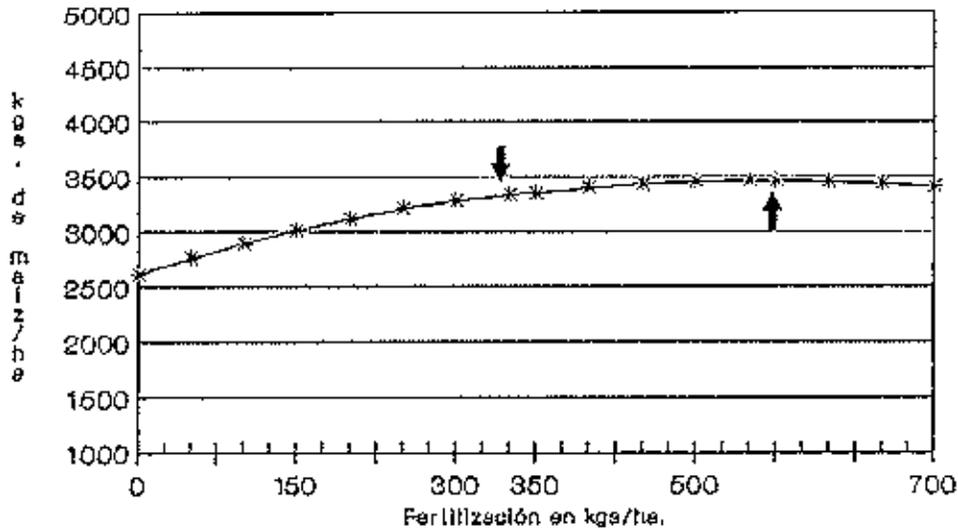


Figura 8. Rendimientos ajustados de maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 56 mil ptas/ha.

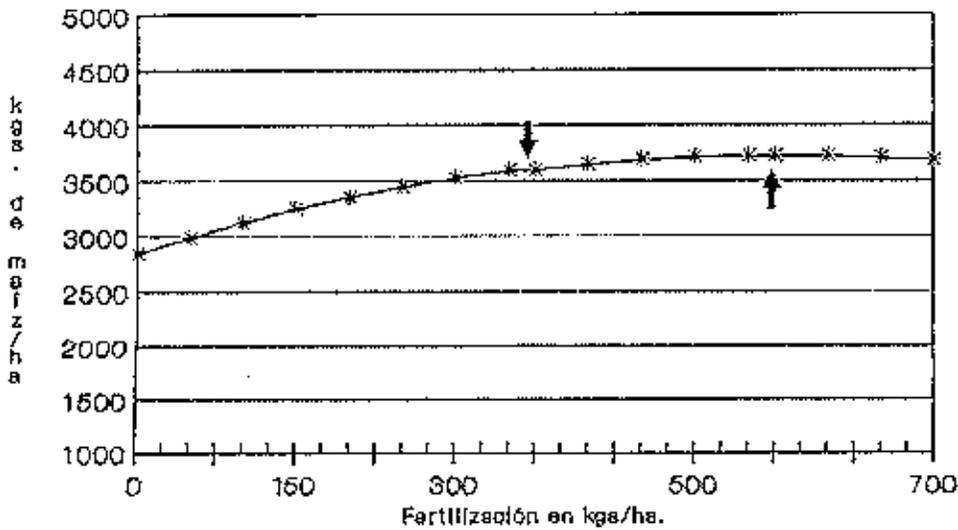


Figura 9. Rendimientos ajustados de maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 50 mil ptas/ha.

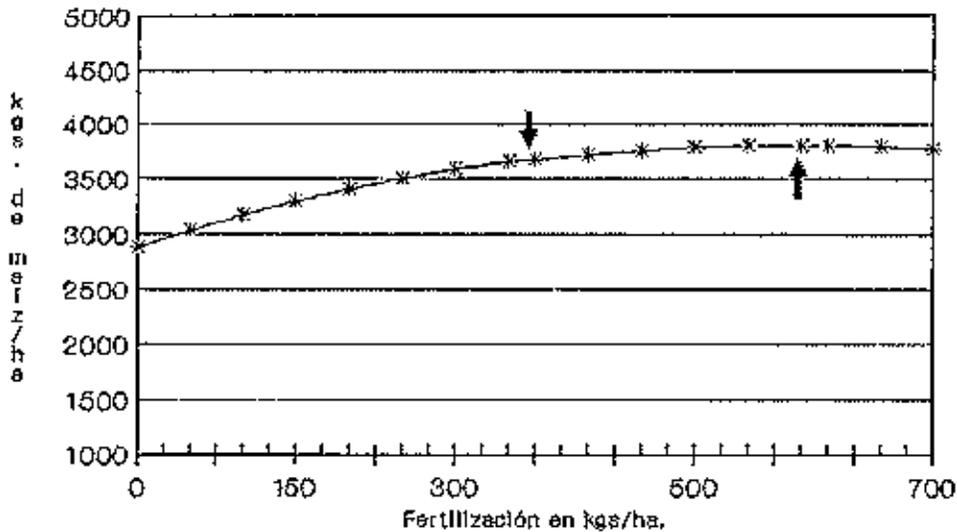


Figura 10. Rendimientos ajustados de maíz B-833 a diferentes niveles de fertilización con la formulación 33-22-0 y densidad constante de 66 mil ptas/ha.

F. Determinación de la superficie de respuesta.

La superficie de respuesta está dada por la interacción de los factores densidad poblacional y fertilización lo que podemos observar en la figura 11, donde vemos el efecto cuadrático de la fertilización y el efecto cúbico de la densidad, además podemos determinar en forma visual y tener una idea de cual es la combinación de los factores densidad y fertilización que debemos usar para alcanzar un máximo rendimiento físico.

SUPERFICIE DE RESPUESTA

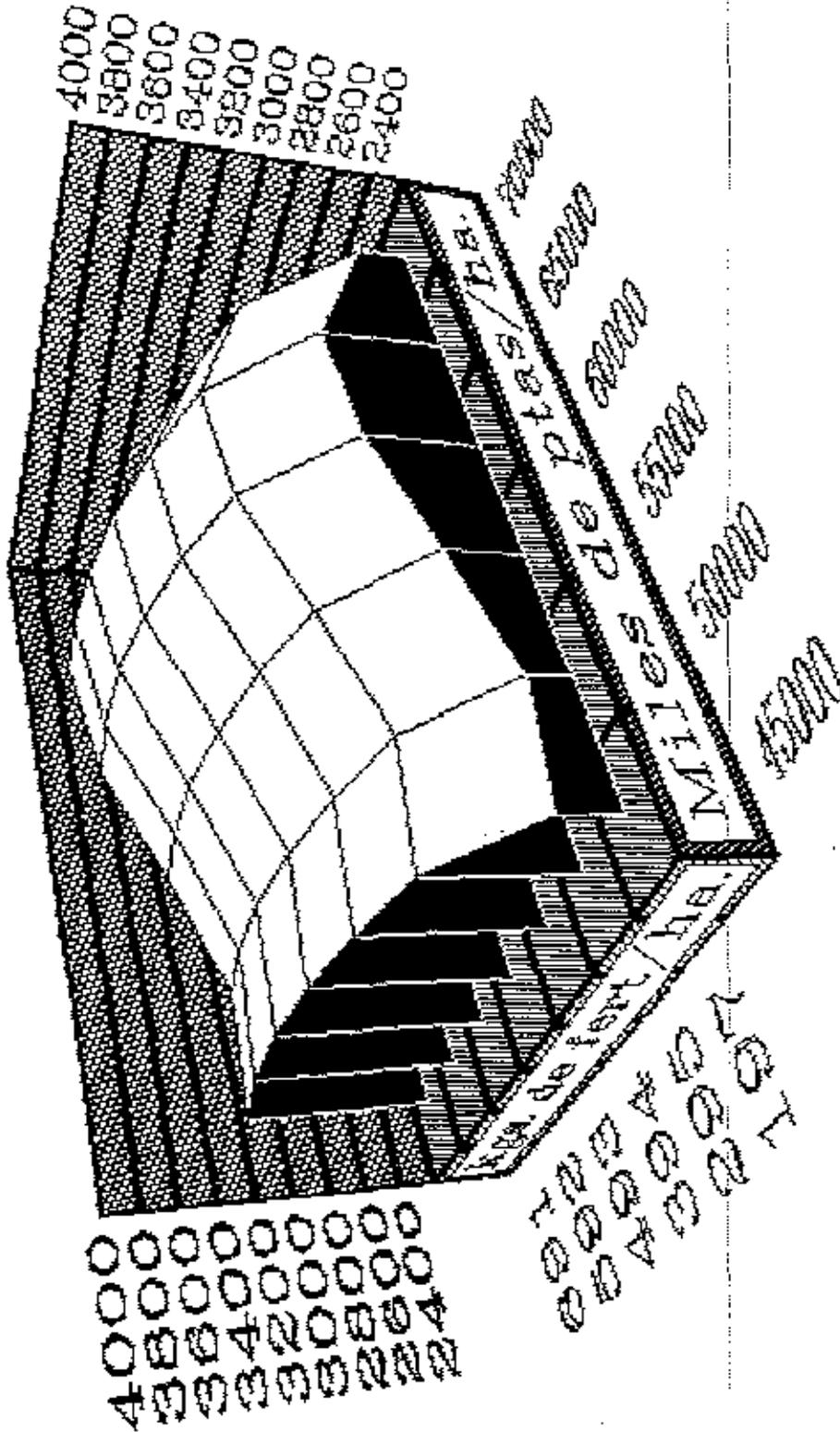


Figura 11. Superficie de respuesta del cultivo de maíz híbrido B-833 a diferentes densidades, niveles de fertilización y la interacción entre ellos.

G. Precios de los insumos y del producto.

En los cuadros siguientes se muestran los precios de los insumos y de los productos en base a los cuales se determinaron los costos fijos y variables para un cultivo de maíz tecnificado y a los diferentes niveles de densidad y fertilización.

El precio del maíz grano para la zona de la E.A.P. y la temporada del 90-91 es de L.52.00 por 45 kgs. lo que equivale a L.1.15/kg.

AGENCIA NUCLEON POPULAR
DE INVESTIGACIONES PANAMERICANA
CALLE 100 N. 100
TEGUIGALPA, HONDURAS

Cuadro 10. Costos fijos de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833. Ensayo E.A.P., 1990.

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COST/UN.	TOTAL	%
Maquinaria					
	Hrs/maq.				
Arada	"	1.2	69.33	83.5	
Rastreada y herb.	"	0.83	69.33	57.2	
Siembra y fert.	"	0.80	40.62	32.5	
Aspersión herb.	"	0.80	40.62	32.5	
Asperción insect.	"	0.80	40.62	32.5	
Cultivada y fert.	"	0.80	48.75	39.0	
Cosecha	"	1.5	43.33	65.0	
Sub total				342.2	25.19
Insecticidas					
Furadán	Kgs.	25	15.96	399.1	
Loresban	Kgs.	12	11.58	139.0	
Sub total				538.1	42.9
Herbicidas					
Dual	Lts.	2	48.38	97.76	
Gesaprim	Kgs.	2	14.3	28.60	
Sub total				126.36	9.3
Mano de obra					
Deshierbe	Jornales	7	9.60	67.2	
Fert. y aporque	"	8	9.60	76.8	
Sub total				144.0	10.6
Asistencia técnica	Hrs/h	25	6.50	162.5	11.96
COSTO FIJO TOTAL				1358.16	100

1 Jornal= 8 horas hombre.

Cuadro 11. Costos variables de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833, y población de 45 mil ptas/ha. Ensayo E.A.P., 1990.

COSTOS VARIABLES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UN.	TOTAL	%
Semilla	miles	45	1.25	56.25	14.94
Fertilización Formula (33-22-0)	kgs	0	1.38	0	0
Transporte	L./kg.	2527.51	0.0227	57.5	15.3
Procesamiento	kgs	2527.51	0.104	262.86	69.8
COSTO VARIABLE TOTAL				376.37	100

Cuadro 12. Resumen de costo total de producción en L./ha para un nivel tecnificado de maíz híbrido B-833. Ensayo E.A.P., 1990.

COSTO	VALOR EN L.	%
Fijo total	1358.16	78.3
Variable total	376.37	21.7
COSTO TOTAL	1734.53	100.0

La formulación 33-22-0 es una combinación de urea al 46% que se usó como fuente de Nitrógeno y la fórmula 18-46-0 que se usó como fuente de Fósforo en el experimento, es por eso que se hacen las recomendaciones en base a dicha formulación.

Las proporciones usadas de cada una de las fuentes de los elementos es de 1:1.165 para la fórmula y la urea respectivamente.

V.- DETERMINACION DEL MAXIMO FISICO
Y OPTIMO ECONOMICO.

A. Máxima producción física sin restricción

La determinación de máxima producción física se realizó matemáticamente mediante la obtención de las derivadas parciales de la función de producción con respecto a cada uno de los factores, luego cada una de derivadas se igualan a cero y se resuelven simultáneamente y el resultado es el punto donde la función alcanza su máximo.

Para que esto se de, debe cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{\delta R}{\delta D} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{\delta R}{\delta F} = 0.$$

Las derivadas parciales resultantes son la siguientes:

$$\frac{\delta R}{\delta D} = - 2839.4 + 103.232D - 0.92232D^2 + 0.014048F$$

$$\frac{\delta R}{\delta F} = 2.2795 - 0.0054848F + 0.014049D$$

Una vez encontradas estas derivadas parciales se resolvió el sistema igualando a cero la derivada de la fertilización y se despejó F en función de D, luego ésta fue sustituida en la derivada de la densidad y nos resultó una función cuadrática

en función de D de la forma $D = a D^2 + b D + c$.

Para resolver ésta función resultante se hizo uso de la fórmula cuadrática mediante la cuál se determinó un punto máximo y un punto mínimo pero en éste caso el que nos interesa es el máximo.

La fórmula cuadrática es la siguiente:

$$D = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4(a)(c)}}{2(a)}$$

El punto máximo para la mayor producción física que se obtuvo es de 63,848 plantas por hectárea para la densidad y 579.15 kgs. de fertilizante para la fertilización de la fórmula 33-22-0. Con estos valores se puede alcanzar una producción máxima física de 3,818.8 kgs. de grano/ha.

B. Optima producción económica sin restricción

Para obtener estos óptimos económicos para la densidad y la fertilización se usan las derivadas parciales con respecto a la densidad y la fertilización las que se multiplican por el precio del producto (precio del maíz grano) para encontrar la ecuación de el Valor del Producto Marginal (VPM) y el resultado se iguala al precio de cada uno de los factores respectivamente (precio de la semilla de maíz y del fertilizante) para encontrar el VPM de cada uno de los factores.

El VPM se define como el punto donde una unidad adicional de insumo nos va a generar ingresos igual al costo de agregar esa unidad adicional.

Para encontrar el punto óptimo económico se deben dar las siguientes condiciones:

$$VPM_D = \frac{\delta R}{\delta D} * P_D \quad \text{y} \quad VPM_F = \frac{\delta R}{\delta F} * P_F$$

$$VPM_D = P_D \quad \text{y} \quad VPM_F = P_F$$

Donde: P_D = Precio del producto (maíz grano).

P_D = Precio de la semilla de maíz.

P_F = Precio del fertilizante.

Cumpliendo con lo anterior tenemos:

$$\begin{aligned} VPM_D &= (-2839.4 + 103.232D - 0.92232D^2 + 0.014049F) * 1.15 = 1.25 \\ &= -3265.31 + 118.7168D - 1.060668D^2 + 0.0161563F = 1.25 \\ &= -3266.56 + 118.7168D - 1.060668D^2 + 0.0161563F = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VPM_F &= (2.2795 - 0.0054848F + 0.014049D) * 1.15 = 1.38 \\ &= 2.62142 - 0.0063075F + 0.0161563D = 1.38 \\ &= 1.24142 - 0.0063075F + 0.0161563D = 0 \end{aligned}$$

Una vez encontrados los VPM's se resolvieron las ecuaciones en la misma manera que se hizo para encontrar el máximo físico.

Los valores encontrados son, de 63,555 plantas por hectárea (densidad) y 359.61 kgs. de fertilizante de la fórmula 33-22-0. Con estas cantidades podemos alcanzar una producción óptima económica de 3,686.9 kgs. de grano/ha.

Cuadro 13. Ingresos y egresos del cultivo de híbrido B-833, con una densidad de 63.848 mil plantas/ha. y un nivel de fertilización de 579.15 kgs. de la formulación 33-22-0 (Máxima producción física).

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS					
Producción	kgs.	3818.8	1.15	4391.6	
INGRESO TOTAL				4391.6	100.0
COSTOS					
COSTOS FIJOS				1358.16	49.92
COSTOS VARIABLES					
Transporte	L./kgs.	3818.8	0.0227	86.69	3.19
Proces.	kgs.	3818.8	0.104	397.15	14.6
semilla	kgs.	63.848	1.25	79.81	2.93
Fertilizante					
33-22-0	kgs.	579.15	1.38	799.23	29.37
C. VARIABLE TOTAL				1362.88	50.09
TOTAL DE COSTOS				2721.04	100.0
INGRESO TOTAL - TOTAL DE COSTOS				1670.93	
MARGEN TOTAL				1670.93	100.0

Cuadro 14. Ingresos y egresos del cultivo de híbrido B-833, con una densidad de 63.555 mil plantas/ha. y un nivel de fertilización de 359.6 kgs. de la formulación 33-22-0 (Óptima producción económica).

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS					
Producción	kgs.	3686.9	1.15	4239.93	
INGRESO TOTAL				4239.93	100.0
COSTOS					
COSTOS FIJOS				1358.16	56.6
COSTOS VARIABLES					
Transporte	kgs.	3686.9	0.0227	83.69	3.5
Proces.	kgs.	3686.9	0.104	383.44	16.0
Semilla	kgs.	63.555	1.25	79.44	3.3
Fertilizante 33-22-0	kgs.	359.6	1.38	496.25	20.7
C. VARIABLE TOTAL				1042.82	43.4
TOTAL DE COSTOS				2400.98	100.0
INGRESO TOTAL - TOTAL DE COSTOS				1838.95	
MARGEN TOTAL				1838.95	100.0

Cuadro 15. Resumen comparativo en L./ha. de los ingresos, egresos y margen total entre la máxima producción técnica y la óptima producción económica encontrada. Ensayo E.A.P, 1990.

CONCEPTO	MAX. FISICO	OPT. ECONOMICO	DIFERENCIA
INGRESOS	4391.6	4239.93	151.67
COSTOS			
COSTOS FIJOS	1358.16	1358.16	0.0
COSTOS VARIABLES			
Transporte	86.69	83.59	3.0
Proces.	397.15	383.44	13.72
Semilla	79.81	79.44	0.37
Fertilizante 33-22-0	799.23	496.25	302.98
C. VAR. TOTAL	1362.58	1042.82	320.06
TOTAL COSTOS	2721.04	2400.98	320.06
INGRESO - COSTOS			
MARGEN TOTAL	1670.56	1838.95	168.39

C. Densidad poblacional óptima para alcanzar una máxima producción física a diferentes niveles de fertilización.

Para encontrar la densidad poblacional óptima que nos de la máxima producción física con diferentes niveles fijos de fertilización se hace igualando a cero la derivada parcial con respecto a la densidad, de la función original. Por lo que tiene que cumplir con la siguiente condición:

$$\frac{\delta R}{\delta D} = 0$$

$$\frac{\delta R}{\delta D} = -2839.4 + 103.232D - 0.92232D^2 + 0.014049F = 0$$

Después de despejar D en función de F nos resultó la siguiente función cuadrática:

$$D = \frac{-103.232 \pm \sqrt{181.51 + 0.051831F}}{-1.81464}$$

Luego con esta ecuación se determinaron las densidades necesarias para obtener una máxima producción física para los niveles o cantidades de fertilizante usados en el ensayo que son: 0, 197, 295, 394, 493 kgs/ha de la formulación 33-22-0.

En el cuadro siguiente se muestran esas densidades para cada nivel de fertilizante dado con su respectiva producción, ingresos, costos y su margen de utilidad.

Cuadro 16. Densidad necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de fertilización, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.

Factores		Producción por ha.	Ingreso por ha.	costos totales	Margen
F	D				
0	63.267	2901.3	3336.5	1804.8	1531.7
197	63.469	3419.3	3932.1	2142.6	1789.6
295	63.568	3597.9	4137.6	2300.6	1837.0
394	63.667	3725.0	4283.8	2453.4	1830.3
493	63.764	3798.5	4368.3	2599.5	1768.8

D: está dado en miles de ptas/ha.

D. Cantidades de fertilizante óptima para alcanzar una máxima producción física a diferentes densidades de población.

Al igual que en la parte anterior, para calcular las cantidades óptimas de fertilizantes a usar, dadas diferentes densidades de población fijas para alcanzar la máxima producción física debe existir la condición:

$$\frac{\delta R}{\delta F} = 0$$

O sea que la derivada parcial con respecto a la fertilización de la función original se iguala a cero.

$$\frac{\delta R}{\delta F} = 2.2795 - 0.0054848F + 0.014049D = 0$$

Después de despejar F en función de D resultó la siguiente función:

$$F = 415.60312 + 2.561443D$$

En base a la ecuación anterior se determinaron los niveles de fertilizantes para cada densidad de población fija que se usaron en el ensayo que son de 45, 50, 55, 60 y 65 mil plantas/ha. los que se presentan a continuación con sus respectivas producción, ingresos, egresos y márgenes de ganancia.

Cuadro 17. Fertilización necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de densidad, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.

Factores		Producción	Ingreso	costos	Margen
D	F	por ha.	por ha.	totales	
45	530.87	3300.4	3795.4	2565.2	1230.3
50	543.67	3244.2	3730.8	2582.0	1148.8
55	556.48	3483.9	3983.5	2633.7	1349.7
60	569.29	3728.9	4283.3	2691.2	1597.0
65	582.10	3808.7	4380.0	2725.3	1654.7

D: está dado en miles de ptas/ha.

E. Densidades de población óptima para alcanzar una óptima producción económica a diferentes niveles de fertilización.

Para encontrar estas densidades óptimas dados niveles fijos de fertilización, se usa la derivada parcial con respecto a la densidad de la ecuación original al igual que para encontrar el máximo físico, la cual se multiplica por el precio del producto y la ecuación resultante se iguala al precio de ese factor o insumo. O sea que se debe dar la siguiente condición:

$$VPMD = Pd$$

$$VPMD = Pb - 3266.56 + 118.7168D - 1.060668D^2 + 0.0161563F = 0$$

Una vez encontrada ésta ecuación se despeja D en función de F y nos resulta la siguiente ecuación:

$$D = \frac{-118.7168 \pm \sqrt{234.087 + 0.0685461F}}{-2.121336}$$

Es en base a ésta ecuación que se determinaron las densidades para la óptima producción económica dados niveles fijos de fertilización que se usaron en el ensayo, cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 18. Densidad necesaria para alcanzar una óptima producción económica dados niveles fijos de fertilización, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.

Factores		Producción por ha.	Ingreso por ha.	costos totales	Margen
F	D				
0	63.176	2901.2	3336.0	1804.7	1531.7
197	63.196	3418.8	3931.6	2142.2	1789.4
295	63.207	3597.0	4136.6	2300.0	1836.6
394	63.217	3723.6	4282.2	2452.7	1829.5
493	63.227	3796.5	4365.9	2698.5	1767.4

D: está dado en miles de ptas/ha.

F. Cantidades de fertilizante óptima para alcanzar una óptima producción económica a diferentes densidades de población.

Al igual que en el inciso anterior para encontrar estas cantidades de fertilizante se debe dar la condición que:

$$VPM_F = P_F$$

$$VPM_F = P_F - 1.24142 - 0.0063075F + 0.0161563D = 0$$

Luego de encontrar esta ecuación se despeja F en función de D, y nos resulta la siguiente función:

$$F = 196.81728 + 2.561443D$$

Luego se calculan las cantidades para alcanzar la óptima producción económica dadas las densidades usadas en el ensayo, cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 19. Fertilización necesaria para alcanzar una máxima producción física dados niveles fijos de densidad, con su respectivas producción, Ingresos, y costos en L./ha. Ensayo maíz B-833, 1990.

Factores D	F	Producción por ha.	Ingreso por ha.	costos totales	Margen
45	312.09	3169.1	3644.5	2248.6	1397.9
50	324.89	3112.9	3579.8	2263.4	1316.4
55	337.69	3332.6	3832.5	2315.2	1517.3
60	350.50	3597.6	4137.3	2372.7	1764.6
65	363.31	3677.4	4229.0	2406.7	1822.3

D: está dado en miles de ptas/ha.

G. Determinación de la densidad y fertilización para maximizar la producción, dada una restricción presupuestaria.

Un presupuesto es una restricción bastante común en los agricultores, ya que ellos determinan cuanto gastar en un cultivo dependiendo de la disponibilidad de efectivo que ellos tengan, pero el problema está en asignar ese presupuesto en una forma óptima para la compra de insumos que necesita ya que de las varias combinaciones de los diferentes insumos que él necesita solo una es la que le dará el óptimo beneficio económico, para lo cual se deben determinar las funciones de isocosto y la senda de expansión.

Para propósito de este trabajo se usará un presupuesto (B) de L.450.00 por hectárea para la compra de semilla y de fertilizante.

1. Ecuación de Isocosto.

Esta ecuación se determina al igualar el costo variable a la restricción presupuestaria; donde el costo variable está dado por la suma del producto de las cantidades de insumos necesarios y el precio unitario de cada insumo.

$$CV = P_D * D + P_F * F$$

Donde: D y F = Son la densidad y la fertilización respectivamente (insumos)

P_D y P_F = Son los precios de los insumos.

Entonces tenemos que:

$$CV = 1.25 * D + 1.38 * F$$

Y como tenemos un presupuesto $B = L.450.00$, para obtener la función de isocosto debe existir la condición que:

$$ISC = CV = B$$

$$ISC = 1.25 * D + 1.38 * F = 450$$

Para la función de isocosto con respecto a D tenemos

$$ISC = D = 360 - 1.104F$$

Esta es la ecuación para el presupuesto dado, por lo que en forma general, la función de isocosto para cualquier presupuesto es:

$$ISC = B/3.75 - 0.368F$$

En la figura siguiente (# 12) se presentan las líneas de isocosto para 4 diferentes presupuestos dados de L.375.00, L.450.00, L.550.00, y L.650.00.

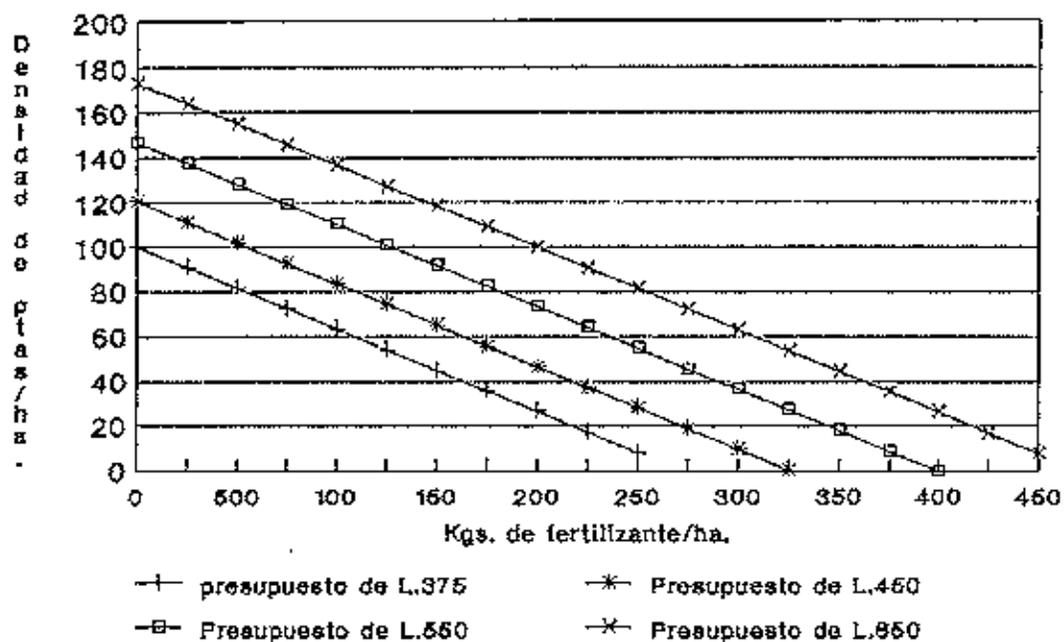


Figura 12. Líneas de isocosto para cuatro presupuestos.

Cuadro 20. Ingresos y egresos del cultivo de maíz híbrido B-833, dada una restricción de presupuesto de L.450.00. Ensayo E.A.P., 1980.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR/UN.	TOTAL	%
INGRESOS					
Producción	kgs.	3549.0	1.15	4081.35	
INGRESO TOTAL				4081.35	100.0
COSTOS					
COSTOS FIJOS				1358.16	56.6
COSTOS VARIABLES					
Transporte	kgs.	3519.0	0.0227	79.88	3.5
Proces.	kgs.	3519.0	0.104	365.98	16.0
Semilla	kgs.	62.535	1.25	78.17	3.3
Fertilizante 33-22-0	kgs.	269.44	1.38	371.83	20.7
C. VARIABLE TOTAL				895.86	43.4
TOTAL DE COSTOS				2254.02	100.0
INGRESO TOTAL - TOTAL DE COSTOS				1827.33	
MARGEN TOTAL				1827.33	100.0

Cuadro 21. Resumen comparativo en L./ha. de los ingresos, egresos y margen total entre la óptima producción económica y los obtenidos con una restricción de presupuesto de L.450.00. Ensayo E.A.P, 1990.

CONCEPTO	OPT.ECONOMICO	REST.PRESUPUESTO	DIFERENCIA
INGRESOS	4239.93	4081.35	158.58
COSTOS			
COSTOS FIJOS	1358.16	1358.16	0.0
COSTOS VARIABLES			
Transporte	83.69	79.88	3.81
Proces.	387.44	365.98	21.46
Semilla	79.44	78.17	0.27
Fertilizante 33-22-0	496.25	371.83	123.42
C. VAR. TOTAL	1042.82	895.86	146.96
TOTAL COSTOS	2400.98	2254.02	146.96
INGRESO - COSTOS			
MARGEN TOTAL	1838.95	1827.33	11.62

VI. ANALISIS DE SENSIBILIDAD PARA LA OPTIMA PRODUCCION ECONOMICA.

En esta parte del trabajo se analizó el efecto de las variaciones de precio tanto en los insumos como del producto (maíz grano), en el margen de ganancia para el agricultor.

En cuanto al precio, se tomó como base los precios que se usaron para el desarrollo de este trabajo y aumentos de $\pm 20\%$ para el precio del producto y en el caso de los insumos como no se espera una disminución en los precios de los mismos solo se tomaron aumentos de 15, 20 y 25 %; se asume además que los aumentos en los precios de los insumos y de los productos ocurren al mismo tiempo.

Los costos fijos, son los mismos dados anteriormente en este trabajo y corresponden a L.1,358.16.

Los costos variables que incluyen transporte, procesamiento, semilla y fertilizante, corresponden a L.1,042.82 para la óptima producción económica, dentro de los cuales se verán afectados por la variación en el precio solamente los factores que influyen el rendimiento, que son el fertilizante y la semilla, cuyo costo combinado es de L.575.65. Estos costos están distribuidos de la siguiente manera:

Los costos de transporte son : L.83.69

Los costos de Procesamiento : L.383.44

los de la semilla : L.74.4

Los de fertilización : L.496.25

Para las variaciones incrementales de 15%, 20%, y 25%, los aumentos en el costo variable dependerá de como cambien la producción óptima económica y las cantidades de los insumos para alcanzar esa producción con los cambios en el precio de los insumos, a los cuales se les debe sumar el costo fijo.

Los cambios en el precio de los productos son los siguientes:

% de cambio	semilla	fertilizante
▲ 15%	1.44	1.59
▲ 20%	1.50	1.66
▲ 25%	1.56	1.72

En el caso del precio del producto se está asumiendo un aumento y disminución de un 20% por lo que se obtendrá cambios en los ingresos de acuerdo a como cambie la producción. Los cambios en el precio son los siguientes:

$$\uparrow 20\% - 1.15 \times 0.20 = 1.38$$

$$\downarrow 20\% + 1.15 \times 0.20 = 0.92$$

Los efectos de estas variaciones en el margen de ganancia del agricultor se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 22. Cambios en el margen de ganancia por efectos del cambio en los precios de los insumos y del producto (maiz grano).

Cambios en el Precio del producto	Cambios en el precio de los insumos			
	Actual	▲ 15%	▲ 20%	▲ 25%
Actual	1839.96	1760.35	1736.08	1715.44
▲ 20%	2686.89	2598.34	2570.45	2546.56
▼ 20%	1007.95	944.84	926.23	910.63

Como podemos apreciar en el cuadro anterior los ingresos del productor son más sensible a los cambios en el precio del producto (maiz grano) que los cambios en los insumos, ya que manteniendo el precio actual del producto y aumentando el precio de los insumos en un 20%, el margen de ganancia para el agricultor se redujo en un 5.6%; pero cuando se redujo el precio del producto en el mismo porcentaje y se mantuvo el precio actual de los insumos, el margen de ganancia se redujo en más de un 45.2 %.

Quadro 23. Cambios la rendimiento óptimo económico por efectos del cambio en los precios de los insumos y del producto (maíz grano). Ensayo E.A.P., 1990.

Cambios en el Precio del producto	Cambios en el precio de los insumos			
	Actual	▲ 15%	▲ 20%	▲ 25%
Actual	3686.92	3643.72	3627.96	3613.92
▲ 20%	3727.22	3697.22	3686.92	3676.52
▼ 20%	3612.72	3545.23	3520.61	3498.66

Según el cuadro anterior vemos que cuando cambia el precio de los insumos y/o producto manteniendo el precio del otro constante, cambia la producción óptima económica, lo que afecta el margen de ganancia para el agricultor en forma positivo o negativo de acuerdo al cambio; pero cuando el precio del producto y los insumos cambian proporcionalmente, la producción óptima económica no se ve afectada, pero sí el margen de ganancia del agricultor el que cambiará de acuerdo a la dirección del cambio (positivo o negativo).

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A. CONCLUSIONES

Del presente trabajo podemos concluir varios puntos:

1.- Se sabe que en general el comportamiento del rendimiento en los seres vivos (ganancia de peso, rendimiento) y otros fenómenos naturales y sociales responden a la ley de los rendimientos decrecientes, los que se pueden ajustar con una función cuadrática, sin embargo hay algunos casos que se pueden ajustar con una función cúbica como resultó en el presente trabajo, lo cual se considera normal ya que corresponde a la curva de producción normal la cual comienza con rendimientos crecientes para luego cambiar a rendimientos decrecientes. Este fenómeno se puede explicar como un suceso ocurrido al azar, o debido a la conducción de experimento a nivel de campo y a otros factores que están fuera del control del experimento.

2.- La determinación de las densidades y fertilización para alcanzar el óptimo económico se hizo en base a unos precios determinados, por lo que, si cambian los precios de los insumos y/o del producto manteniéndose el otro constante también variará el óptimo económico a menos que los cambios en ellos sea en forma simultánea y en la misma proporción. Sin

embargo siempre se verá afectado el margen de ganancia del agricultor en forma positiva o negativa de acuerdo a la dirección del cambio en los precios.

3.- Basado en los resultados de este trabajo se puede concluir que una vez que se ha alcanzado la máxima producción económica de un cultivo, no vale la pena el seguir aplicándoles más insumos, ya que no nos estaríamos beneficiando en nada, sino al contrario nos perjudica debido a que estaríamos reduciendo los ingresos en lugar de aumentarlos. Si el óptimo económico coincidiera con el máximo físico, una vez que se ha alcanzado este punto no se recomienda seguir aplicando más insumos porque estaríamos dañando el cultivo ya que se saturaría, lo que podría causar efectos de intoxicación (en el caso del fertilizante) o demasiada competencia (en el caso de la densidad) a niveles excesivamente altos, esto daría como resultado mermas bastante considerables en el rendimiento y como consecuencia también en los ingresos del agricultor; otro efecto importante a considerar es la excesiva contaminación ambiental.

4.- Se Encontró que altas densidades están relacionadas con altas fertilizaciones y el uso de uno de los factores sin tomar en cuenta el otro no nos daría el máximo rendimiento económico, sino solo combinando los dos factores en la forma óptima.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
ESTADÍSTICA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

B. RECOMENDACIONES.

Para la conducción de próximos experimentos de este mismo tipo se deben considerar algunos aspectos importantes antes de decidir los tratamientos a implementar como ser:

- La fertilidad del suelo.
- Se debe determinar que trabajos se realizaron previo al experimento en el terreno donde se piensa llevarlo a cabo.

En cuanto a los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda en lo posible siempre que se cuente con suficiente presupuesto, el uso de las densidades y niveles de fertilización encontrados en este experimento para alcanzar el óptimo rendimiento económico y con variedades híbridas que soporten niveles altos de densidad y fertilización.

Si se contara con una restricción presupuestaria se debe buscar la combinación óptima de los factores que influyen directamente en el rendimiento (en este caso la densidad y la fertilización) para maximizar el uso de el recurso capital y la producción.

No se debe tratar de aplicar los insumos en cantidades que sobrepasen las recomendadas en el presente trabajo o de lo contrario se pueden tener efectos indeseable como los enunciados en las conclusiones.

Ante variaciones negativas en exceso de los precios del producto que sean mayor a un 43% no se recomienda la

producción de este cultivo ya que es altamente sensible a cambios en el precio. Los cambios en el costo de los insumos (semilla y fertilizante) no afectan en gran medida el margen de ganancia del agricultor (inclusive un aumento del 100%.

Por ultimo se recomienda la continuación en la investigación de estos factores tomando como referencia el presente trabajo y con diferentes niveles de densidad y fertilización y de ser posible considerando otros factores.

VII.- RESUMEN

El presente es un ensayo en maíz sobre la determinación del óptimo rendimiento económico y de la superficie de respuesta, donde se controlaron solamente los factores de densidad de población/ha. y niveles de fertilización del nitrógeno y fósforo con la formulación 33-22-0 la que resultó de la combinación de los fertilizantes urea, como fuente de nitrógeno, y la fórmula 18-46-0 como fuente de fósforo; los demás factores que influyen en el cultivo se mantuvieron constantes.

Para la conducción del experimento se usó un BCA de 5x5 con 3 repeticiones, el que resultó de la combinación de 5 tratamientos (5 niveles de densidad y 5 de fertilización) con 3 repeticiones.

Una vez recolectados los datos de campo se hicieron los análisis estadístico y se determinó una ecuación de regresión para encontrar la función de mejor ajuste, en base a la cual se determinó la superficie y se hicieron los análisis económicos para derivar recomendaciones técnicas y económicas sobre la densidad y fertilización de la formulación 33-22-0.

Después de obtener la regresión se encontró que la función de mejor ajuste es una función cúbica de la forma:

$$R = 53793.56 + 2839.4D + 51.616D^2 - 0.39744D^3 + 2.2795F - 0.0027424F^2 + 0.014049DF.$$

Los niveles encontrados en base a la ecuación anterior son:

Para el máximo rendimiento físico 63,848 plantas/ha y 579.15 kgs. de fertilizante 33-22-0, con los cuales se puede alcanzar una producción máxima de 3,818.8 kgs/ha. de grano.

Para la óptima producción económica 63,555 plantas por hectárea y 359.6 kgs. de fertilizante/ha para alcanzar una producción óptima económica de 3,686.9 kgs. de grano por hectárea.

También se realizaron análisis económicos para determinar rendimientos óptimos con restricción de presupuesto y los niveles óptimos de cada insumo dada una producción determinada.

Por último se realizó un análisis de sensibilidad para el rendimiento óptimo económico donde se encontró que el margen de ganancia al agricultor es más sensible al cambio en los precios del producto que de los insumos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS
AV. ESTADOS UNIDOS S/N
TEQUICALPA LIDERABO

IX. BIBLIOGRAFIA REVISADA

1. AGUILAR F. R. 1987. Fertilización en cultivo de Maíz (Fertica), Trabajo presentado en seminario sobre Cultivo de maíz en el Zamorano, el 2 de mayo, 1987. 12 p.
2. ALGER, J. 1981. Estudio financiero unidad agronómica para la producción de maíz. Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, San Pedro Sula, Honduras . 207 p.
3. ABRAHAM, T. y RAO, V. 1960. Economic analysis of Fertilizer trial data on paddy rice and wheat. Indian Institute of Agricultural Sciences. 30 p.
4. ARAUZ, 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 Maquina. Tesis presentada a la Universidad de San Carlos de Guatemala, como Ingeniero agronomo en el grado de Licenciado en Ciencia Agrícolas. Guatemala. 48p.
5. ALDRICH, S. R. ; LENG, E. R. 1974. Producción moderna de maíz. Trad. por Oscar Martínez y Patricia Leguizamón. Buenos Aires, Argentina; Hemisferio Sur. 308 p.
6. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. 1966. Field experiment with N-15 on efficiency of fertilization for maize. Annual meeting Stillwater. Okla. Vienna Division of atomic energy in Food and Agriculture. 16 p.
7. BARBER, S. A. ; OLSON , R. A. Changing Patterns in fertilizer use. Soil Society of America. Madison Wisconsin. U.S.A. 163 p.
8. BARGENAS, A. E. 1979. Respuesta del maíz (zea mays) a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en tres localidades del Depto. de el Paraíso. Informe de servicio social presentado a la U.N.A.H. como requisito a la opción al título de Ingeniero Agronomo. La Ceiba Atlántida, Honduras C.A. 33 p.

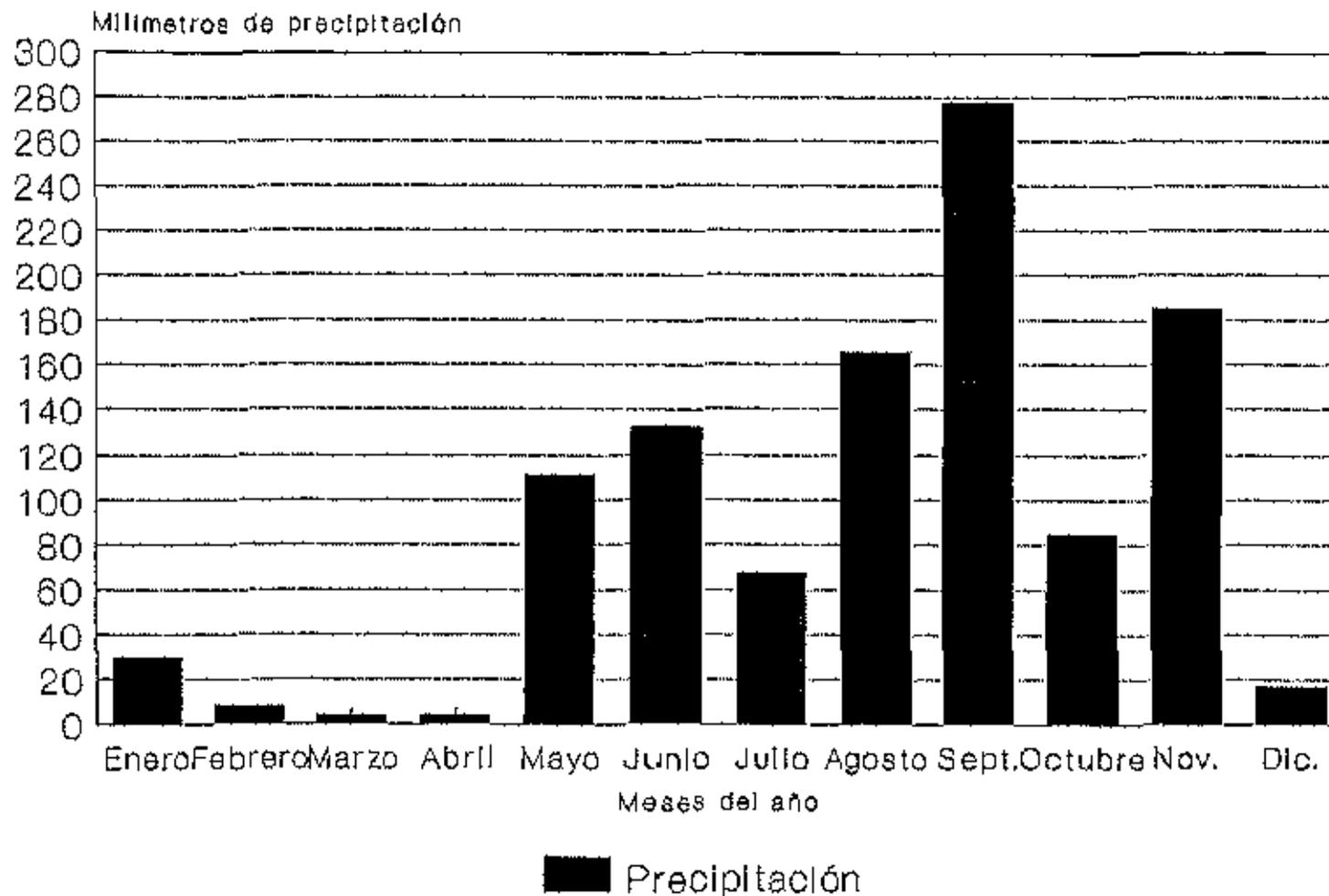
9. BARTHOLOMEW, W. V. 1973. Nitrógeno del suelo en los trópicos. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Agriculture experiment station, Tehnical Bulletin (North Carolina). 219 p.
10. BROOM, L. y SELSNICK, P. s.f. Población y ecología. Nociones esenciales de ecología. s.n.t. 363 p.
11. COOKE, G. W. 1982. Fertilizing for maximun yield. 3ed. New York, Macmillan . 405 p.
12. -----, 1987. Fertilizantes y sus usos . Trad. del Inglés por Alonso Blackaller Valdes. Mexico, D.F., Continental. 180 p.
13. DOLL, P. J. y ORAZEM, F. 1984. Productions economics. Theory with applications. 2nd. ed. New York, Wiley. 470 p.
14. FAO , 1966. Estadísticas de las respuestas de los cultivos al abono.
15. ----, 1980. Los fertilizantes y su empleo. Roma FAO, 54 p.
16. JUGENHEIMER, R. W. 1987. Maíz variedades mejoradas, Métodos de cultivo y producción de semilla, Limusa, Mexico. 841 p.
17. GUDIÉL, V. 1987. Manual Agrícola SUPERB. 6 ed. Guatemala, Modernas. 393 p.
18. GAMBOA, A. 1980. La Fertilización del Maíz. Boletín IIP-5 del Instituto Internacional de La Potasa. Berna, Suiza. 71 p.
19. GREEN, C. L. 1974. Determinación de la época de aplicación de nitrógeno complementario en el maíz. Tesis Ing. Agrónomo, Managua, Nicaragua. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 32 p.
20. HEADY, E. y DILLON, J. 1961. Agricultural productions functions. Iowa, USA, ISUPRESS. 595 p.
21. HENKES, R. 1968. Naturaleza del Nitrógeno. Agricultura de las Américas. Kansas city, usa. Nº 19: 16-22.

22. LAIRD, R. J. y LIZARRAGA, H. Enero 1959. Folleto técnico #35, Fertilizantes y población óptima para maíz de temporal en Jalisco. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de estudios especiales. México. 63 p.
23. LITTLE, T. y HILLS, J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. trad. del inglés por María Isabel Silveira de Jasa y Robert A. Flores Alcántara, Mexico D.F., Trillas. 209 p.
24. LLANOS, M. 1984. El maíz. Su cultivo y aprovechamiento. Madrid, España. Mundiprensa. 318 p.
25. MOYLE, S., WILLIAMS, J. y COUSTON, W. 1962. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. Roma, FAO. Programa de fertilización. 54 p.
26. NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. 1974. Manual de fertilizantes. Trad. del inglés por National Plant Food Institute. Mexico D.F., Limusa. 2292 p.
27. OBANDO, J. M. 1980. Respuesta de la asociación maíz-frijol a la aplicación de Nitrógeno y fósforo en ultisoles. Tesis Ing. Agronomo, Managua, Nicaragua, Universidad, Facultad de Agronomía. 76p.
28. RAMIREZ, F. y LAIRD, R. J. Dic. 1960. Folleto técnico # 42. Densidad óptima de plantas para los Valles de México y Toluca. Secretaría de Agricultura y Ganadería, oficina de estudios especiales. México. 27 p.
29. SANCHEZ, J. I. 1989. Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de Nitrogeno, y metodos de colocación del fósforo sobre el rendimiento del maíz en Zamorano Honduras. Tesis Ing. Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano Honduras. 58 p.
30. SEN, E. 1966. Preambulo. Organización de las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación. Estadísticas de la respuestade los cultivos al abonado. Roma, FAO. 110 p.

31. SMITH, W. y PARKS, W. s.f. A method for incorporating probability into fertilizer recommendation. s.n.t. pp. 1511-1515.
32. WALTON, E.V. y HOLT, O.M. 1962. Cosechas Productivas. Traducido del inglés por Angel Zamora de la Fuente Cia. editorial Continental, Mexico D.F., 1ª edición 1ª impresión. 597 p.
33. WILSON, H.K. y ROCHER, A. C. 1965. Producción de cosechas traducido del inglés por Ing. Luis de la Lona. Cia. editorial Continental S.A. Mexico D.F. 1ª Edición Español. 411 p.
34. WOLFE, T.K. y KIPPS, M.S. 1958. Production of Field Crops, a textbook of Agronomy, 5ª edition, Magraw Hill Book Company Inc., New York. 653 p.

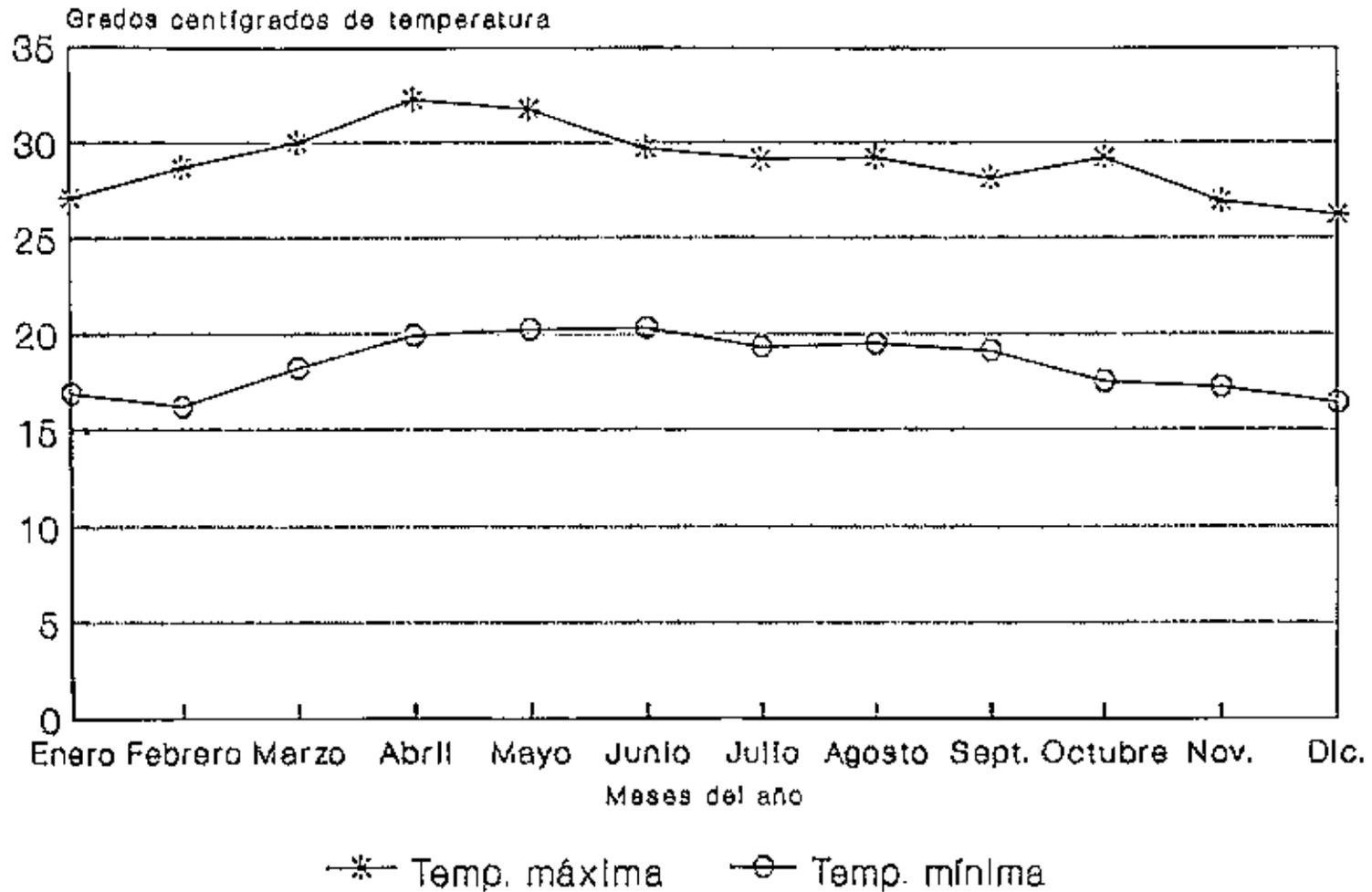
X. A N E X O S

Anexo 1.
Distribución mensual de precipitación
en la zona del Zamorano (E.A.P.), 1990.



Fuente: Est. meteorológica del Zamorano

Anexo 2.
 Temperaturas máximas y mínimas mensuales
 en la zona del Zamorano (E.A.P.), 1990.



Fuente: Est. meteorológica del Zamorano

ANEXO 3

MAPA DE CAMPO DEL ENSAYO DE MAIZ HIBRIDO B-833 E.A.P. 1990.

REPETICION 1		REPETICION 2		REPETICION 3	
# Parc	# Trat	# Parc	# Trat	# Parc	# Trat
101	11	201	2	301	18
102	6	202	5	302	14
103	1	203	25	303	6
104	24	204	17	304	9
105	21	205	16	305	15
106	14	206	22	306	11
107	10	207	23	307	10
108	7	208	3	308	7
109	16	209	21	309	1
110	17	210	1	310	25
111	12	211	10	311	12
112	20	212	20	312	13
113	2	213	15	313	8
114	25	214	18	314	4
115	15	215	11	315	23
116	4	216	14	316	16
117	9	217	7	317	24
118	19	218	9	318	20
119	3	219	24	319	17
120	13	220	13	320	2
121	5	221	12	321	21
122	8	222	6	322	3
123	23	223	8	323	22
124	22	224	4	324	19
125	18	225	19	325	5