

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE  
POBLACION EN MAIZ DE TEMPORAL EN EL  
MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA EL PASANTE  
'AUSENCIO ZAMARRIPA MORAN

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE, 1985.

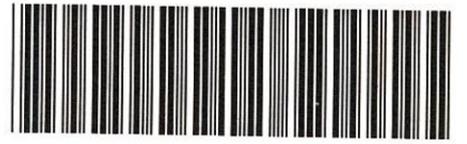
T

SB191

.M2

Z4

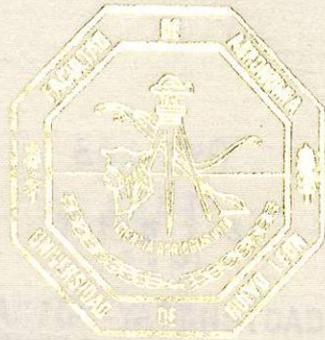
C.1



1080063758

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTUDIO DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE  
POBLACION EN MAIZ DE TEMPORAL EN EL  
MUNICIPIO DE OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA EL PASANTE  
AUSENCIO ZAMARRIPA MORAN

MARTIN, N. L.

SEPTIEMBRE, 1985.

05135

SEPTIEMBRE 1985

T  
SBL91  
.M2  
Z4

040.633

FA28

1985

C.5



Biblioteca Central  
Magra Sábido

F. tesis



UANV  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

T E S I S

ESTUDIO DE FERTILIZACION Y DENSIDAD DE POBLACION EN MAIZ  
DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE OCOZOCOATLA, CHIAPAS.

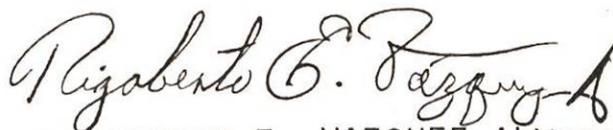
ELABORADO POR:

AUSENCIO ZAMARRIPA MORAN

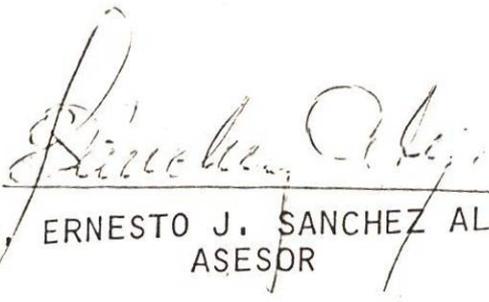
ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR  
POR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

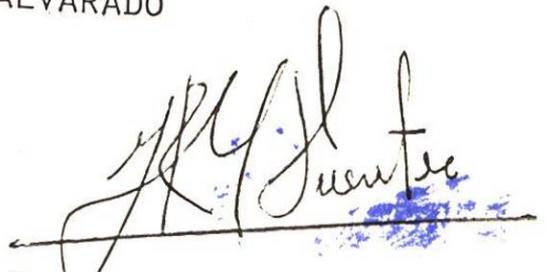
COMITE SUPERVISOR DE TESIS



DR. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO  
CONSEJERO



ING. ERNESTO J. SANCHEZ ALEJO  
ASESOR



M.C. HUMERTO RODRIGUEZ F.  
ASESOR

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, por permitirme la utilización de los datos en el presente trabajo.

Al Dr. Rigoberto Vázquez A., por su valiosa colaboración en la interpretación de los resultados y en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Antonio Turrent F., por su valiosa orientación durante la planeación y desarrollo del trabajo de campo.

Al Ing. Huberto Quiñones G., por su valiosa participación en la descripción de los perfiles del suelo.

Al Sr. Joaquín Pérez R., por su valiosa ayuda en la ejecución de los trabajos de campo.

A la Sra. Thelma Rivera de la Cruz, por su valiosa colaboración en el mecanografiado de ésta tesis.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

A mis padres:

Francisco Zamarripa Borjas (q.e.p.d.)

Juana Morán de Zamarripa

Con cariño por el apoyo que me brindaron para mi superación.

A mi esposa:

Gaby

Con amor por aceptar recorrer a mi lado el camino de la vida.

A mis hijos:

Oscar Francisco  
Mercedes Gabriela y  
Mauricio Alejandro

Que son el mayor tesoro para mí.

A mis hermanos:

Abelina (q.e.p.d.)  
Lino,  
Natividad,  
María Santos,  
José Dolores,  
Elvira, e  
Idalia.

A todos mis familiares.

Al Sr. Oscar Gutiérrez y su familia.

A todos mis compañeros y amigos.

## INDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
Condiciones ecológicas y edáficas para la producción de maíz ...	3
Temperatura .....	3
Humedad .....	3
Altitud .....	4
Latitud .....	4
Fotoperíodo .....	5
Suelos .....	5
El Nitrógeno y su importancia .....	5
Forma y cantidad en las plantas .....	6
Formas y cantidades en el suelo .....	8
Cantidad y época de aplicación del nitrógeno .....	9
El fósforo y su importancia .....	11
Forma y cantidad en las plantas .....	12
Formas y cantidades en el suelo .....	13
Cantidades y época de aplicación del fósforo .....	14
Importancia de la Densidad de Población .....	15
Importancia de la Interacción N-P-D .....	15
Metodología de Investigación en Fertilizantes .....	25
MATERIALES Y METODOS .....	34
Descripción del área de estudio .....	34
Ubicación y Generalidades .....	34
Climatología.....	34
Suelos .....	38
Cultivos principales .....	39
Tenencia de la tierra .....	39
Tecnología local de producción en el área de estudio .....	39
Preparación del terreno .....	40
Siembra .....	41
Control de malezas .....	43
Plagas y enfermedades .....	44
Cosecha .....	44

	Página
Localización de los experimentos.....	45
Factores estudiados .....	45
Matriz Experimental .....	49
Trabajo de campo .....	51
Preparación del terreno .....	51
Muestreo de suelos .....	51
Análisis de muestreo de suelo .....	52
Descripción de perfiles de suelo .....	54
Siembra de los experimentos .....	57
Fertilización .....	58
Control de malezas .....	58
Control de plagas .....	59
Observaciones durante el desarrollo del cultivo .....	60
Cosecha .....	60
Análisis realizados .....	60
 RESULTADOS .....	 67
Rendimiento en cuanto a control de maleza y variedades .....	67
Rendimiento en cuanto a Nitrógeno , Fósforo y Densidad de Po- blación .....	67
Experimento 1 (El Gavilán) .....	68
Experimento 2 (Espinal de Morelos) .....	71
Experimento 3 y 5 (Mazotoc y Piedra Parada) .....	71
Experimento 4 (El Edén ó V. Guerrero) .....	71
 Experimento 1 (El Gavilán) .....	 73
Efecto de N, P y D en Control Mecánico .....	74
Efecto de N, P y D en Control Químico .....	75
 Experimento 2 (Espinal de More los) .....	 80
Efecto de N, P y D .....	80
 Experimento 3 (Mazotoc) .....	 82
Efecto de N, P y D .....	83
 Experimento 4 (El Edén ó Vicente Guerrero) .....	 85
Efecto de N, P y D .....	86
 Experimento 5 (Piedra Parada) .....	 88
Efecto de N, P y D .....	89

Análisis de Regresión Múltiple ..... 91

Obtención de la Dosis Optima de N, P y D ..... 94

DISCUSION ..... 102

    Efecto de tratamiento de control de maleza y variedad so  
    sobre el rendimiento ..... 102

    Efecto de la variedad ..... 102

    Método de Control de Malezas ..... 102

Efecto del nitrógeno ..... 103

Efecto del fósforo ..... 107

Efecto de la densidad de plantas ..... 109

El modelo utilizado para obtener la DOE ..... 110

CONCLUSIONES ..... 112

RESUMEN ..... 116

BIBLIOGRAFIA ..... 120

APENDICE ..... 124

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Ubicación, fecha de siembra, variedad y altitud de los experimentos establecidos en Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	47
2	Lista de tratamientos de la Matriz Mixta en parcelas divididas utilizada en el presente estudio .....	50
3	Algunas de las propiedades químicas y físicas del suelo a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm., para cada sitio experimental estudiado en la subregión de Ocozocoautla durante el ciclo 1980 .....	53
4	Algunas de las propiedades químicas y físicas del perfil del suelo en 2 sitios experimentales Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	55
5	Valores y costos unitarios utilizados en los análisis económicos de los resultados experimentales .....	66
6	Rendimiento ton/ha de maíz en el control mecánico y químico de malezas de los experimentos establecidos en Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	69
7	Rendimiento ton/ha de maíz obtenidos en los tratamientos de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y DP de los experimentos establecidos en Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	70
8	Análisis de varianza de los rendimientos de maíz obtenidos en los experimentos en Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	72
9	Rendimiento ton/ha de maíz para cada tipo de control de maleza obtenido en el experimento 1 (El Gavilán) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	76
10	Rendimiento (ton/ha) promedio de maíz por tratamiento de parcela grande en el experimento 4 (El Edén) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	86
11	Modelo de producción seleccionado para cada sitio experimental .....	95

Cuadro No.		Página
12	Dosis Optima Económica de N, P y D obtenida a partir de la función de producción seleccionada para cada sitio experimental .....	101

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Localización del área de estudio en el Estado .....	35
2	Temperatura media mensual promedio de 12 años en Ocozocoautla, Chis. ....	36
3	Precipitación pluvial media mensual promedio de 12 años en Ocozocoautla, Chis. ....	37
4	Localización de los sitios experimentales en el área de estudio .....	46
5	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz con control mecánico en el Experimento 1 (El Gavilán) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	77
6	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz con control químico en el Experimento 1 (El Gavilán) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	78
7	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz en el Experimento 2 (Espinal de Morelos) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	81
8	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz, en el Experimento 3 (Mazotoc) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	84
9	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz, en el Experimento 4 (El Edén) Ocozocoautla, Chis. 1980 .....	87
10	Efecto del nitrógeno, fósforo y la densidad de población sobre el rendimiento de maíz, en el Experimento 5 (Piedra Parada) en Ocozocoautla, Chis. 1980...	90

## INTRODUCCION

El maíz es el alimento básico de mayor importancia en México - y en casi todos los países de la América Latina. Como especie cultivada ocupa el tercer lugar en producción en el mundo con un total de 105 142 000 hectáreas y un rendimiento total de 214 760 000 toneladas de grano (21).

En México durante el año 1979 la superficie cultivada con maíz - fue de 8 millones de hectáreas en las que se obtuvo una producción de 10 millones de toneladas. Este mismo año el estado de Chiapas contribuyó a la producción nacional con 896 000 toneladas de grano producidas en 440 000 hectáreas (5).

Del total de la producción estatal las dos terceras partes se produjeron en la región Central y el resto en los Altos, la Costa y otras áreas donde se le cultiva. Se estima que de esta producción el 30% se destina al consumo local y el 70% al mercado nacional (5).

En la región Centro de Chiapas como en la mayoría de las áreas temporaleras de México, los rendimientos unitarios de maíz son afectados por a) condiciones climatológicas desfavorables como son la distribución irregular de la precipitación a lo largo del ciclo vegetativo de la planta, b) baja fertilidad de los suelos, c) algunas condiciones -

ineficientes de manejo en las que se cuentan el escaso e inadecuado uso de los fertilizantes, bajas densidades de población, poco uso de variedades mejoradas, mal control de malezas etc.

No existe en esta región la información suficiente para definir las dosis óptimas de los factores controlables más importantes que limitan la producción de maíz. El agricultor acostumbra fertilizar con la misma cantidad de fertilizante, sin tomar en cuenta el tipo de suelo, la variedad utilizada así como otras prácticas de manejo como son control de plagas y de malas hierbas, cuando utiliza variedades mejoradas, las siembra bajo las mismas condiciones de los maíces criollos regionales es decir con densidades de población de plantas bajas que van de 30 000 a 35 000 plantas/hectárea aún cuando estas variedades son de porte bajo o intermedio y bien pueden sembrarse a densidades mayores (50 000 a 60 000 pl/ha) con buenos resultados.

De acuerdo al problema observado anteriormente, se consideró conveniente realizar una serie de experimentos en terrenos de agricultores cooperantes con el objetivo de determinar la dosis óptima de nitrógeno, fósforo y densidad de población para el cultivo de maíz bajo las condiciones de manejo en la región, en el municipio de Ocozocoautla, Chiapas.

## REVISION DE LITERATURA

### Condiciones ecológicas para la producción de maíz.

El maíz es una especie que se adapta a condiciones ecológicas - muy diversas como resultado de su amplia gama de variabilidad genética, de tal manera que por selección natural y/o por fitomejoramiento es susceptible de aprovecharse económicamente en siembras comerciales en regiones agrícolas con diferentes condiciones (21).

### Temperatura

En lo que se refiere a temperatura, se dice que temperaturas menores de 10° C retardan o inhiben la germinación de la semilla y que la temperatura media óptima durante el ciclo vegetativo del maíz es de 25 a 30° C aunque puede ser mayor o menor dependiendo de las distintas regiones agrícolas. Temperaturas medias máximas de 40° C - son perjudiciales en especial durante la polinización en regiones con alta humedad relativa, Porque los granos de polen germinan y mueren antes de que se realice la fecundación (21).

### Humedad

Los requerimientos de humedad para el maíz, son diferentes si se consideran variedades precoces (alrededor de 80 días) o variedades tardías (alrededor de 140 días). En regiones de temporal en zonas semi-áridas, con variedades adaptadas, se pueden tener buenos

rendimientos con más o menos 500 mm de precipitación pluvial distribuidos durante el ciclo vegetativo. Aunque existen variedades criollas que prosperan con poco menos de 500 mm pero no con menos de 400 mm debido a que se abaten los rendimientos a medida que se acerca a los 300 mm. En regiones de buen temporal la precipitación es mayor de 500 mm hasta llegar a un nivel que resulta en pérdidas por exceso de humedad (21).

### Altitud

En cuanto a la altitud el maíz se cultiva con buenos rendimientos desde el nivel del mar, hasta alrededor de los 2 500 metros. En altitudes mayores de 3 000 metros sobre el nivel del mar, los rendimientos disminuyen debido a las bajas temperaturas propias de la altitud excesiva (21).

### Latitud

El maíz se adapta desde más o menos 50° de latitud norte, hasta alrededor de 40° de latitud sur. Las regiones más productoras de maíz se localizan entre el trópico de cáncer y el trópico de capricornio, que se caracterizan por tener altas temperaturas, siendo importante el factor altitud por la influencia en el fotoperíodo y la temperatura (21).

## Fotoperíodo

Aunque se considera como una planta insensible al fotoperíodo, debido a que se adapta a regiones de fotoperíodos cortos, neutros ó de fotoperíodos largos los mayores rendimientos se obtienen con fotoperíodo de 11 a 14 horas luz. Mayor número de horas luz (fotoperíodo largo) o menor número (fotoperíodo corto) afectan el desarrollo normal del maíz, principalmente la floración y por lo tanto disminuyen los rendimientos (21).

## Suelos

El maíz prospera en diferentes tipos de suelo respecto a textura y a estructura. Se siembra en suelos arcillosos, arcillo-arenosos, francos, franco-arcillosos, franco-arenosos etc.; sin embargo, son mejores los suelos con textura más o menos franca que permitan un buen desarrollo del sistema radicular, y por consecuencia, mayor eficiencia en la absorción de humedad y de los nutrientes del suelo.

Según Young (30) el maíz prefiere un pH de 5.5 a 7.0 aunque tiene un rango de tolerancia de pH de 5 a 8, agrega además que los suelos fuertemente ácidos con pH menor de 5 son inapropiados para su cultivo.

## El nitrógeno y su importancia

El nitrógeno es un constituyente esencial de todas las proteínas-

de las plantas, de la clorofila y de muchas enzimas por lo que se le considera como uno de los elementos más importantes en el desarrollo de éstos.

#### Forma y cantidad en las plantas

Allison citado por Cajuste (8) afirma que el contenido de nitrógeno en las plantas varía, según la parte de la planta y la especie. En la parte leñosa de algunas plantas, tales como árboles el contenido es tan bajo como 0.2%. En las porciones suculentas de otras plantas, como el tabaco el contenido es frecuentemente más del 5%. En las plantas agrícolas el contenido de nitrógeno generalmente varía de 0.5 a 5%.

Según Chapman (10), en las plantas los valores varían comúnmente de 0.2 a 4.0% dependiendo de las especies, la parte de la planta y su edad.

Viets 1965 y Allison 1973 citados por Cajuste (8) afirman que el nitrógeno ocurre en la planta en formas orgánicas e inorgánicas.

Sin embargo las formas inorgánicas (en su mayor parte nitratos), generalmente forman una parte muy pequeña del porcentaje total. El nitrógeno es absorbido como  $\text{NO}_3$  (aunque el  $\text{NH}_4^+$  puede también absorberse por las plantas). Una vez en el interior de las plantas el

$\text{NO}_3^-$  se reduce primero a  $\text{NO}_2^-$  y después a  $\text{NH}_4^+$  y en esta forma se incorpora en el interior de las formas orgánicas. Es posible que bajo condiciones de altas cantidades de  $\text{NO}_3^-$  aprovechable y/o en ausencia de su reducción, estos pueden acumularse en las plantas en cantidades tóxicas para los animales (21).

El nitrógeno para ser absorbido por la mayoría de las plantas (excepto leguminosas), debe estar en forma diferente a la del nitrógeno elemental. Las formas más comunmente asimiladas por las plantas son los iones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La urea ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ ) puede ser también absorbida por las plantas sobre todo cuando se hacen aplicaciones foliares para suministrar un suplemento de nitrógeno. Es improbable que grandes cantidades de nitrógeno, en forma de Urea sean absorbidas por las raíces de las plantas, ya que este compuesto se hidroliza en nitrógeno amoniacal en la mayoría de los suelos (25).

También hay materiales más complejos tales como los aminoácidos solubles en el agua y los ácidos nucleicos, los cuales pueden ser absorbido por las plantas superiores.

Sin embargo estos compuestos no se encuentran en gran cantidad en la solución de la mayoría de los suelos, y tienen más bien un interés teórico.

Indiferentemente de la forma del nitrógeno absorbido por las plantas éste es transformado en el interior de las plantas a las formas de  $-N=$ ,  $-NH-$ , o  $-NH_2$ . El nitrógeno así reducido es elaborado en compuestos más complejos y finalmente transformado a proteínas (25).

Formas y cantidades en el suelo.

El nitrógeno en la mayoría de los suelos está en forma orgánica, como el nitrógeno forma parte alrededor de 5% de la materia orgánica, la cantidad de N está muy relacionada con la cantidad de materia orgánica. El porcentaje de N en la porción mineral del suelo varía cerca de 0.02% a 0.4% (400 a 8 000 kg/ha) con un promedio de 0.14% (2 800 kg/ha) (6). El nitrógeno total en los suelos varía de 0.01 a varias unidades por ciento. Sin embargo en suelos que no son turbosos ni abonados con estiércol, va de 0.05% a 0.3% (10).

Debido a las dificultades analíticas, los compuestos que contienen nitrógeno y que forman parte de la materia orgánica, no se han determinado completamente, por lo que se tiene que la mitad del nitrógeno del suelo está en formas hasta ahora no conocidas (8).

Las formas de N en los suelos son orgánicas e inorgánicas. Las formas orgánicas representan más del 90% y son proteínas (30-40%), amino-azúcares (5-10%), pirina y bases de pirimidina (1-2%) no iden-

tificable (50%). Las formas inorgánicas representan menos del 10% y son  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{N}_2$  y trazas de  $\text{NO}_2^-$ . Las formas inorgánicas consisten principalmente de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . El  $\text{N}_2$  no es estimado en términos de aprovechabilidad para las plantas, excepto a través de los procesos de fijación; forma parte alrededor del 78% del aire en el suelo (7).

Cantidad y época de aplicación del nitrógeno.

En los trópicos la producción de 1 tonelada de grano por hectárea de maíz, arroz, trigo y sorgo, remueve alrededor de 30 kg de N/ha. Esto está provablemente en balance con la capacidad de recuperación del nitrógeno en la mayoría de los suelos tropicales.

En una producción moderadamente alta de 4 a 5 ton/ha el nitrógeno extraído es del orden de 100 a 150 kg de N/ha. Este nivel de producción es particularmente importante porque puede ser comunmente alcanzado en muchas áreas tropicales con nuevas variedades de alto rendimiento y con fertilización. En una producción muy alta, de 8 a 10 ton/ha, el nitrógeno total extraído excede los 200 kg de N/ha (23).

La respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno es usualmente positiva, excepto en suelos recién abiertos al cultivo, suelos ácidos, ó cuando existen problemas de deficiencia de otros nutrientes. Muchas de las respuestas en Africa tropical no obstante de ser positivas solo se incrementaron los rendimientos de 1.2 a 1.4 ton/ha lo que indica --

claramente que algunas de las cantidades utilizadas fueron bajas o algún otro factor como densidad de población o variedades estuvieron - inhibiendo el rendimiento (23).

En la América Tropical en donde las respuestas del maíz a la - aplicación del nitrógeno son generalmente altas las cantidades reco-- mendadas varían de 60 a 150 kg de N/ha. Además de los factores del suelo, la forma de la curva de respuesta es afectada por la variedad, la densidad de población y el régimen de humedad. Por ejemplo las - cantidades recomendadas para la aplicación de nitrógeno en México se han incrementado gradualmente de 40 kg de N/ha (1940-1949) a 80 kg de N/ha (1950-1959) y de 80 a 175 kg de N/ha en 1960. Esto es clara-- mente el resultado de un mejoramiento de las variedades en este país. (23).

Respecto a la época de aplicación del nitrógeno se ha encontrado que fraccionando la aplicación en dos partes una al momento de la siembra y la otra posteriormente, da mejores resultados que aplicando todo el nitrógeno al momento de la siembra. En una serie de 26 experi-- mentos realizados en el estado de Veracruz, se observó que en el 60% de los sitios estudiados la aplicación en el momento de la siembra de la tercera parte o la mitad de la cantidad total de nitrógeno utilizado - y la adición posterior de la otra parte en una aplicación de Cobertura,

produjo rendimientos unitarios significativamente mayores que los obtenidos al aplicar las mismas cantidades totales de nitrógeno, todo al momento de la siembra.

Concluyéndose que la aplicación de todo el nitrógeno en el momento de la siembra era menos eficiente que la aplicación fraccionada (20).

Sin embargo parece ser que la eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno por las plantas está muy relacionado con el tipo de suelo y la precipitación pluvial. En Ucrania, en un estudio realizado en suelos arcillosos se encontró que aplicaciones totales ó parciales de cantidades análogas de nitrógeno, fósforo y potasio al maíz de temporal, hechas en diferentes épocas de desarrollo del cultivo, no resultaban más efectivas que una sola aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio hecha en el momento de la siembra (12).

#### El fósforo y su importancia

El fósforo al igual que el nitrógeno y el potasio se clasifica como un elemento nutritivo mayor, sin embargo en la mayoría de las plantas se le encuentra en cantidades menores que el nitrógeno y el potasio, la planta toma la mayor parte del fósforo necesario para completar su ciclo, durante las primeras fases de su desarrollo (25). Si el contenido de fósforo del suelo es alto las plantas jóvenes absorben con rapidez de tal manera que para cuando una planta ha absorbido el 25% del total

de materia seca de un ciclo, puede haber absorbido el 50% del fósforo necesario para este ciclo (7) un suministro adecuado de fósforo ha sido asociado con un rápido desarrollo de las plantas, Glover 1953 citado por Black (7) comprobó que las panojas y las mazorcas de maíz aparecían mucho antes si el suministro de fósforo era amplio, también se le asocia a este elemento con un incremento en el crecimiento del sistema radicular, generalmente las plantas absorben el fósforo como iones ortofosfato,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  la concentración de estos iones en la solución del suelo, en un tiempo dado es pequeña, casi nunca mayor de unas cuantas partes por millón y frecuentemente menor de una parte por millón. Como el fósforo que se elimina al retirar la cosecha está usualmente entre 4 y 20 kg por ha, es obvio que si el fósforo en la solución del suelo no fuera continuamente reemplazado, el cultivo no tendría suficiente fósforo para crecer hasta la madurez. El mantenimiento de esta concentración baja se convierte entonces en un renglón de superior importancia para el crecimiento de los cultivos (7).

#### Forma y cantidad en las plantas

El fósforo (P) forma parte de muchos compuestos esenciales en las plantas y una de sus funciones más importantes está relacionada con los procesos energéticos de éstas. Las formas químicas en las cuales el fósforo se conoce dentro de las plantas incluye los ortofosfatos, los fosfolípidos, la fitina, los azúcares fosforitados las nucleoproteínas

teínas, los ácidos nucleicos y otros. La cantidad total de fósforo en las plantas varía desde 0.05 a 1% con un promedio entre 1.0 y 0.2% (8). El fósforo tiende a concentrarse en los tejidos jóvenes con crecimiento activo y en las semillas de las plantas.

#### Formas y cantidades en el suelo

El contenido de P en la capa arable en los suelos agrícolas varía alrededor de 0.01 a 0.15% (aproximadamente 200 a 3 000 kg/ha). Con un promedio cerca de 0.06% (aproximadamente 600 ppm ó 1 200 kg/ha). La cantidad depende en gran parte, del contenido del fósforo en el material basal (8).

La forma original del fósforo en el suelo es generalmente la apatita la cual resulta un constituyente común de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Cuando la apatita se intemperiza y el P es liberado en forma soluble, hay un número de reacciones subsecuentes, en las cuales el P toma parte. En los suelos ácidos puede reaccionar con la superficie de minerales que contienen Fe ó Al ó con Al intercambiable para formar un complejo amorfo de Al-P ó Fe-P.

Las formas de fósforo en los suelos ácidos pueden resumirse en la siguiente forma: P orgánico, P absorbido sobre la superficie de minerales de Fe ó Al, Fosfatos de Fe (como strengita,  $\text{Fe PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), en suelos con alta concentración de fósforo, fosfatos de aluminio (como -

variscita,  $\text{Al PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), en suelos con alta concentración de fósforo y posiblemente algo de apatita residual en suelos relativamente jóvenes.

Cantidades y época de aplicación del fósforo.

Por lo general los fertilizantes fosfatados se aplican a los suelos durante ó poco antes de la siembra del cultivo que se quiere fertilizar. Una de las razones para explicar este procedimiento es que la disponibilidad del fósforo de los fertilizantes muy solubles, como el superfosfato, es mayor para las plantas inmediatamente después de su aplicación y disminuye con el tiempo (7).

Los fertilizantes fosforados suelen aplicarse en cantidades tales que suministren entre 8 y 20 kg de fósforo por hectárea. Sin embargo cuando se los aplica con las semillas o cerca de ellas, solo pueden utilizarse 4 ó 5 kg por hectárea. Cantidades tan reducidas pueden llegar a tener un efecto notable en el crecimiento temprano del cultivo. Las aplicaciones de fertilizantes fosfatados relativamente solubles rara vez superan el equivalente a 90 kg de fósforo por hectárea, las de fósforo en forma de fosforita pueden ser mayores pero no se efectúan todos los años.

La cifra de 80 kg de fósforo por hectárea sobrepasan en mucho la cantidad anual que se elimina por cultivo y lexicivación, e incluso -

las aplicaciones medias, entre 8 y 20 kg/ha, la superan en la mayoría de los casos. Si se agrega en formas solubles, como el superfosfato, gran parte del fósforo residual que queda en el suelo se altera y no contribuye directamente al suministro para las plantas (7).

#### Importancia de la densidad de población

Tanto en siembras a escala comercial como en experimentos bien realizados, se han obtenido bajos rendimientos de maíz respecto a granos y/o forraje cuando no se usa la densidad óptima de siembra. En grandes superficies se siembra determinada cantidad de semilla porque siempre se ha usado. Sin embargo cada región agrícola de acuerdo con sus condiciones ecológicas y edáficas y según la variedad que se vaya a sembrar, requerirá de una población óptima en su número de plantas por unidad de superficie, que produzca el máximo de rendimiento.

La densidad óptima de siembra depende de la distancia entre surcos, y la distancia entre plantas. Para maíz generalmente se usa la distancia de 0.92 m entre surcos, lo que facilita la determinación de la densidad óptima de siembra al considerar solo la variable distancia entre plantas (21).

#### Importancia de la interacción N-P-D

El proyecto de fertilización y densidad de población en maíz de -

05135

temporal, en el Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas - -  
 (CAECECH) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones - -  
 Agrícolas (INIA), se inició en el año 1977. A partir de ese año se ha -  
 establecido una serie de experimentos en las diferentes subregiones -  
 del área de influencia del CAECECH, con el fin de determinar la dosis -  
 óptima económica de fertilización nitrogenada, fosforada y la mejor -  
 densidad de población para maíz bajo las condiciones existentes en ca-  
 da subregión.

En la subregión de Ocozocoautla-Berriozábal durante los años -  
 1977-1978 se estableció un total de 16 experimentos sin embargo los -  
 resultados de estos dos años de estudio estuvieron afectados por un -  
 largo período de sequía durante la floración del cultivo, lo que provo-  
 có una falta de respuesta en el rendimiento a los factores estudiados.  
 Solo en dos sitios se obtuvo respuesta a la aplicación de 70 y 100 kg/ha  
 de nitrógeno, en tres a la aplicación de 60 y 75 kg/ha de  $P_2O_5$ , y en -  
 ningún sitio se obtuvo respuesta a la densidad de población. Los factor  
 es estudiados fueron Nitrógeno (40, 70, 100 y 130 kg/ha de N), Fós-  
 foro (30, 45, 60 y 75 kg/ha de  $P_2O_5$ ) y densidad de población (35, 45, 55  
 y 65 miles de plantas por hectárea (31).

Durante 1979 en esta misma subregión (Ocozocoautla-Berriozá--  
 bal) se establecieron 6 experimentos en diferentes localidades con los

mismos factores de estudio. El cultivo se desarrolló bajo condiciones normales de humedad, obteniéndose los siguientes resultados. En cuatro de los seis sitios estudiados se obtuvo respuesta a la aplicación de nitrógeno, en tres sitios el mayor rendimiento se obtuvo con 130 kg/ha de N y en el restante con 100 kg/ha de N. Solo en dos sitios se obtuvo respuesta a la aplicación de fósforo en uno de ellos al nivel de 45 kg/ha de  $P_2O_5$  y en el otro al nivel de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . En tres sitios se obtuvo respuesta a la densidad de población en uno de ellos la mejor respuesta fue a 45 mil plantas/ha, en otro a 55 mil plantas/ha y en el restante el mejor rendimiento se obtuvo con 65 mil plantas/ha. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó con la obtención de la dosis óptima económica (DOE) para cada una de las localidades estudiadas. Para Mazotoc fue de 40-30-35 (kg/ha de N, de  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha con rendimiento de 2.65 ton/ha de grano. En esta localidad no se encontró respuesta a ninguno de los factores estudiados, por lo que se adoptaron los niveles más bajos en el estudio como DOE. La variedad estudiada en esa localidad fue H-509 y la falta de respuesta a los factores de estudio se cree que se debió a una gran cantidad de humedad en el período de desarrollo del cultivo ya cercano a la floración, afectandolo seriamente. (31).

Debido a las condiciones del suelo, de textura arcillosa el cultivo permaneció inundado durante varios días lo que se reflejó en los rendi-

mientos bajos y falta de respuesta a la fertilización y densidad. El rendimiento del tratamiento testigo 0-0-35 mil plantas/ha fue de 1.45 ton/ha.

Para Vicente Guerrero la DOE, fue 40-45-45 (kg/ha de N,  $P_2O_5$ , y miles de plantas por hectárea) con un rendimiento de 2.20 ton/ha de grano. En este caso se detectó a la aplicación de fósforo y a la densidad de población. La variedad fue V-524 y el rendimiento del tratamiento testigo fue de 1.61 ton/ha.

Para Guadalupe Victoria la DOE fue de 100-60-65 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha) con un rendimiento de 3.53 ton/ha. El tratamiento testigo rindió 1.85 ton/ha. La variedad estudiada fue criollo local. En este caso se detectó efecto de los tres factores estudiados.

Para el Gavilán la DOE fue de 130-30-35 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha). Con un rendimiento de 3.52 ton/ha. El tratamiento testigo rindió 1.85 ton/ha, la variedad estudiada fue criollo local. En este caso solo hubo efecto del nitrógeno.

En Piedra Parada la DOE fue 130-30-35 con rendimiento de 3.62 ton/ha. El rendimiento del tratamiento testigo fue de 2.31. La variedad sembrada fue criollo local. En este caso solo se detectó efecto del nitrógeno.

En Espinal de Morelos se detectó respuesta a la aplicación de nitrógeno y a la densidad. La DOE obtenida en esta localidad fue de 130-30-45 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha). Con un rendimiento de 4.11 ton/ha. El tratamiento testigo rindió 3.03 ton/ha. La variedad estudiada fue H-509 (31).

Coutiño (11) en la región Central de Chiapas trabajando con fertilización nitrogenada y densidad de población, utilizando los híbridos H-507, H-509 y H-510 bajo condiciones de temporal, durante los años 1974-1977 en un total de 11 experimentos, encontró que el híbrido H-507 respondió igualmente a las dos densidades estudiadas (43 mil y 62 mil plantas por hectárea). El H-509 observó una respuesta semejante al H-507 y en algunos casos fue superior en rendimiento con la densidad de 62 mil plantas por hectárea el mismo resultado se obtuvo cuando se utilizó H-510 el cual también mostró una tendencia a producir más con 62 mil plantas por hectárea. En este estudio se mantuvo constante el ancho de surco a 92 cm variando únicamente la distancia entre matas de 35 cm a 50 cm. Respecto a la fertilización, concluye el autor que la respuesta a los fertilizantes es muy variada dependiendo de la localidad ó sitio de estudio.

El mismo autor en 1978, continuando con el estudio anterior, estableció 4 experimentos 2 en la Sede del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas (CAECECH) en el municipio de Ocozocoautla y 2 en

el rancho San Luis municipio de Venustiano Carranza con los híbridos H-509 y H-510, en donde los niveles de fertilización nitrogenada fueron de 0, 40, 60, 80, 120 y 160 kg/ha de nitrógeno y la distancia entre surcos de 60, 76, 92 y 108 cm manteniendo constante la distancia entre matas y el número de plantas por mata así como la fertilización fosfórica en 40 kg/ha de  $P_2O_5$ . Encontró, que en Ocozocoautla ninguno de los dos híbridos estudiados (H-509 y H-510) respondió a la aplicación de fertilizante nitrogenado. En cambio ambos mostraron una respuesta clara a las diferentes distancias entre surcos estudiadas encontrando que los máximos rendimientos de H-509 se asociaron con la distancia de 76 y 60 cm 5.37 y 5.21 ton/ha respectivamente y estadísticamente superiores a los obtenidos con distancias de 92 y 108 cm que fueron 4.61 y 4.47 ton/ha respectivamente. El máximo rendimiento de H-510 se asoció con la distancia de 76 cm entre surcos y fue de 6.17 ton/ha estadísticamente superior a todos los demás (11).

En Venustiano Carranza cuando se utilizó H-509 no se obtuvo respuesta a la fertilización nitrogenada, y la diferencia en rendimientos se asoció con las diferentes distancias entre surcos, obteniéndose los máximos rendimientos con 72 y 60 cm de separación entre surcos y fueron de 6.19 y 5.62 ton/ha superiores estadísticamente a los obtenidos con distancias de 92 y 108 cm que fueron de 5.03 y 4.27 ton.

Cuando se utilizó H-510 se observó respuesta a la fertilización nitrogenada. La mejor dosis fue la de 80 kg/ha de N, con un rendimiento promedio de 6.42 ton/ha. En el caso del surcado la mejor distancia entre surcos fue la de 72 cm con un rendimiento promedio de 6.59 ton/ha.

En ningún caso se encontró significancia en la interacción fertilización nitrogenada por distancia entre surcos. Los rendimientos más bajos en todos los casos se asociaron con el nivel 0 de fertilización, en tres experimentos con la distancia de 60 cm entre surcos y en uno con la distancia de 108 cm.

Considera el mismo autor que la falta de respuesta a la fertilización nitrogenada y la no interacción fertilización-surcado se debe a que en los lugares donde se establecieron los experimentos se ha venido fertilizando durante varios años. (11).

Laguna y López (17) estudiando estos 3 factores a los mismos niveles, en la subregión Cintalapa-Jiquipilas en las localidades de Vista hermosa y El Triunfo de Madero municipio de Cintalapa, y Cuauhtémoc municipio de Jiquipilas, concluyeron con la estimación de la DOE para cada localidad. En Vistahermosa en donde se utilizó la variedad V-524, en un suelo de textura arenosa, no se detectó respuesta a ninguno de los factores estudiados adoptando como DOE los niveles más bajos es-

tudiados 40-30-35 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha), que se asoció con un rendimiento de 3.27 ton/ha de grano. Para el Triunfo de Madero la DOE fue 100-45-55 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha), que se asoció con un rendimiento de 6.59 ton/ha de grano, se utilizó la variedad V-524, y se detectó efecto de los tres factores estudiados.

En Cuauhtémoc se obtuvo respuesta a nitrógeno únicamente y la DOE fue 130-30-35 que se asoció con un rendimiento de 5.32 ton/ha, la variedad utilizada fue también V-524.

Carbajal (9) en la subregión de Coapilla-Copainalá estudiando la respuesta del maíz criollo a la aplicación de la fertilización nitrogenada, fosforada y densidad de población. En suelos de ligera y fuerte pendiente bajo condiciones de temporal encontró que el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicaron 130 kg/ha de nitrógeno, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y sembrando 50 mil plantas por hectárea dosis que se asoció con un rendimiento de 6.56 ton/ha, ésto en la localidad La Nueva, municipio de Copainalá. El testigo sin fertilizar con 30 mil plantas/ha rindió 5.11 ton/ha. En la localidad de Esquipulas municipio de Coapilla, solo se detectó respuesta a fósforo y el máximo rendimiento de 3.30 ton/ha se asoció con el tratamiento 40-75-30 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha). El tratamiento testigo rindió 2.33 ton/ha.

En el Campo Agrícola Experimental de Cotaxtla Veracruz, en donde se realizó un estudio con maíz H-503 bajo condiciones de temporal y maíz bajo condiciones de riego, con el objeto de determinar el efecto de diferentes espaciamientos entre matas (100-75-50 y 25 cm) sobre el rendimiento de maíz producido bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada (0, 40 y 80 kg de N/ha), utilizando una población óptima de 43 000 plantas/ha (determinada en estudios previos), en presencia de un nivel adecuado de fósforo, se encontró que, con 0 kg/ha de nitrógeno, los rendimientos obtenidos en espaciamientos de 25, 50, 75 y 100 cm fueron de 1.9, 1.8, 1.5 y 1.5 ton/ha, respectivamente, siendo estadísticamente iguales entre sí. Con 40 kg/ha de nitrógeno los rendimientos obtenidos en los espaciamientos mencionados fueron de 3.3, 3.1, 2.6 y 1.9 ton/ha respectivamente. Con 80 kg/ha de nitrógeno se obtuvieron rendimientos de 3.8, 3.7, 3.3 y 3.2 ton/ha respectivamente, observándose una clara tendencia de reducción en el rendimiento a medida que se aumentó la separación entre matas (18).

En el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, en donde se estudió la fertilización nitrogenada fosfatada y la densidad de población con maíz Criollo Zapalote Chico y en algunos sitios H-507 y H-509 en un total de 48 experimentos bajo condiciones de riego y temporal con riego de auxilio se encontró que los mejores rendimientos se obtenían con 85 a 110 kg

de N/ha, 20 a 50 kg de  $P_2O_5$ /ha y 65 a 70 mil plantas por hectárea dependiendo de la época de siembra así como del tipo de suelo y de la distancia del sitio a la cortina rompevientos (32).

En un estudio realizado en el estado Portuguesa-Venezuela en 1972, en el que se estudió el efecto de N, P y K en el maíz, utilizando un suelo aluvial, textura franco arcillo arenoso, con un contenido de 4% de materia orgánica 14 ppm de fósforo, pH de 6.2 a 6.4 y con abundante lluvia durante el ciclo del cultivo, se encontró una clara respuesta a la aplicación de N hasta 120 kg/ha. La respuesta a la aplicación de P y K no fue clara. Los tratamientos 120-0-50 kg por ha de N- $P_2O_5$ - $K_2O$  con 6.99 ton/ha y 120-30-50 con 6.88 ton/ha fueron los mejores (15).

En estudios similares en Sabanetica y Turén durante el mismo año (1972) se encontró lo siguiente: En Sabanetica donde el suelo utilizado fue de textura franca medianamente ácido (pH 6.2 a 6.5) con un contenido de 3 a 4.5 de materia orgánica y 13 ppm de fósforo. Se encontró la misma respuesta del maíz a la aplicación del fertilizante que en el caso anterior. El mejor tratamiento fue 120-30-50 kg/ha de N- $P_2O_5$ - $K_2O$  y un rendimiento de 4.89 ton/ha. En Turén donde se sembró el maíz en un suelo aluvial de textura franco limosa, pH de 8.1 a 8.4, con 2.5 a 3.1% de materia orgánica, no se encontró un efecto cla-

ro de los elementos estudiados sobre la producción de maíz, concluyendo que con tratamientos como 40-0-50 y 120-60-50 se obtiene la misma producción (16).

### Metodología de Investigación en Fertilizantes

Según Rojas (22) para hacer recomendaciones de fertilizantes se han empleado uno o más de los métodos siguientes: análisis de suelos, análisis de tejidos vegetales, y experimentos de fertilizantes, agrega al respecto que se ha encontrado que series de experimentos establecidos por varios años y en campos representativos de zonas agrícolas, es el procedimiento más confiable para las recomendaciones de fertilizantes. Sin embargo afirma que si bien se puede definir fácilmente que la meta programática de un experimento de fertilizantes es determinar las cantidades óptimas de nutrientes que deben agregarse a un suelo, bajo cultivo dado, no es igualmente sencillo precisar los criterios matemáticos, estadísticos, agronómicos y económicos que intervienen en el diseño y análisis de tales experimentos. Sánchez Ramos (24) afirma que quienes han seguido el procedimiento de experimentos de campo con fertilizantes, como medio para derivar las recomendaciones de fertilización, se han encontrado con relativa frecuencia por lo menos con 2 clases de dificultades 1) obtención de óptimos económicos que contradicen a las observaciones de campo; y 2) discrepan-

cias serias en el tratamiento óptimo económico según, a) el modelo aproximado adoptado (cuadrático, raíz cuadrada, cobb-Douglas, Mistcherlich, etc.) y b) la matriz experimental empleada.

Méndez (1971) citado por Sánchez (24) puntualiza que para las ciencias los modelos importantes son los matemáticos, sin embargo también dice que en la práctica no siempre es posible aplicar estos modelos a un fenómeno, ocurriendo esto cuando éste es aleatorio.

Cady y Laird citados por Sánchez (24) opinan sobre el método cuadrático que la evidencia teórica y empírica de una razonable y adecuada representación de una función de respuesta en una región de interés, así como el proceso de análisis y cómputo se simplifica con éste modelo.

Aveldaño y Volke (6) compararon cuatro metodologías para obtener dosis óptimas económicas (DOE) las cuales fueron: 1) Método de evaluación económica de Perrin et al; 2) Método de evaluación económica, modificado por Laird; 3) Método gráfico modificado por Turrent, y 4) Análisis de funciones anómalas (stepwise -Martínez Garza). Para este estudio seleccionaron seis experimentos de fertilización y densidad de población en maíz de temporal realizados en Tlaxcala en 1973. Al seleccionar los experimentos buscaron muestrear las diferentes tendencias de respuesta de los factores estudiados. Como criterio de evalua-

ción tomaron en cuenta las desviaciones estandard de los óptimos estudiados para cada metodología. Para el caso de optimización en la fertilización nitrogenada, el método que resultó más eficiente fue el gráfico modificado por Turrent; para fósforo, dicho método resultó consistente; para el caso de la densidad de población, la mayor eficiencia se obtuvo con el método de Perrin et al. En general, el mejor método resultó ser el gráfico modificado por Turrent.

Agregan los mismos autores que: El método propuesto en 1976 por Perrin et al trabaja con variables discretas y tiene mucha influencia en la estimación de los óptimos económicos. La selección del espacio de exploración y la matriz experimental; a medida que se haga una buena elección de éstos factores se tendrá una estimación más precisa de los óptimos económicos. Este método resulta eficiente cuando se trabaja con alguna matriz experimental que no se puede graficar y se tienen problemas para estimar los óptimos económicos matemáticamente.

El método de Perrin-Laird resulta más eficaz que el anterior, dado que transforma variables discretas en contínuas, lo cual se confirmó en este trabajo, ya que los valores de las desviaciones estandard obtenidas para el caso del fósforo y la densidad de población, resultaron más bajos al usar este método, en comparación con el anterior. Su desventaja principal es que no se pueden estimar gráficamente las

DOE de los factores si el tratamiento seleccionado es una de las prolongaciones de la matriz experimental (6).

El método Martínez Garza-Stepwise (20 y 10%) tiene su principal limitante en que con frecuencia se presentan problemas al seleccionar el método aproximativo; además tiene como requisito el uso de computadora. Sin embargo, en el presente trabajo resultó ser el más eficiente para el caso de fósforo, pero resultó el más ineficiente para la estimación de las DOE de nitrógeno y densidad de población, ya que tuvo los valores más altos de desviación estándar (6).

El método gráfico, modificado por Turrent, tiene la ventaja de que aprovecha la repetición escondida del factorial  $2^k$  de la Matriz Plan Puebla I. Esto le da una mayor precisión y permite descomponer los efectos de los factores (N, P, D, NP, ND, NPD), lo cual posibilita estimar por separado cada uno de los efectos factoriales. Una última ventaja de este método es que no requiere de cómputo electrónico. Por lo anterior en el presente trabajo resultó ser el más eficiente de los estudiados (6).

Respecto a la Matriz Experimental, se entiende como ésta a la combinación número y distribución de tratamientos seleccionados; los diseños de tratamientos de la Matriz Experimental utilizado en el cálculo de superficies de respuesta, se pueden considerar agrupados en cua

tro grupos: factoriales completos, factoriales parciales, diseños compuestos y rotables (19).

Hernández citado por Sánchez Ramos (24) trabajando con modelos aproximativos y la Matriz Experimental, con factores que influyen sobre el sesgo, al aproximar superficies de respuesta a dos factores encontró que las matrices de nueve tratamientos Box-Myers, Box-Berardo et al, cuadrado con prolongación 1 y cuadrado con prolongación 2 - mostraron una eficiencia similar para describir funciones bivariadas de respuesta: estas matrices superaron ampliamente a las de Box. Las matrices de 13 tratamientos cuadrado doble modificado por Escobar et al, Box-Berardo et al aumentada 2 y Box-Berardo et al umentada 3 mostraron un comportamiento similar y superaron ampliamente a la Matriz cuadrado doble. No hubo una ganancia notable en cuanto al sesgo al pasar de las matrices de 9 tratamientos a las de 13 tratamientos incluídas en el estudio. La matriz San Cristóbal de 7 tratamientos se asoció con los mayores sesgos.

Orlando (19) trabajando sobre el sesgo y la varianza en la elección de una matriz de tratamientos para dos factores variables, encontró - que las matrices Berardo-Hernández tendrían su mayor aplicación en las etapas iniciales de la investigación, por originar valores bajos de sesgo y por la facilidad que proporcionan sus combinaciones de trata-

mientos para la representación gráfica la cual puede ser buena guía - en la elección del estimador. Además señala que se notó una mayor - utilidad del compuesto modificado por Myers en aquellas de investiga- ción de donde de su uso se harán las recomendaciones definitivas al - agricultor por presentar varianzas y sesgos bajos; consistentemente - encontró que el error cuadrático ponderado en R y normalizado, está - compuesto principalmente por sesgo y muy secundariamente por la - varianza; además sugiere que se tome el sesgo como criterio funda- - mental para decidir que diseños y modelos son los más adecuados.

Turrent y Laird (26), trabajando para el CIMMYT en el proyec- to Puebla se vieron en la necesidad de crear una matriz que tuviera - sesgo y cuadrado medio de las desviaciones de regresión bajos, al - igual que se manejara y diera datos confiables con rapidez y facilidad. De esta manera nació la matriz experimental Plan Puebla de la cual - existen tres tipos: I, II y III, siendo estas básicamente similares en - tre sí, con la diferencia que la Matriz Plan Puebla III es más estrecha y para programas de investigación más avanzados que la I y II y está - última a su vez más estrecha que la I.

Estos mismos Investigadores (26) al comparar las matrices - Plan Puebla con las matrices experimentales de uso más frecuente en México (San Cristóbal, cuadrado doble, central compuesto rotatable de

Box) incluyendo además las matrices central compuesto de Box modificado por Myers y cuadrado doble modificado por Escobar, como referencia por su conocida eficiencia en cuanto al sesgo considerando al sesgo como el criterio central para la comparación de dos matrices experimentales y basándose en el trabajo de Hernández et al - tomando en cuenta solo dos factores experimentales encontraron que las matrices Plan Puebla II, Plan Puebla III, Box-Myers y cuadrado doble modificado por Escobar superan ampliamente a las matrices comúnmente usadas en México. El grupo de las mejores cuatro matrices mostró sesgos sobre el espacio total de exploración que fueron aproximadamente la mitad del sesgo del cuadrado doble. La Matriz San Cristóbal se asoció con un sesgo de 56% mayor que el del cuadrado doble. La superioridad de estas cuatro matrices sobre el cuadrado doble y la inferioridad de la matriz San Cristóbal se hacen más manifiestas cuando se mide el sesgo sobre la franja diagonal del espacio de exploración.

Finalmente concluyen que en cuanto a sesgo las matrices Plan Puebla II y III son tan eficientes como las mejores matrices (Box-Myers y cuadrado doble de Escobar) y son claramente superiores a las matrices cuadrado doble, San Cristóbal y central compuesto de Box. Agregan también que aunque la matriz Plan Puebla I no fue incluida en el estudio es de esperarse que presente un sesgo mayor que la -

matriz Plan Puebla II (26).

Considerando a las varianzas de los valores  $\bar{Y}$  (calculados) sobre el espacio de explotación y las varianzas de los coeficientes de regresión, como criterio para juzgar la eficiencia en cuanto a la precisión de las matrices Plan Puebla en relación a las matrices usadas en la práctica agronómica se tiene que las matrices Plan Puebla son sumamente ineficientes en cuanto a precisión en las esquinas (25% del espacio de exploración) comparadas con las matrices Box-Myers y cuadrado doble. En cuanto a la eficiencia de las matrices a lo largo de la franja diagonal (75% del espacio de exploración), las matrices Plan Puebla son en general similares a las matrices Box-Myers y San Cristóbal pero son inferiores a la matriz cuadrado doble (26).

Respecto a la ordenada al origen las matrices Plan Puebla ocupan una posición intermedia entre las matrices comparadas. Son superadas por el cuadrado doble, el cuadrado doble modificado por Escobar y la matriz San Cristóbal y superan a la Matriz Box-Myers. En cuanto a los términos lineales ( $A$ ,  $N$  y  $A_2P$ ) las matrices Plan Puebla son comparables a la matriz Box-Myers, inferiores al cuadrado doble modificado por Escobar y a la matriz San Cristóbal. El cuadrado doble conduce a la estimación más precisa de los términos lineales. En cuanto a los términos cuadráticos ( $A_{22}^N$  y  $A_{22}^P$ ), las

matrices Plan Puebla son inferiores a todas las demás. Las matrices cuadrado doble y cuadrado doble de Escobar son las mejores. Las matrices Plan Puebla son francamente inferiores en la estimación del término de interacción:  $A_{12}$  NP (26).

Como resumen de lo anterior se menciona que las matrices Plan Puebla II y III son matrices eficientes en cuanto al sesgo, cuando se las compara con las matrices usadas comunmente en México. La matriz Plan Puebla I es menos eficiente por este criterio que las matrices Plan Puebla II y III. Desde el punto de vista de precisión, cuando el criterio sea el de la varianza de los rendimientos estimados sobre una franja diagonal de dirección SO-NE del espacio de exploración, las matrices Plan Puebla tienen una eficiencia razonable aunque inferior a las matrices comunmente usadas en México. Según el mismo criterio de precisión, el orden de eficiencia de las matrices Plan Puebla es PPIII, PPI, PPII (26).

Si el criterio de precisión es el de la varianza de los coeficientes de regresión, las matrices Plan Puebla son francamente inferiores (26).

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del Area de Estudio

#### Ubicación y Generalidades.

La subregión de Ocozocoautla y Berriozábal forma parte de los Valles Centrales del estado de Chiapas, y se encuentra localizada entre los paralelos  $16^{\circ} 29' 28''$  y  $17^{\circ} 6' 58''$  de latitud norte y los meridianos  $93^{\circ} 27' 47''$  y  $94^{\circ} 7' 47''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Está formada por los municipios de Ocozocoautla y Berriozábal con una superficie total de 100,190 hectáreas de las cuales solo 32 303 hectáreas se consideran como tierra de labor (1). En la Figura 1 se muestra la localización del área de estudio en el Estado.

#### Climatología.

Según Koppen modificado por Enriqueta García (14) el clima de esta zona corresponde al  $Aw''_o$  (W) (1')g y lo describe como el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en el verano, una época de sequía marcada en el invierno y una corta en el verano, con poca oscilación térmica (entre  $5^{\circ}$  y  $7^{\circ}$ ) y con el mes más caliente antes del verano. Enero es el mes más frío y mayo el más caliente.

La temperatura media anual es de  $23.6^{\circ}\text{C}$  y la precipitación de 897.5 mm promedio de 12 años Figuras 2 y 3. La altura de la zona-

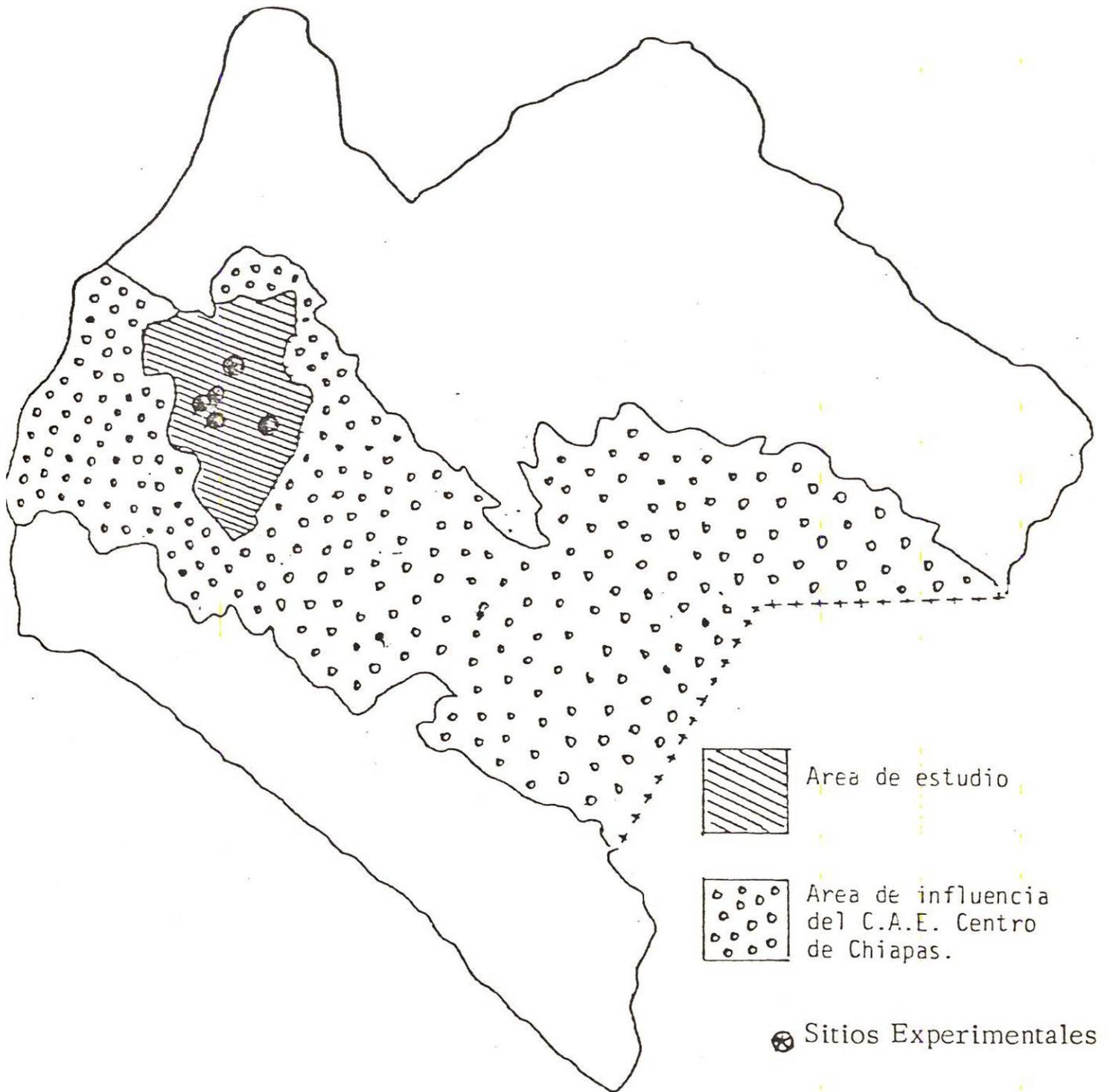


Figura 1. Localización del área de estudio en el Estado.

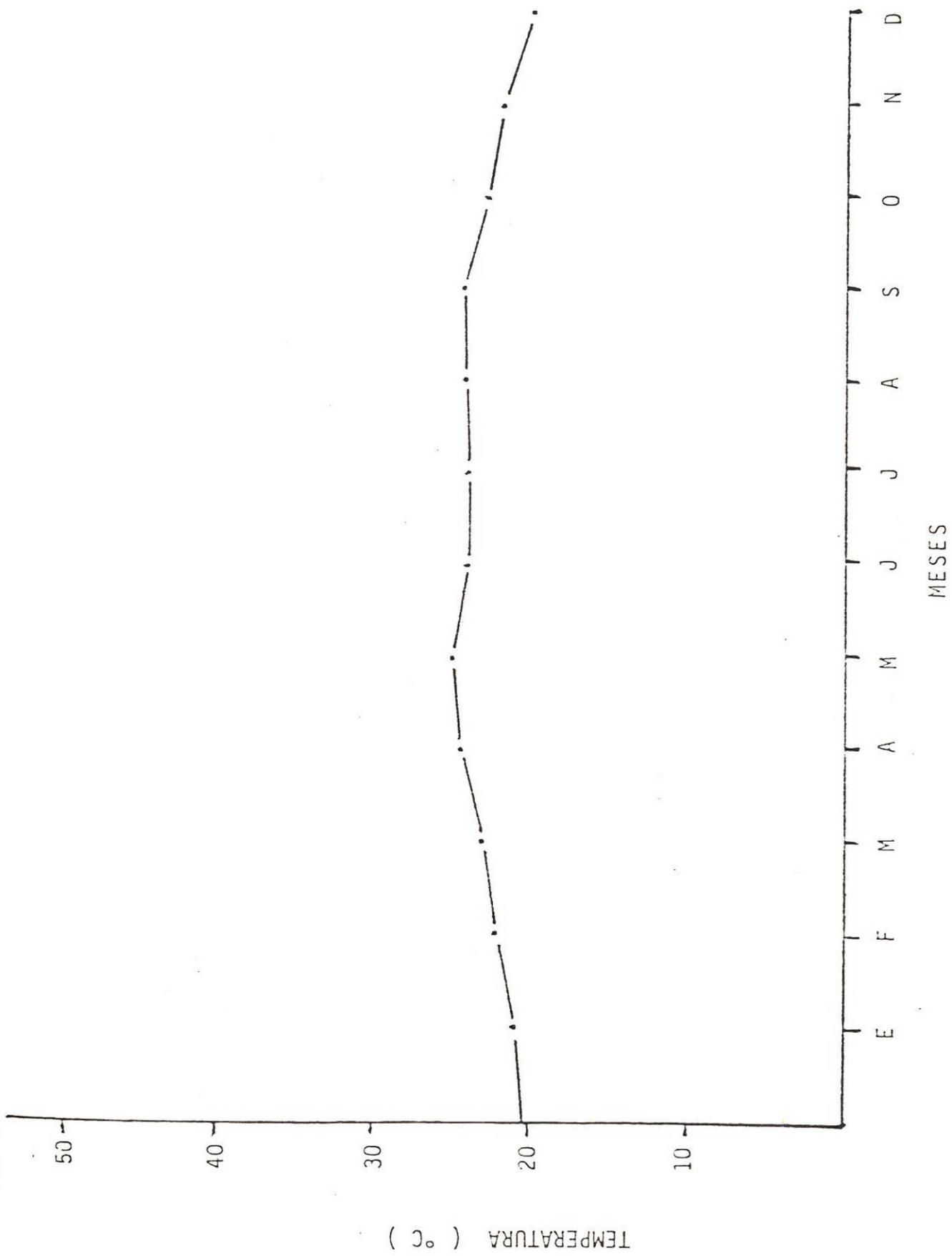


Figura 2. Temperatura media mensual promedio de 12 años en Ocozocoautla, Chiapas.

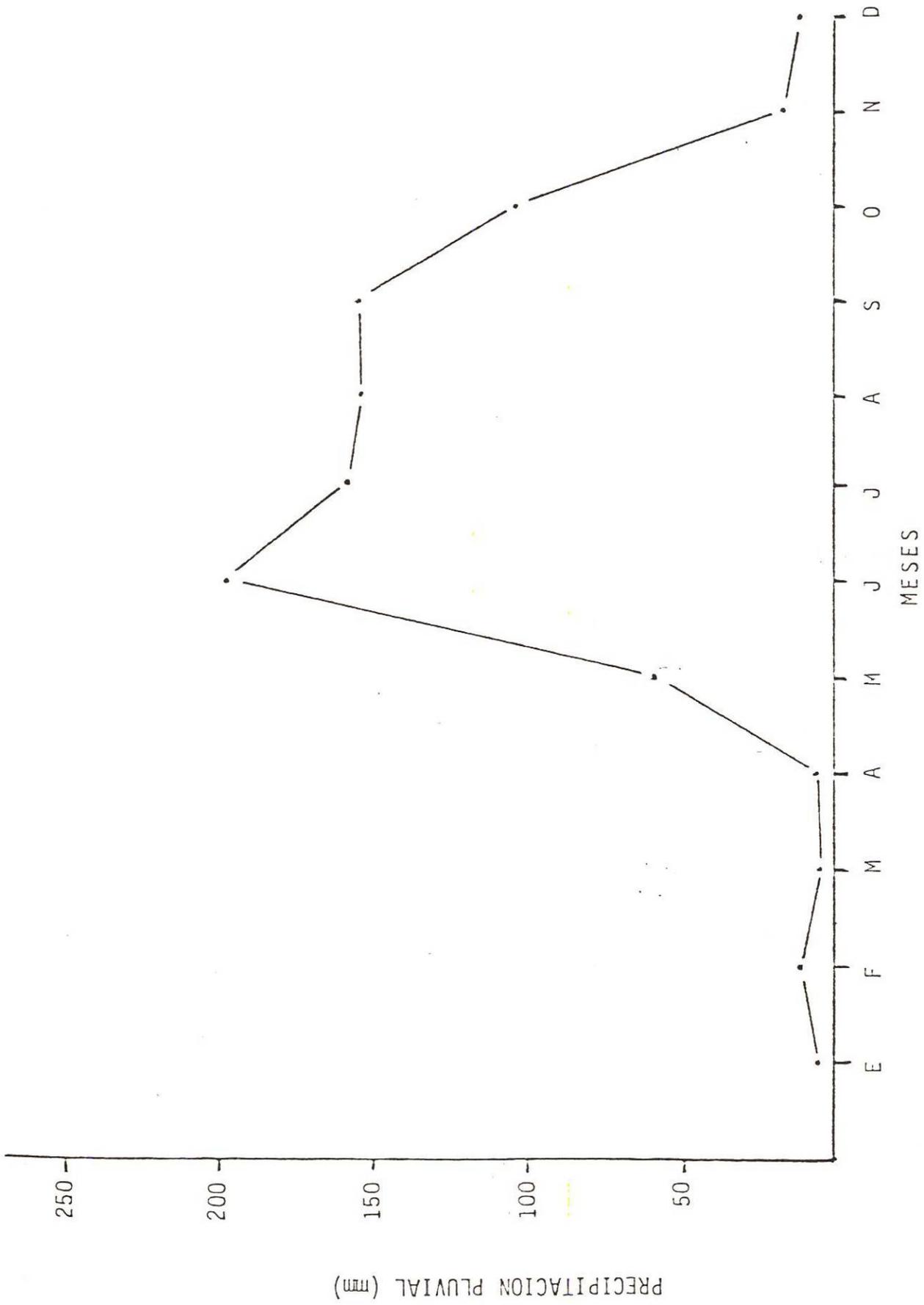


Figura 3. Precipitación pluvial, media mensual promedio de 12 años en Ocozocoautla, Chiapas.

va desde 600 a 800 msnm (14).

Suelos.

Existen en esta subregión cuatro tipos de suelos, a) vertisoles, b) rendzinas, c) luvisoles y d) fluvisoles y se describen en la siguiente forma: (4).

a) Vertisol.- Es un suelo que presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía, son suelos muy duros arcillosos y masivos frecuentemente, negros grises y rojos son de clima templado y cálido con una marcada estación seca y otra lluviosa su vegetación natural es muy variada su susceptibilidad a la erosión es baja (4).

b) Rendzinas.- Suelos con una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal, no son muy profundos son arcillosos y se presentan en climas cálidos ó templados con lluvias moderadas o abundantes su susceptibilidad a la erosión es moderada (4).

c) Luvisol.- El luvisol tiene acumulación de arcilla en el subsuelo, son de zonas templadas o tropicales lluviosas, su vegetación natural es de selva o bosque, son rojos o claros, moderadamente ácidos, son de susceptibilidad alta a la erosión (4).

d) Fluvisol.- El fluvisol se forma por material de depósitos -

aluviales recientes excepto los marinos están constituidos por material suelto que no forma terrones y son poco desarrollados, se encuentran en todo tipo de clima, cercanos a zonas de acarreo por agua, la vegetación varía desde selva matorral y pastizales (4).

#### Cultivos principales.

Entre los cultivos de ciclo anual, el maíz es el cultivo más importante de la región, le sigue en orden de importancia el frijol y otros como sorgo y hortalizas estos últimos solo en pequeñas áreas. Entre los cultivos perennes los más importantes son el café y los pastos, y en menor importancia los frutales (3).

El maíz se siembra en una superficie de 11 300 hectáreas y el frijol en 2 500 hectáreas con un rendimiento medio de 1 400 kg/ha para maíz y 570 kg/ha para frijol (3).

#### Tenencia de la tierra.

El V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal de 1970 (1) reporta para esta región 665 propiedades privadas con una superficie de 64 837 hectáreas y 15 ejidos con una superficie de 36 351 hectáreas.

#### Tecnología local de producción en el área de estudio.

El maíz en esta región se siembra bajo condiciones de temporal y representa una de las principales fuentes de ingreso en la economía

del campesino (3).

Se distinguen en la región dos sistemas de siembra para este cultivo a) aradura y b) de barreta ó espeque también conocido como de roza tumba y quema (3).

a) Sistema de aradura.- Se le llama al que se practica en terrenos planos con pendientes no mayores del 6% en donde se puede hacer uso tanto de la fuerza motriz o animal para efectuar las labores agrícolas.

b) Sistemas de barreta ó espeque.- Es el que se practica en suelos con fuertes pendientes en donde no es posible el uso de maquinaria o yunta para efectuar las labores de cultivo por lo tanto la siembra se hace utilizando una barreta o espeque, con ésta se hace un hoyo en el que se deposita la semilla, previa limpia del terreno utilizando machete o algún herbicida (3).

Preparación del terreno.

En el sistema de aradura, las labores de cultivo se inician con la preparación del terreno que consiste en un barbecho el que se hace con tractor o yunta según los medios disponibles del agricultor. Esta labor se hace durante el mes de mayo con el inicio de la temporada de lluvias para facilitar esta labor ya que el terreno se compacta de-

masiado durante la época seca, con el pastoreo del ganado que se alimenta con el rastrojo del ciclo anterior (3).

Cuando el barbecho se hace con arado de discos es decir cuando se utiliza el tractor, se da uno o dos pasos de rastra antes de sembrar o hacer el surcado para la siembra.

Cuando se utiliza la yunta, por lo general después del barbecho, se hace el surcado para la siembra. Esta última práctica es la más común ya que el campesino por lo menos cuenta con su yunta y su arado (3).

Siembra.

La siembra se hace sobre el surcado o sin surcar utilizando la sembradora si se dispone de tractor ó una barreta cuando se hace en forma manual. Una práctica muy común del agricultor es sembrar utilizando una cuerda y una barreta sobre un terreno sin surcado previo, la cuerda le sirve para guiarse en línea recta, de esa forma siguiendo la cuerda, deposita la semilla con la ayuda de la barreta (3).

La época de siembra se inicia con la llegada de las primeras lluvias es decir los últimos días del mes de mayo y se extiende hasta los primeros días del mes de julio. Aunque la mayor parte de los agricultores prefiere sembrar durante los primeros diez días del

mes de junio para que su cultivo escape a la canícula o sequía intrasestival que se presente durante los últimos diez días del mes de julio y los primeros veinte días del mes de agosto (3).

Las siembras hechas después del 10 al 25 de junio corren el riesgo de perderse ya que llegan a la floración en los días más secos de la canícula (del 1° al 20 de agosto). Sin embargo cuando no se presenta un período de sequía muy marcado durante la canícula, estas siembras suelen ser de las mejores (3).

Las siembras realizadas después del 25 de junio a los primeros días del mes de julio también se ven afectados por la sequía cuando ésta se presenta, dañando las plantas en las primeras etapas de desarrollo o induciendo una floración prematura en aquellas próximas a floración, lo que ocasiona que la planta no llegue a producir normalmente (3).

La semilla utilizada por los agricultores de ésta región es en su mayor parte de variedades regionales de ciclo vegetativo que varía entre 120 y 140 días entre los que se pueden mencionar el olotillo blanco, olotillo amarillo, Napalú, Poblano y Jarocho. También se cultivan algunas variedades mejoradas como la V-524 y algunos híbridos comerciales como el H-507 y el H-509 estos últimos se siembran en menor escala (3).

## Control de malezas.

A los 20 ó 25 días de la siembra, cuando las plantitas alcanzan una altura de 10 a 15 cm se le proporciona al cultivo la primer es--carda ó paso de cultivadora con el fin de mantenerlo libre de maleza, y entre 10 ó 15 días después, se hace la primera aplicación de fertilizante para ello debe haber suficiente humedad en el suelo. La aplicación de fertilizante se hace en forma mateada es decir se deposita un pequeño puño de éste al pie de las plantas, inmediatamente después se pasa la cultivadora para tapar el fertilizante y disminuir así las -pérdidas causadas por la erosión. En el caso de agricultores que -cuentan con maquinaria agrícola y se cuenta con sembradora-fertili-zadora, éstos hacen la primera aplicación de fertilizante al momento de la siembra. En ambos casos las cantidades de fertilizante aplica-das son muy variadas y van desde 50 a 100 kg de Urea al 46% ó 50 a 130 kg de la fórmula 18-46-00. Cuando se utiliza Urea se mezcla -con 50 a 100 kg de Super fosfato de calcio triple. La segunda aplica-ción se hace cuando la planta inicia la floración y solamente se apli-ca Urea en la misma cantidad que se utilizó en la primera aplicación, en este caso también se hace en forma mateada y no se tapa el ferti-lizante. Para esta segunda aplicación el suelo debe estar bien húme-do, por lo general el agricultor la hace después de una fuerte lluvia -para asegurar la fijación del fertilizante al suelo (3).

## Plagas y enfermedades.

Las plagas más comunes son la gallina ciega Phyllophaga spp y el gusano cogollero Spodoprera frugiperda J.E. Smith . Para el control de gallina ciega no se hace práctica alguna, para el control del gusano cogollero se utilizan varios productos que se encuentran en el mercado regional tanto granulados como polvos y algunos líquidos como son el Dipterez 2.5 G, Volatón 2.5 G en dosis variadas (3).

En lo que se refiere a enfermedades, no se reporta a nivel regional ninguna enfermedad de importancia económica.

## Cosecha.

Cuando la planta llega a la madurez fisiológica se realiza la dobla, práctica que consiste en el doblado de la planta a la altura del primer o segundo entrenudo que se localiza en la parte inferior de la mazorca. Esta práctica se hace con el fin de proteger a la mazorca de la humedad de las últimas lluvias que ocurren durante el mes de octubre así como de los "nortes" (lloviznas tenues) que ocurren con frecuencia durante los meses de noviembre y diciembre (3).

Si es necesario, el agricultor cosecha su maíz cuando el grano alcanza un grado de humedad aceptable, sin embargo la mayor parte de la cosecha se efectúa durante los meses de diciembre y enero, de ésta forma las plantas después de la dobla permanecen de 2 a 3 -

meses en el campo algunas veces por falta de mano de obra otras en espera de mejores precios para el producto (3).

La cosecha normalmente se hace en forma manual y consiste en desprender la mazorca cubierta con todo ó parte del totomoxtle, éstas se arrojan formando pequeños montones a lo largo de los surcos cosechados, posteriormente se recogen en carreta o camión y se transportan al patio de la casa, en donde se deshojan y desgranar ya sea a mano o utilizando cualquier tipo de desgranadora (3).

#### Localización De Los Experimentos

Se estableció un total de 5 experimentos localizados todos en terreno de agricultores cooperantes en los ejidos de El Gavilán, Mazotoc, Espinal de Morelos, Piedra Parada y Vicente Guerrero (El Edén). Para la elección de los sitios experimentales se tomó en cuenta la variación en las características del suelo como textura y coloración principalmente. En el Cuadro 1 se presenta la relación de experimentos y en la Figura 4 se presenta la localización de los mismos en el área de estudio.

#### Factores Estudiados

Los factores estudiados fueron el nitrógeno, el fósforo y la densidad de población en primer término por considerar a éstos los prin-

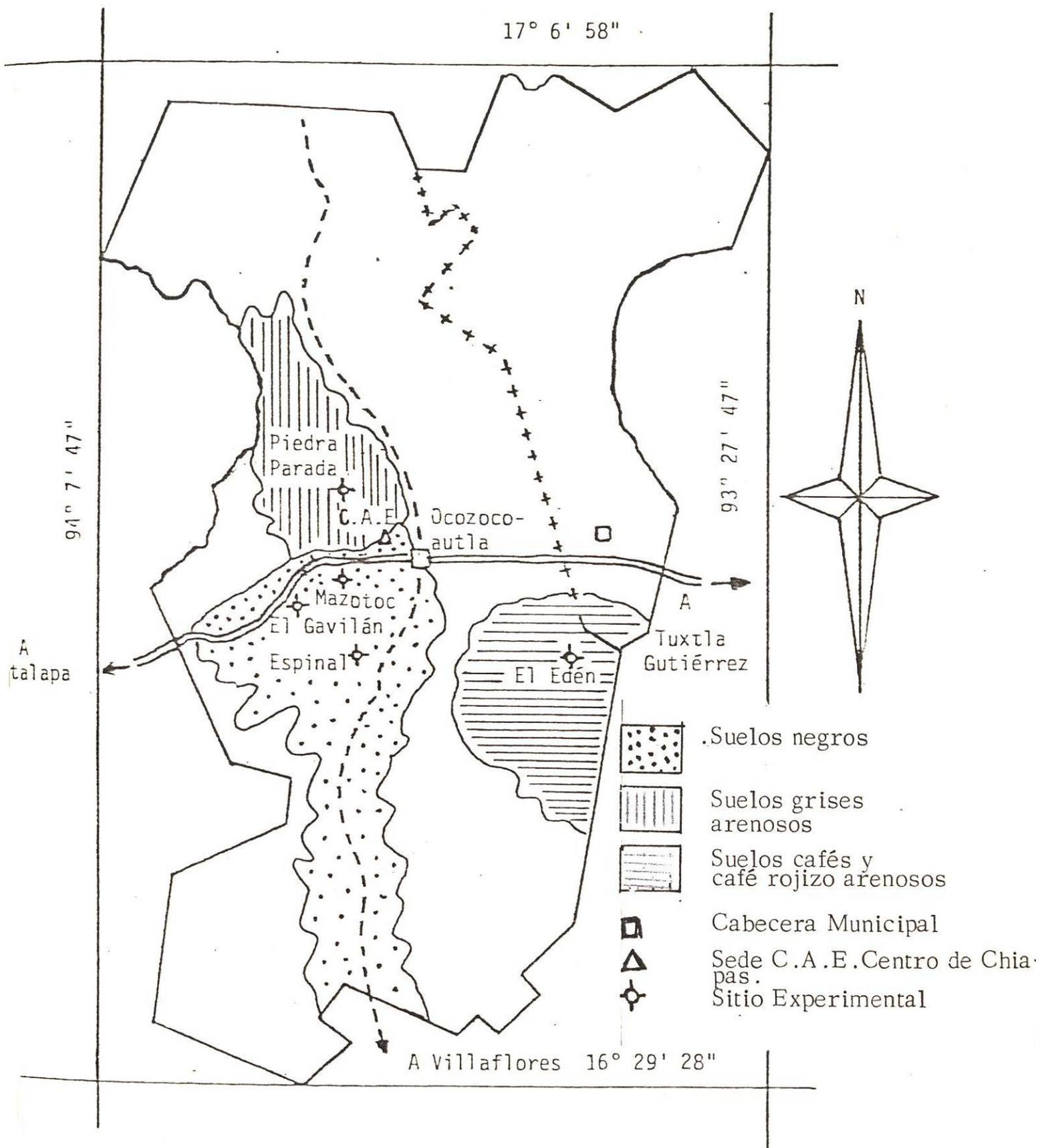


FIGURA 4. LOCALIZACION DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES EN EL AREA DE ESTUDIO.

Cuadro 1. Ubicación, fecha de siembra, variedad y altitud de los experimentos establecidos en Ocozocoautla, Chiapas. 1980.

Localidad		Fecha de siembra	Variedad utilizada	Altitud msnm
El Gavilán	1	Junio-17	V-524 y H-509	700
Espinal de Morelos	2	Julio-7	V-524 y H-509	670
Mazotoc	3	Junio-12	Criollo Jarocho y H-524	710
El Edén	4	Julio-8	Criollo Olotillo amarillo y V-524	800
Piedra Parada	5	Junio-19	Criollo Poblano y V-524	730

cipales limitantes de la producción. En un segundo lugar se estudió la variedad así como el control de la maleza por considerarlos dos aspectos que aunque en menor grado también influyen como limitantes de una buena producción.

Los espacios de exploración estudiados para los tres factores principales nitrógeno, fósforo y densidad de población se seleccionaron en base a los antecedentes y fueron los siguientes:

Nitrógeno.- 40-70-100 y 130 kg de N/ha.

Fósforo.- 0-30-60 y 90- kg de  $P_2O_5$  /ha.

Densidad de Población.- 35, 45, 55 y 65 miles de plantas/ha.

En tratamientos adicionales se estudió la aplicación de 60 kg de  $K_2O$  /ha y la oportunidad de aplicación del fertilizante.

Los factores variedad y control de maleza se estudiaron en la siguiente forma: variedad criolla contra variedad mejorada y labranza tradicional, contra uso de herbicidas. En el Cuadro 2 se presenta el diseño de tratamientos.

La semilla de maíz utilizada fue tanto de variedades criollas locales como de variedades mejoradas e híbridos comerciales.

Las variedades criollas utilizadas fueron las que acostumbra sembrar el agricultor en cada una de las localidades como son el oltillo Amarillo en Vicente Guerrero, el Jarocho en Mazotoc y el Poblano en Piedra Parada.

La variedad mejorada utilizada fue V-524 y el híbrido fue H-509 (Cuadro 1).

Se uso Urea (46% de N) como fuente de nitrógeno, como fuente de fósforo se utilizó Super Fosfato de Calcio Triple (46% de  $P_2O_5$ ), y como fuente de Potasio el Cloruro de Potasio (60% de  $K_2O$ ). La aplicación del fertilizante se hizo en forma mateada y fraccionada, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y el resto del nitrógeno en la segunda escarda antes de la floración.

### Matriz Experimental.

Se utilizó una Matriz Mixta (26) para la optimización de ocho factores controlables de la producción mediante la cual se integraron tres grupos. El primer grupo correspondió al de los factores cuantitativos prioritarios como son: N,  $P_2O_5$  y D, que se manejan de acuerdo a la Matriz Plan Puebla I (24) cuyo modelo es  $Y = B_0 + B_1 N + B_2 P + B_3 D + B_4 N^2 + B_5 P^2 + B_6 D^2 + B_7 NP + B_8 ND + B_9 PD + B_{10} NPD$ ; el segundo grupo se integró con los factores Variedad y Control de Malezas, manejados a dos niveles por medio de la Matriz Factorial  $2^2$ , finalmente los factores Potasio, y Oportunidad de Fertilización, correspondieron a la Matriz Baconiana o de un factor a la vez. Se incluyó un tratamiento testigo a lo largo de la parte central del experimento. La lista completa de los tratamientos generados por la Matriz Mixta se observa en el Cuadro 2.

Para la aleatorización y distribución de los tratamientos se empleó un diseño experimental de parcelas divididas con dos repeticiones. Las parcelas grandes fueron ocupadas por el grupo de cuatro tratamientos que integran la Matriz Factorial  $2^2$ . Las parcelas chicas estuvieron representadas por 14 tratamientos generados en la Matriz Plan Puebla I para tres factores, más dos tratamientos adicionales que correspondieron a la Matriz Baconiana.

Cuadro 2. Lista de tratamientos de la Matriz Mixta en parcelas divididas utilizadas en el presente estudio.

No.	Parcelas grandes		Parcelas chicas			
	Control Malezas	Variedad	No.	Dosis de fer- tilizante Nitró- geno	Fosfó- ro	Densidad de población
1	Mecánico	Criollo	1	70	30	45 000
			2	70	30	55 000
			3	70	60	45 000
			4	70	60	55 000
			5	100	30	45 000
			6	100	30	55 000
			7	100	60	45 000
			8	100	60	55 000
			9	40	30	45 000
			10	130	60	55 000
			11	70	00	45 000
			12	100	90	55 000
			13	70	30	35 000
			14	100	60	65 000
			15	100	60	55 000*
			16	100	60	55 000**
.....						
2	Mecánico	V-524	1	70	30	45 000
			⋮	⋮	⋮	⋮
			16	100	60	65 000
.....						
3	Con herbicida	Criollo	1	70	30	45 000
			⋮	⋮	⋮	⋮
			16	100	30	65 000
.....						
4	Con herbicida	V-524	1	70	30	45 000
			⋮	⋮	⋮	⋮
			16	100	60	65 000

\* Tratamiento con 60 kg/ha de potasio

\*\* Tratamiento aplicado 2/3 de N a la siembra y 1/3 a los 35 ó 40 días.

El tamaño de la parcela experimental en todos los casos fue de dos surcos de 8 m de largo, la distancia entre surcos fue de 0.92 m y la distancia entre matas fue de 62.1, 48.3, 39.5 y 33.4 cm. Para densidades de 35, 45, 55 y 65 mil plantas/ha respectivamente dejando dos plantas por mata. El diseño experimental usado se presenta en la Figura 1 del Apéndice.

## Trabajo de Campo

### Preparación del terreno

La preparación del terreno se efectuó con tractor o yunta según las condiciones del agricultor cooperante y se inició con un barbecho seguido por un paso de rastra y finalmente el surcado para la siembra en algunos casos en otros la siembra se hizo sin surcado, con la ayuda de una cuerda.

### Muestreo de suelos

En cada sitio experimental se tomaron varias muestras a dos niveles de profundidad 0-15 cm y 15 a 30 cm. Posteriormente se mezclaron obteniéndose una sola muestra compuesta de 3 a 5 kg de suelo de cada una de las dos profundidades muestreadas, a ésta mezcla se le consideró como muestra representativa del sitio experimental.

En seguida estas muestras se secaron, se molieron y se pesaron

por un tamiz de 2 mm de diámetro, finalmente fueron enviadas al laboratorio de la SARH de Tuxtla Gutiérrez para los análisis correspondientes. Los resultados de estos análisis se presentan en el Cuadro 3.

#### Análisis de las muestras de suelo

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de laboratorio realizado para determinar algunas propiedades químicas y físicas de las muestras de suelo recogidas de las profundidades de 0-15 y 15-30 cm en los sitios experimentales.

Como se puede observar en la capa superior (0-15 cm) el valor del pH varía de 6.2 a 6.4 lo que da un promedio de 6.3; estos valores aumentan ligeramente en la capa inferior (30-60 cm), variando de 6.2 a 6.7 con un promedio de 6.4.

El contenido de materia orgánica en la profundidad de 0-15 cm varía de 0.77 a 4.20% con un promedio de 2.38%; estos valores disminuyen en la capa inferior (15-30 cm) en donde varían de 0.52 a 3.85% con un promedio de 1.86%. Esta variación en cuanto a profundidad, está relacionada con el mayor contenido de residuos orgánicos en proceso de descomposición en la capa superior del suelo.

El contenido de fósforo aprovechable en la capa superior del suelo (0-15 cm) varía de 0.97 a 7.85 ppm con un promedio de 3.76 ppm; estos valores disminuyen en la capa inferior (15-30-cm) variando de

Cuadro 3. Algunas de las propiedades químicas y físicas de suelo a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Para cada sitios experimental estudiado en la subregión Ocozacoatlán durante el ciclo 1980.

	EL GAVILAN			ESPINAL			MAZOTOC			EL EDEN			PIEDRA PARADA		
	0-15	15-30		0-15	15-30		0-15	15-30		0-15	15-30		0-15	15-30	
P H	6.3	6.6		6.2	6.2		6.3	6.2		6.4	6.7		6.3	6.3	
M.O. (%)	2.88	2.69		2.45	0.52		4.20	3.85		1.59	1.55		0.77	0.70	
Fósforo Aprov. (ppm)	3.10	3.00		4.10	0.97		7.85	6.09		2.80	2.80		0.97	0.89	
Arena (%)	64.14	66.60		76.97	76.97		60.75	63.05		85.37	81.21		90.0	90.0	
Limo (%)	21.10	18.79		10.47	8.48		17.44	10.87		8.37	2.44		6.04	6.03	
Arcilla (%)	14.76	14.61		12.46	14.65		21.81	26.08		6.26	8.35		3.96	3.97	
Clas. Textural	Arena franca	Arena franca		Arena franca	Arena franca		Franco arcillo-arenoso	Franco arcillo-arenoso		Arena	Arena		Arena	Arena	
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.60	1.60		1.08	1.20		0.40	0.60		0.40	0.60		1.70	1.90	
C.I. Cat. (me/100g)	24.60	23.00		27.79	28.83		27.80	26.10		23.40	23.10		23.10	23.20	
Cationes Intercambiables															
Calcio (me/100g)	3.75	2.10		5.30	5.24		5.73	5.75		3.10	2.75		3.10	3.75	
Magnesio	1.18	0.39		0.79	0.89		2.78	2.18		2.39	1.78		1.20	1.38	
Sodio	2.08	1.86		1.56	1.17		1.08	1.69		1.24	1.13		1.17	0.91	
Potasio	0.38	0.18		0.05	0.05		0.00	0.00		0.15	0.00		0.00	0.00	
Capacidad de campo (%)	14.5	14.0		12.8	13.5		23.0	22.9		6.95	10.0		4.20	2.20	
Punto de marchitamiento permanente (%)	7.88	7.60		6.96	7.34		12.5	12.45		3.78	5.45		2.28	2.24	
Cantidad de agua en el suelo a saturación (%)	33.49	32.02		45.15	39.82		61.21	67.19		27.03	42.85		9.66	10.26	
C.E.en el extracto de saturación (mmhos/cm)	2.04	1.76		2.15	2.32		1.88	2.15		2.78	2.89		1.20	1.51	

0.89 a 6.09 ppm, con un promedio de 2.75 ppm. El mayor contenido de fósforo en la capa superior se debe en parte a la mayor proporción de materia orgánica en este horizonte (13).

Los valores para la conductividad eléctrica, en ambas profundidades es menor de  $2.89 \text{ mmhos/cm}^2$  lo que indica que no existe problema de salinidad en los suelos estudiados.

La textura varía con cada sitio y va desde arena y arena migajada en el Edén y Piedra Parada hasta migajón arcillo arenoso en Mazotoc, pasando por el migajón arenoso de El Gavilán y Espinal.

Por lo anterior estos suelos pueden clasificarse como ligeramente ácidos, medianamente pobres en materia orgánica, medios en el contenido de fósforo y libres de sales.

#### Descripción de perfiles de suelo

La descripción del perfil del suelo se realizó en dos sitios El Edén y Piedra Parada. Para éstos se siguió la metodología utilizada por la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). Se tomaron muestras de cada uno de los perfiles encontrados en cada sitio y se llevaron a la ciudad de México para su análisis correspondiente. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Algunas propiedades químicas y físicas de perfiles de suelo en 2 sitios experimentales Ocozocoautla, Chiapas. 1980.

Localización	Profundidad cm	Color en seco es- cala Mun- sell.	Color en húmedo escala Munsell	pH 1:2	Textura	% Mate- ria orgá- nica Walkley Black	% Nitró- geno total Kjeldahl A.O.A.C. PEECH	Fós- foro ppm	Pota- sio Inter. ppm	Cal- cio Inter. ppm	Magne- sio Inter. ppm
El Edén Ocozocoautla M-17	0.19	7.5 YR 5/4 Café	5 YR 3/4 C.R. Obsc.	5.60	Migajón Arenoso	1.52	0.067	1.32	262	687	262
El Edén Ocozocoautla M-18	19.45	5 YR 4/6 R. Amari.	2.5 YR 4/4 Café rojizo	5.95	Arcillo Arenoso	1.27	0.067	0.74	162	937	162
El Edén Ocozocoautla M-19	45.95	5 YR 4/4 Café Roj.	2.5 YR 4/4 Café rojizo	6.0	Arcillo Arenoso	1.52	0.044	1.16	287	1595	287
Piedra Parada Ocozocoautla M-30	12.0	10 YR 6/2 C.C. Cla.	10 YR 4/1 Gris. Obsc.	6.0	Migajón Arenoso	1.65	0.056	1.79	382	197	687
Piedra Parada Ocozocoautla M-81	17.38	10 YR 6/2 C.C. Cla.	10 YR 3/1 C.M. Obsc.	5.70	Arena Migajosa	1.14	0.047	1.10	220	472	517
Piedra Parada Ocozocoautla M-82	88.60	10 YR 6/3 C. Pálido	10 YR 6/2 G.C. Claro	5.70	Arena Migajosa	0.53	0.025	0.95	132	182	500
Piedra Parada Ocozocoautla M-33	60-81	10 YR 7/3 C.M. Pál.	2.5 Y 7/4 Ama. Pálido	5.80	Arena Migajosa	0.51	0.011	0.78	167	297	555
Piedra Parada Ocozocoautla M-34	81-142	10 YR 7/6 Amarillo	10 YR 7/8 Amarillo	5.30	Arena Migajosa	0.38	0.019	0.75	212	472	522

En el Edén se encontraron tres horizontes 0-19, 19-45 y 45-05 cm de profundidad, el color del suelo seco varía de café en el primer horizonte a café amarillento en el segundo y café rojizo en el tercero el pH de 5.6, 5.95 y 6.0 respectivamente, la textura varía de migajón arenoso en el primer horizonte a arcillo arenoso en el segundo y tercero. Otras propiedades químicas como contenido de materia orgánica, % de nitrógeno fósforo aprovechable potasio, calcio y magnesio se pueden observar también en el Cuadro 4 clasificándose este suelo como lusivol crómico.

En Piedra Parada se encontraron cinco horizontes 0-12, 12-38, 38-60, 60-81 y 81-142 el color varía de gris claro en el primer horizonte hasta amarillo en el último. El pH varía de 6.0 en el primer horizonte hasta 5.3 en el último, es decir que a medida que se avanza en profundidad el pH disminuye este efecto puede estar muy relacionado con la textura del suelo que es más favorable en el primer horizonte para la retención de bases cambiables (Ca mg, K y N) en relación con la textura más arenosa de los horizontes inferiores que favorece el lavado y por lo tanto la lixiviación de estas bases cambiables que están relacionadas directamente con la acidez o alcalinidad (pH) del suelo (14).

La textura varía de migajón arenoso en el primer horizonte, a arena migajosa en los restantes cuatro horizontes.

Otras características como contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio se presentan en el Cuadro 4 donde se observa la disminución en el contenido de bases cambiables ( $K^+$   $Ca^{2+}$   $Mg^{2+}$ ) a medida que se avanza del primero al último de los horizontes muestreados obsérvese que no sucede lo mismo en el caso del El Edén en donde a excepción del nitrógeno, todas las demás bases cambiables (K, Ca y Mg) aumentan en su contenido a medida que se pasa del primer horizonte al último lo que provoca que el pH también aumente en este sentido Cuadro 4.

En general se puede decir que los 2 tipos de suelos muestreados para el presente estudio son de los más pobres que se encuentran en la región los que fueron seleccionados por esta característica donde en ellos se cultiva el maíz con grandes necesidades de fertilización. La clasificación de campo de este suelo es la de Feozem Háptico.

#### Siembra de los experimentos

La fecha de siembra de los lotes experimentales estuvo comprendida entre el 10 de junio y el 8 de julio como se puede observar en el Cuadro 1.

La siembra se hizo en forma manual se utilizó el "espeque" o "macana" (un palo con punta) para hacer un pequeño hoyo depositando de 3 a 4 semillas en cada piquete sobre el surco trazado con ante-

rioridad o con la ayuda de una cuerda, como acostumbra el agricultor de esta región.

En los casos donde se observaron algunas fallas en la germinación de las plantitas, se resembró inmediatamente para lograr la densidad de población deseada. Después de unos pocos días de la emergencia se efectuó un aclareo dejando 2 plantas por punto o piquete.

Para lograr las diferentes densidades de población planteadas en el estudio, se varió únicamente la distancia entre puntos o piquetes manteniendo constante la separación entre surcos (0.92 m) y el número de plantas por punto en todos los casos.

### Fertilización

La fertilización se hizo en forma manual, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y la otra mitad del nitrógeno a los 35 ó 45 días con la segunda escarda cuando tenía buena humedad. El potasio se aplicó todo al momento de la siembra. En todos los casos la aplicación fue mateada, es decir, se depositó el fertilizante a un lado de la semilla o planta y se cubrió inmediatamente después.

### Control de Malezas

El control de las malas hierbas se realizó de acuerdo y con la

ayuda del agricultor, como es su costumbre utilizando la cultivadora con yunta o el azadón en el tratamiento de labranza tradicional. En el tratamiento con herbicidas la aplicación del o los productos utilizados se hizo de acuerdo con las recomendaciones técnicas para ese producto. En todos los casos se hizo una aplicación de Gesaprim 50 + 24 D Ester en dosis de 1 kg + 1 lt respectivamente por hectárea, a los 2 ó 3 días después de la siembra con lo que se logró un buen control durante los primeros 25 a 30 días. Una segunda aplicación de herbicida se realizó a los 50 ó 60 días después de la siembra para controlar las malas hierbas que emergieron al acabar el poder residual del herbicida aplicado al momento de la siembra, en esta segunda aplicación el producto utilizado fue Gramoxone en dosis de 2 litros/ha y se hizo con mucho cuidado procurando que el producto tocara lo menos posible las plantas de maíz. Las aplicaciones se hicieron con bomba de mochila utilizando boquillas t - jet 8003.

#### Control de plagas

Se presentó la gallina ciega (Phyllophaga spp), plaga de mucha importancia en esta región la cual se controló con la aplicación de Volatón 2.5 G en dosis de 40 kg/ha al momento de la siembra, la aplicación fue mateada.

Para el control del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith), principal plaga del follaje del maíz en la región que se

presentó durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, en todos los experimentos, se utilizó Dipterez 2.5 G, Sevín 5% G y Bux 2% G en dosis de 12 kg/ha.

#### Observaciones durante el desarrollo del cultivo

Las observaciones hechas durante el ciclo vegetativo del cultivo fueron: días a la germinación, días a la floración, días a la madurez fisiológica de la planta, altura de la planta y altura de la mazorca, - éste último dato se tomó como promedio de 10 plantas medidas por - tratamiento y se hizo una sola vez, cuando el maíz estaba en elote, - también se registró la precipitación pluvial así como su distribución - durante el ciclo del cultivo para cada sitio experimental como se muestra en las Figuras 2 a 6 del apéndice.

#### Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual se recolectaron las mazorcas de la parcela útil y se formó un montón en cada parcela. Inmediatamente después se tomó el peso y número de mazorcas así como el número de plantas cosechadas por parcela y sanidad de la mazorca. Se tomó también una muestra de grano por parcela para determinar el % de humedad al momento de la cosecha.

#### Análisis realizados

Se hizo un análisis de varianza para cada uno de los cinco expe-

rimentos en forma individual y uno en conjunto para los experimentos 1, 2, 3 y 4 el experimento 5 no se incluyó en este análisis de conjunto por problemas técnicos. El experimento 5 para efectos de análisis de varianza fue analizado en forma independiente, sin embargo para los análisis de regresión realizados en el centro de computo de la UANL, si se incluyeron los datos de los cinco experimentos completos y en forma correcta.

La forma en que se calcularon los costos unitarios de los insumos, de la mano de obra así como el valor del maíz fue la siguiente:

#### Costo Global de un kg de Nitrógeno

El costo de una tonelada de urea (46% de N) fue de \$ 3 378.20 en la bodega de Tuxtla Gutiérrez, de donde se obtiene que el costo de un kg de N en bodega fue igual a  $\$ 3\,378.20/460 = \$ 7.34$ .

El costo de transporte de una tonelada de urea (46% N) de la bodega de Tuxtla Gutiérrez a Ocozocoautla fue de \$ 225.00 por lo que el costo de transporte de un kg de N de Tuxtla Gutiérrez a Ocozocoautla fue de  $\$ 225.00/460 = \$ 0.49$ .

El costo de transporte de una tonelada de urea (46% de N) de Ocozocoautla al terreno de cultivo fue de \$ 50.00 por lo que el costo de transporte de 1 kg de N fue de  $\$ 50.00/460 = 0.11$ .

De lo anterior se obtuvo el costo de transporte de 1 kg/ha de N desde la bodega al terreno de cultivo sumando  $\$ 0.49 + 0.11 = \$ 0.60$ .

Para calcular el costo de aplicación del fertilizante se consideró que la aplicación de 100 kg de N requiere de 2 jornales a  $\$ 80.00$  por lo que se obtuvo el costo de aplicación de 1 kg de N dividiendo  $\$ 160/100 = \$ 1.60$ , además se agregó a lo anterior el interés del 12% anual sobre el precio del fertilizante, durante 8 meses que dura el cultivo - desde la siembra a la cosecha, y se calculó de la siguiente forma -  $\$ 7.34 \times 0.08 = 0.59$ . Finalmente se obtuvo el costo global de 1 kg de Nitrógeno sumando todos los costos parciales mediante la siguiente - operación:

Costo global de 1 kg de N =  $7.34 + 0.60 + 1.60 + 0.59 = \$ 10.13$

Costo global de 1 kg de  $P_2O_5$ .

El costo de una tonelada de Super Fosfato de Calcio Triple (46% de  $P_2O_5$ ) en la bodega de Tuxtla Gutiérrez fue de  $\$ 3\,915.20$  por lo que el costo de 1 kg de  $P_2O_5$  en bodega fue de  $\$ 3\,915.20/460 = \$ 8.51$ .

El costo de transporte de una tonelada de Super Fosfato de Calcio Triple de la bodega de Tuxtla Gutiérrez a Ocozocoautla fue de -  $\$ 225.00$  por lo que el costo de transporte de 1 kg de  $P_2O_5$  en este mismo trayecto fue de  $\$ 225.00/460 = \$ 0.49$ .

El costo de transporte de una tonelada de Super Fosfato de Calcio

Triple de Ocozocoautla al terreno de cultivo fue de % 50.00 por lo que el costo de transporte de 1 kg en este mismo trayecto fue de \$ 50.00/460 = \$ 0.11.

El costo de transporte total de 1 kg de  $P_2O_5$  fue de  $0.49 + 0.11 =$  \$ 0.60, a lo anterior se le agregó el interés de 12% anual sobre el precio del fertilizante, durante los 8 meses que duró el cultivo desde la siembra a la cosecha y se obtuvo de la siguiente forma:  $8.51 \times 0.08 =$  \$ 0.68, se consideró el mismo costo de aplicación que para nitrógeno de \$ 1.60/kg. Finalmente se obtuvo el costo global de 1 kg de  $P_2O_5$  mediante la siguiente operación:

Costo global de 1 kg de  $P_2O_5 = 8.51 + 0.60 + 1.60 + 0.68 =$  \$ 11.39.

Costo de 1 000 plantas de maíz mejorado

El costo de 1 kg de maíz V-524 fue de \$ 21.00. Considerando un promedio de 3 000 semillas/kg y un 85% de germinación de la semilla se obtuvo el costo de 1 000 plantas mediante la siguiente operación:  $3\ 000 \times 0.85 = 2\ 550$  semillas germinadas ó plantas/kg. Si el costo de 2 550 plantas fue de \$ 21.00 el costo obtenido para 1 000 plantas fue de  $\$ 21.00/2.55 =$  \$ 8.24.

Para el maíz H-509 el costo de 1 kg de semilla (85% de germinación) fue de \$ 23.00, considerando un promedio de 3 000 semillas/kg, se calculó el costo de 1 000 plantas en la misma forma del caso ante-

rior:  $3\ 000 \times 0.85 = 2\ 550$  plantas que costaron \$ 23.00

costo de 1 000 plantas =  $\$ 23.00/2.55 = \$ 9.02$ .

Para maíz criollo el costo de 1 kg de semilla (85% de germinación) fue de \$ 10.00 y se consideró un promedio de 2 500 semillas por kg. El calculo para el costo de 1 000 plantas de maíz criollo se hizo en igual forma que los casos anteriores.

$2\ 500 \times 0.85 = 2\ 125$  plantas/kg, que costaron \$ 10.00 entonces, costo de 1 000 plantas =  $\$ 10.00/2.125 = \$ 4.70$ .

Valor de 1 kg de maíz

El valor de 1 kg de maíz se obtuvo tomando como base el precio de garantía vigente que fue de \$ 4 500.00 tonelada, a este precio se le descontó los costos de cosecha \$ 240.00/ton, acarreo \$ 60.00/ton y desgrane \$ 90.00/ton por lo que el valor de 1 kg de maíz obtenido finalmente fue de  $4.50 - 0.24 - 0.60 - 0.90 = 4.5 - 0.39 = \$ 4.11$ .

El costo de 1 kg de  $K_2O$  se obtuvo igual que el de N y  $P_2O_5$ . El precio de una tonelada de KCL (60%  $K_2O$ ) en bodega fue de \$ 2 294.20- lo que el precio obtenido para 1 kg de  $K_2O$  en bodega fue de  $\$ 2\ 294.20/600 = \$ 3.82$  a éste se le agregó el costo de transporte que se calculó considerando un costo de \$ 225.00/ton de la bodega a Ocozocoautla y de \$ 50.00/ton de Ocozocoautla al terreno de cultivo. Siendo estos de  $\$ 225.00/600 = 0.38$  y  $50/600 = 0.08$  respectivamente. La suma de -

estas dos cantidades dio el costo total de transporte de 1 kg de  $K_2O$ ,  $0.38 + 0.08 = \$ 0.46$ . Se consideró un costo de aplicación de  $\$ 1.33/$  kg, se le agregó también el interés del 12% anual sobre el costo del producto en el mercado calculado sobre 8 meses, que fue de  $3.82 \times 0.8 = \$ 0.31$ .

Cuadro 5. Valores y costo unitarios utilizados en los análisis económicos de los resultados experimentales.

---

NITROGENO	
Costo de 1 kg de nitrógeno (Urea 46% de N) en bodega.....	\$ 7.34
Costo de acarreo o flete de 1 kg de nitrógeno .....	0.60
Costo de aplicación de 1 kg de nitrógeno .....	1.60
Interés (al 12% durante 8 meses) .....	<u>0.59</u>
Costo global de 1 kg de nitrógeno .....	10.13
FOSFORO	
Costo de 1 kg de fósforo (Sip. Fost. de Cal. Triple 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	\$ 8.51
Costo de acarreo o flete de 1 kg de fósforo .....	0.60
Costo de aplicación de 1 kg de fósforo .....	1.60
Interés (al 12% durante 8 meses) .....	<u>0.68</u>
	11.39
POTASIO	
Costo de 1 kg de potasio (KCL 60% de K <sub>2</sub> O) en bodega .....	\$ 3.82
Costo de acarreo o flete de 1 kg de potasio .....	0.46
Costo de aplicación de 1 kg de potasio .....	1.33
Interés (al 12% sobre 8 meses) .....	<u>0.31</u>
Costo global de 1 kg de potasio .....	\$ 5.92
Costo de 1 000 plantas de maíz V-524 (85% Germ.) .....	8.24
Costo de 1 000 plantas de maíz H-509 (85% Germ.) .....	9.02
Costo de 1 000 plantas de maíz criollo (85% Germ.) .....	4.70
Precio de 1 kg de maíz .....	4.50
Costo de cosecha, acarreo y desgrane .....	0.39
Precio real de 1 kg de maíz .....	4.11

---

## RESULTADOS

### Rendimiento

#### Rendimiento en cuanto a control de Malezas y Variedades

En el Cuadro 6 se presentan los rendimientos medios obtenidos por tratamiento de control de Malezas y Variedades y por experimentos, estos rendimientos están dados en grano seco al 14% de humedad. En dicho cuadro se aprecia que hubo variación en el comportamiento de los tratamientos de control de malezas y variedades en los diferentes sitios estudiados y se puede decir que fue el factor control de maleza el que más influencia tuvo sobre el rendimiento. En los experimentos 1 y 4 los tratamientos con control mecánico fueron superiores en rendimiento a los tratamientos de control químico (51% y 13% respectivamente) y en los experimentos 2 y 5 los tratamientos de control químico fueron superiores a los de control mecánico (7% y 18% respectivamente). En el experimento 3 los rendimientos de control de malezas y variedades fueron muy similares. El factor variedad de parcela grande mostró poca influencia sobre el rendimiento. En lo que respecta a rendimiento promedio por experimento el mayor rendimiento se obtuvo en el experimento 2 y fue de 4.99 ton/ha y el más bajo se obtuvo en el experimento 5 con 1.90 ton/ha.

#### Rendimiento en cuanto a Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos medios de grano -

seco al 14% de humedad, obtenidos por tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DP - y por experimento o sitio. En dicho cuadro se observa que en todos - los experimentos el máximo rendimiento se obtuvo con el tratamiento 10 (130 kg/ha de N, 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) con un rendi miento promedio de los 5 experimentos de 4.456 ton/ha. Los rendimi entos más bajos se asociaron con los tratamientos 9 (40 kg/ha de N, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha) y 13 (70 kg/ha de N, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 35 000 plantas/ha) con un rendimiento promedio de los cinco expe rimentos de 3.209 ton/ha y 3.272 ton/ha respectivamente, ésto dentro de los tratamientos fertilizados. El tratamiento testigo sin fertili zar estuvo muy por debajo de los tratamientos en lo que a rendimiento se refieren en todos los sitios estudiados. En el mismo Cuadro 7- se observa que los mayores rendimientos se obtuvieron en el experime nto 2 y los más bajos correspondieron al experimento 5.

El análisis de varianza practicado a cada uno de los experimentos reveló lo siguiente:

#### Experimento 1 (El Gavilán)

Al hacer el análisis de varianza, no se detectó diferencias (0.05) para tratamientos de control de malezas y variedades, así como entre repeticiones. Sin embargo se encontró diferencia altamente significa tiva (0.01) para tratamientos de N,  $P_2O_5$  y DP y diferencia significativa

Cuadro 6. Rendimiento en ton/ha de maíz, en el control mecánico y químico de malezas establecidos en Ocozocoautla, Chis. 1980.

Tratamiento de parcela grande	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	$\bar{X}$
C. Mec. x Criollo	4.82	4.92	4.47	3.13	1.65	3.79
C. Mec. x Mejorado	4.67	4.74	4.23	3.23	1.83	3.74
C. Quím. x Criollo	3.33	5.18	4.60	2.53	1.96	3.52
C. Quím. x Mejorado	3.42	5.12	4.41	3.08	2.16	3.64
$\bar{X}$	4.06	4.99	4.43	2.99	1.90	3.67
DMS (0.05)	1.949	0.845	0.564	0.440	0.988	
C.V.%	16.14	13.36	10.40	15.73	25.70	

Cuadro 7. Rendimiento ton/ha de maíz, obtenidos en los tratamientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y DP de los experimentos establecidos en Ocozacoautla, Chis. 1980.

No. Trat.	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	DP miles pl / ha	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	$\bar{X}$
1	70	30	45	3.89	4.59	4.21	2.96	1.75	3.480
2	70	30	55	3.85	3.90	4.30	2.92	1.82	3.358
3	70	60	45	4.07	4.77	4.05	3.08	2.24	3.642
4	70	60	55	4.61	5.17	4.56	2.85	1.72	3.782
5	100	30	45	3.91	5.02	4.54	3.13	1.73	3.666
6	100	30	55	4.17	4.94	4.76	3.16	1.56	3.718
7	100	60	45	3.64	4.78	4.54	2.79	1.50	3.450
8	100	60	55	4.65	5.14	4.80	3.09	2.08	3.952
9	40	30	45	3.45	4.81	3.66	2.32	1.80	3.208
10	130	60	55	4.93	5.96	5.23	3.58	2.58	4.456
11	70	00	45	3.18	4.65	3.99	3.14	1.79	3.350
12	100	90	55	4.81	5.29	4.99	3.23	1.90	4.044
13	70	30	35	3.67	4.68	3.73	2.72	1.56	3.272
14	100	60	65	4.34	5.12	4.69	3.04	1.98	3.834
15	100	60	55	4.08	5.13	4.14	2.89	2.33	3.714
16	100	60	55	3.68	4.91	4.65	2.96	2.06	4.652
	00	00	35	1.38	2.03	1.88	1.15	0.81	1.560
$\bar{X}$				4.065	4.991	4.427	2.983	1.900	4.073
DMS 0.05				0.655	0.655	0.460	0.470	0.807	
C.V.%				16.14	13.36	10.40	15.73	25.70	

va (0.05) para la interacción tipo de control x tratamiento de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DP (C 2\* PCH) (Cuadro 8).

Experimento 2 (Espinal de Morelos)

Para este experimento, solo se encontró diferencia significativa (0.05) para tratamientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DP (PCH) (Cuadro 8).

Experimentos 3 y 5 (Mazotoc y Piedra Parada)

Para estos dos experimentos los resultados del análisis de varianza fueron muy similares, ya que en ambos se encontró diferencia altamente significativa (0.01) únicamente para tratamientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DP (PCH) (Cuadro 8).

Experimento 4 (El Eden)

En este experimento se encontró diferencia significativa (0.05) - para tratamientos de control de malezas y variedades (PG) así como - tratamientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, DP (PCH) (Cuadro 8).

El análisis de varianza combinado practicado para los experimentos 1, 2, 3 y 4 reveló diferencia altamente significativa (0.01) para - experimentos (EXP), así como para tratamientos de control de malezas y variedades (PG) y diferencia significativa (0.05) para tratamientos de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> DP (PCH) para la interacción experimento x control de malezas y variedades (EXP \* PG), para la interacción experimento - x N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, DP (EXP \* PCH), y para la interacción labranza x N, -

Cuadro 8. Análisis de varianza de los rendimientos obtenidos en los experimentos de maíz en Ocozocoautla, Chiapas. 1980

F a c t o r	G.L.	Exp. 1 CM	Exp. 2 CM	Exp. 3 CM	Exp. 4 CM	Exp. 5 CM
Repeticiones	1	4.5008	9.5468	3.7826	0.0813	4.9830
Tratamiento Parcela Grande (PG)	2	20.2268	1.2656	0.7610	3.0890*	3.9325
Error a	3	6.0000	1.1289	0.5034	0.3052	1.5413
Tratamiento Parcela Chica (PCH)	15	2.0181**	0.8659*	1.5579**	0.5783*	1.9337**
Interacción (PG * PCH)	45	0.5167	0.4532	0.2472	0.2307	0.5301
Interacción (C1 * PCH)	15	0.4184	0.4703	0.1929	0.2850	0.4008
Interacción (C2 * PCH)	15	0.8956*	0.4552	0.3202	0.3345	0.4283
Interacción (C1 * C2 * PCH)	15	0.2360	0.4339	0.2284	0.0726	0.7513
Error b	60	0.4291	0.4448	0.2119	0.2213	0.6509
<hr/>						
R <sup>2</sup> Para el modelo		0.842	0.653	0.767	0.688	0.655
C.V.%		16.14	13.36	10.40	15.73	25.70

$P_2O_5$ , DP (C2 \* PCH). Lo anterior se presenta en el Cuadro 1 del Apéndice.

De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza el efecto de los factores N, P y D estudiados en el tratamiento de parcela chica se tratara por separado para cada uno de los experimentos estudiados ya que la interacción experimento x parcela chica resultó significativa (0.05) en el análisis combinado que se practicó.

Para los experimentos 2, 3, 4 y 5 como no se encontró diferencia significativa para la interacción control de malezas y variedades por N,  $P_2O_5$ , DP (PG \* PCH) en el análisis de varianza practicado para rendimiento (Cuadro 8), y tomando en cuenta el efecto significativo de los tratamientos de N, P y DP en ambos casos, en todos los análisis siguientes realizados para determinar el efecto de nitrógeno, fósforo y densidad, estudiados en parcela chica, se consideró a los tratamientos de control de malezas y variedades como repeticiones (Parcelas Grandes).

#### Experimento 1 (El Gavilán)

El efecto significativo (0.05) de la interacción tipo de control por N,  $P_2O_5$  y DP (C2\* PCH) detectado por el análisis de varianza (Cuadro 8) implica que los análisis correspondientes para determinar el efecto de los factores (N, P y D) estudiados en los tratamientos de parcela - chica, se deben hacer por separado para cada tipo de labranza.

Los rendimientos medios por tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DO y por tipo de control de malezas del experimento 1 se presentan en el Cuadro 9. Como se observa en este cuadro, el mayor rendimiento promedio de los tratamientos de control correspondió a control mecánico con 4.74 ton/ha superando ampliamente al obtenido en control químico que fue de 3.373 ton/ha. En lo que respecta al rendimiento de tratamientos de N,  $P_2O_5$  y D dentro de cada tipo de control, se tiene que en control mecánico el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 10 (130 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) y fue de 6.054 ton/ha, mientras que el más bajo correspondió al tratamiento 11 (70 kg/ha de N, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha) y fue de 3.409 ton/ha, en control químico el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 12 (100 kg/ha de N, 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) y fue de 4.579 ton/ha, el rendimiento más bajo correspondió al tratamiento 16 (100 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) y fue de 2.375 kg/ha, todo lo anterior es para tratamientos fertilizados. El testigo sin fertilizar rindió en control mecánico 2.250 ton/ha y en control químico 1.20 ton/ha.

Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población en Control Mecánico.

El mayor efecto del nitrógeno sobre el rendimiento se observó cuando se combinó con niveles altos de fósforo y densidad (60 kg/ha

de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) en un rango comprendido entre 70 y 130 kg/ha de N, obteniéndose la máxima respuesta de rendimiento a este factor, cuando se aplicaron 130 kg/ha de N. En un rango de 40 a 100 kg/ha de N y combinado con niveles bajos de fósforo y densidad (30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha), el nitrógeno no mostró ningún efecto sobre el rendimiento (Fig. 5).

El fósforo mostró su mayor efecto dentro del rango de 30 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$  cuando se combinó con niveles bajos de nitrógeno y densidad (70 kg/ha de N y 45 000 plantas/ha. A niveles de 30 a 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con niveles altos de nitrógeno y densidad (100 kg/ha de N y 55 000 plantas/ha), el fósforo no tuvo efecto sobre el rendimiento (Fig. 5).

En lo que se refiere a densidad de población, este factor mostró su mayor efecto a niveles de 55 000 a 65 000 plantas/ha cuando se combinó con niveles altos de nitrógeno y fósforo (100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ ). A niveles de 35 000 a 55 000 plantas/ha la densidad no tuvo ningún efecto (Fig. 5).

Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población en Control Químico.

En este tipo de control de maleza el nitrógeno mostró su mayor efecto sobre el rendimiento cuando se aplicó en niveles de 40 a 100 -

Cuadro 9. Rendimiento ton/ha de maíz para cada tipo de control de ma-  
leza obtenidos en el Experimento 1 (El Gavilán) Ocozocoautla,  
Chis. 1980.

No.	Tratamiento de parcela chica			C. Mecánico	C. Químico
	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	D pl/ha		
1	70	30	45 000	4.631	3.154
2	70	30	55 000	4.425	3.277
3	70	60	45 000	4.688	3.484
4	70	60	55 000	5.166	4.051
5	100	30	45 000	4.144	3.668
6	100	30	55 000	5.140	3.205
7	100	60	45 000	4.659	2.620
8	100	60	55 000	4.920	4.380
9	40	30	45 000	4.358	2.535
10	130	60	55 000	6.054	3.797
11	70	00	45 000	3.409	2.946
12	100	90	55 000	5.048	4.579
13	70	30	35 000	4.246	3.099
14	100	60	65 000	5.173	3.508
15	100	60	55 000	4.867	3.297
16	100	60	55 000	4.975	2.375
17	00	00	35 000	2.250	1.200
	$\bar{X}$			4.744	3.223

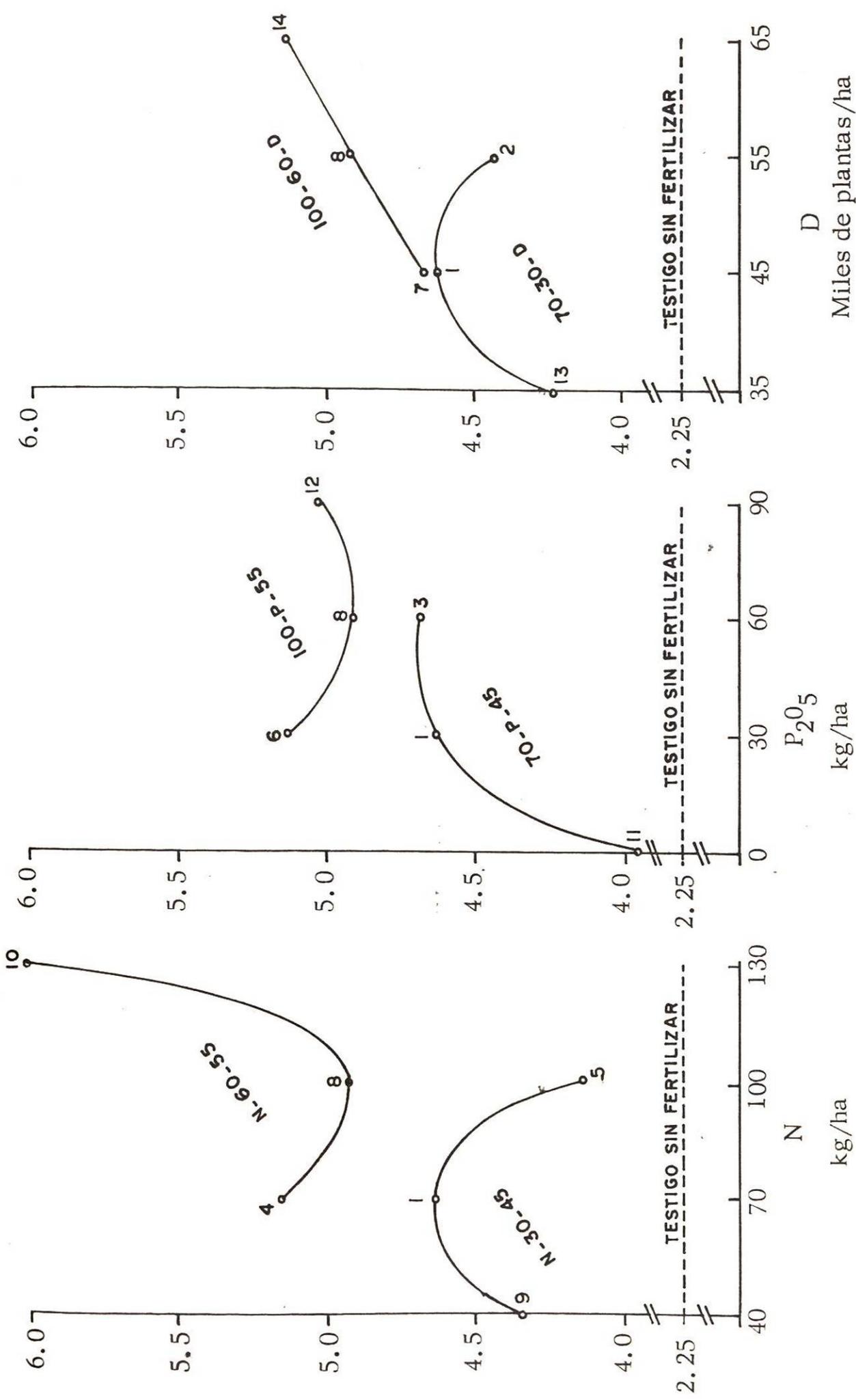


Fig. 5. Efecto del Nitrogeno, Fósforo y la Densidad de Población sobre el rendimiento de maíz, con control mecánico de malezas en el experimento 1 (El Gavilán) Ocozacoautla, Chis. 1980:

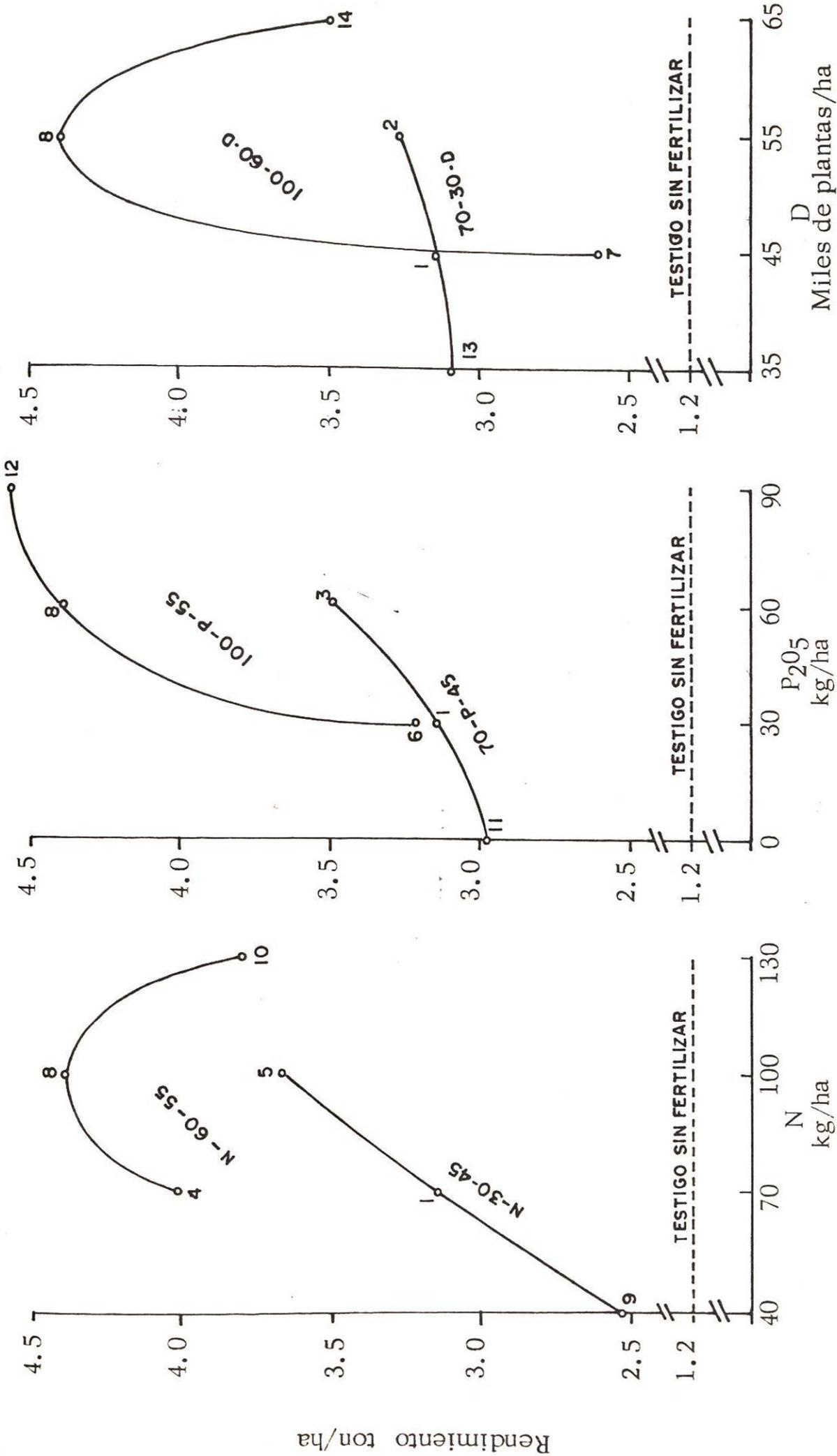


Fig. 6. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y la Densidad de Población sobre el rendimiento de maíz, con control químico de malezas en el experimento 1 (El Gavilán) Ocozacoautla, Chis. 1980.

kg/ha de N y combinado con niveles bajos de fósforo y densidad (30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha). A niveles de 70 a 100 kg/ha de N y combinado con niveles altos de fósforo y densidad (60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha), el nitrógeno mostró un ligero efecto positivo sobre el rendimiento, sin embargo al pasar el rango de 100 a 130 kg/ha de N, y combinado con estos mismos niveles de fósforo y densidad, el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento fue negativo. (Fig. 6).

El fósforo mostró un efecto positivo tanto en el rango de 0 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con niveles bajos de nitrógeno y densidad (70 kg/ha de N y 45 000 plantas/ha), como en el rango de 30 a 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con niveles altos de nitrógeno y densidad (100 kg/ha de N y 55 000 plantas/ha). Siendo en este último caso en donde se vio el mayor efecto del fósforo sobre el rendimiento. (Fig. 6).

La densidad de población mostró un efecto positivo bastante grande, en un rango de 45 000 a 55 000 plantas/ha combinada con niveles altos de nitrógeno y fósforo (100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ ), a estos mismos niveles de nitrógeno y fósforo y en el rango comprendido entre 55 000 a 65 000 plantas/ha, la densidad tuvo un efecto negativo. (Fig. 6).

Dentro del rango de 35 000 a 55 000 plantas/ha y combinada con niveles bajos de nitrógeno y fósforo (70 kg/ha de N y 30 kg/ha de  $P_2O_5$ )

la densidad mostró apenas un ligero efecto positivo. (Fig. 6).

### Experimento 2 (Espinal de Morelos)

Para este experimento, el análisis de varianza (Cuadro 8) practicado para rëndimiento reveló significancia estadística (0.05) únicamente para tratamientos de nitrógeno, fósforo y densidad de población estudiados en la parcela chica por lo que se consideró a cada parcela grande como una repetición más, dando un total de 8 repeticiones para cada tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DP. En el Cuadro 7 se presentan los promedios de cada uno de los tratamientos de parcela chica, en este cuadro se puede ver que, el mayor rëndimiento promedio se asoció con el tratamiento 10 (130 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantatas/ha), con un rëndimiento de 5.96 ton/ha, el rëndimiento más bajo de los tratamientos fertilizados correspondió al tratamiento 2 (70 kg/ha de N, 30 kg/ha y 45 000 plantas/ha) y fue de 3.90 ton/ha. El testigo sin fertilizar rindió 2.03 ton/ha.

### Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

En este experimento el mayor efecto del nitrógeno sobre el rëndimiento, se observó dentro del rango de 100 a 130 kg/ha de N y combinado con niveles altos de fósforo y densidad (60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha). La respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno a niveles de 70 a 100 kg/ha de N, y combinado con niveles bajos de fósforo -

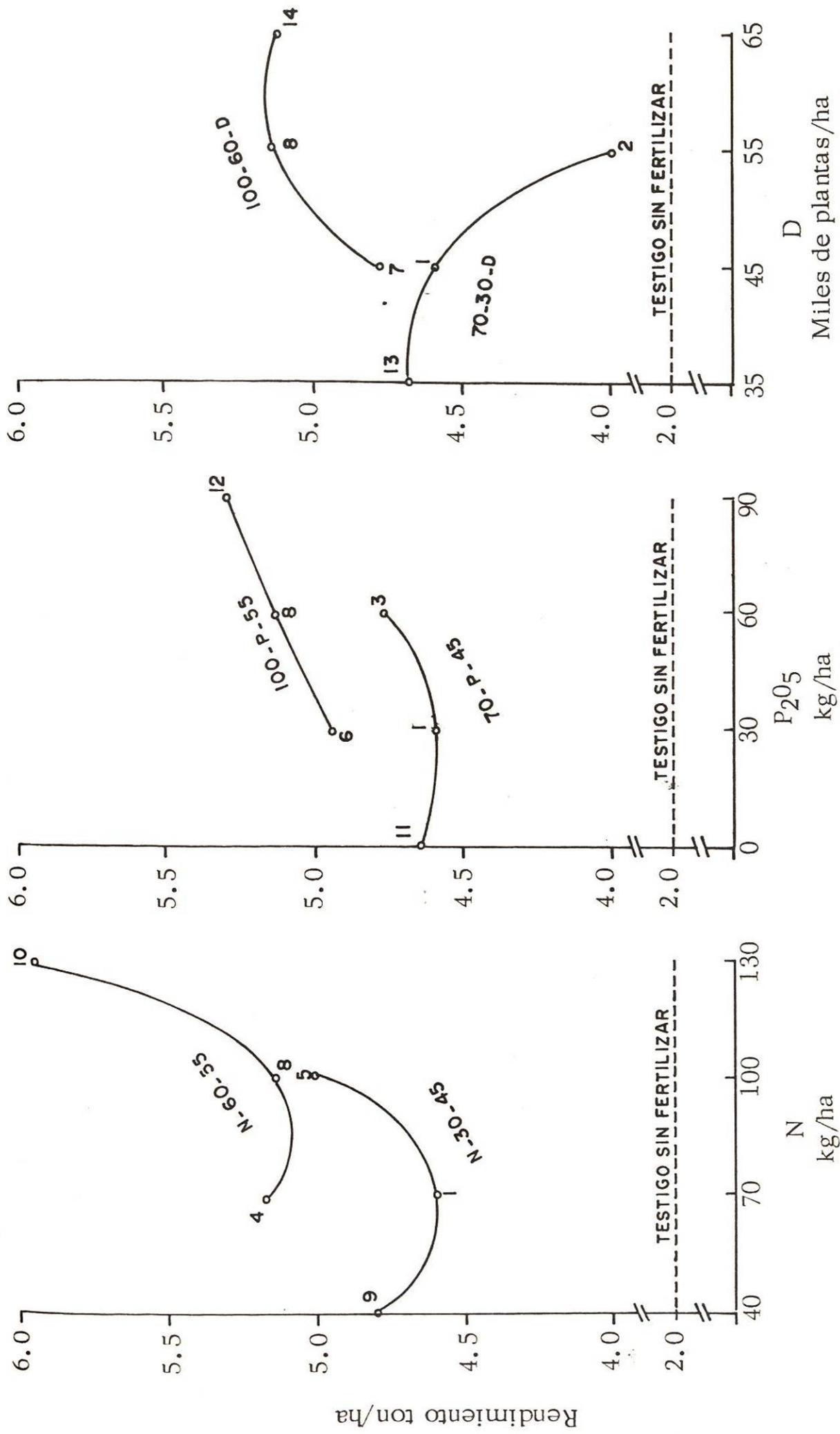


Fig. 7. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y la Densidad de Población sobre el rendimiento de maíz, en el experimento 2 (Espinal de Morelos), Ocozacoautla, Chis. 1980.

y densidad (30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha), fue ligeramente positiva. (Fig. 7).

En lo que respecta al fósforo, la respuesta del maíz a este elemento en todos sus niveles estudiados fue ligeramente positivo. (Fig. 7).

El efecto de la densidad de población sobre el rendimiento cuando ésta se estudió en un rango de 35 000 a 55 000 combinado con dosis bajas de nitrógeno y fósforo (70 kg/ha de N y 30 kg/ha de  $P_2O_5$ ), fue negativo. Cuando se estudiaron densidades de 45 000 a 65 000 plantas/ha - combinados con dosis altas de nitrógeno y fósforo (100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ ), el efecto de la densidad sobre el rendimiento fue ligeramente positivo. (Fig. 7).

### Experimento 3 (Mazotoc)

El análisis de varianza para rendimiento en este experimento (Cuadro 8) únicamente reveló diferencia y altamente significativa (0.01) para tratamientos de N,  $P_2O_5$  y DP, por lo que al continuar los análisis correspondientes a N, P y D como ya se dijo anteriormente, se consideró a cada parcela grande como una repetición lo que dio un total de 8 repeticiones para tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DP. El rendimiento promedio de cada tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DP se presenta en el Cuadro 7 donde se puede observar que el máximo rendimiento se asoció con el tratamiento 10 (130 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha)

con un rendimiento de 5.23 ton/ha; el rendimiento más bajo dentro de los tratamientos fertilizados, correspondió al tratamiento 9 (40 kg/ha de N, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha con un rendimiento de 3.66 ton/ha. El testigo sin fertilizar en este caso rindió 1.88 ton/ha.

#### Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

En este experimento el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento, fue positivo y bastante claro tanto a niveles de 40 a 100 kg/ha de N y combinado con dosis bajas de fósforo y densidad (30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha), como a niveles de 70 a 130 kg/ha de N y combinado con dosis mayores de fósforo y densidad (60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) alcanzando su máximo efecto con 130 kg/ha de N, que fue la dosis mayor de N estudiada. (Fig. 8).

El fósforo en dosis de 30 y 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con dosis bajas de nitrógeno y densidad (70 kg/ha de N y 45 000 plantas/ha), no tuvo ningún efecto significativo sobre el rendimiento, y en dosis de 30 a 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y asociado con dosis altas de nitrógeno y densidad (100 kg/ha de N y 55 000 plantas/ha) el efecto que tuvo sobre el rendimiento fue mínimo. (Fig. 8).

La densidad, a niveles de 35 000 planta/ha hasta 55 000 plantas/ha y combinada tanto con niveles bajos como altos de nitrógeno y fósforo, mostró un efecto positivo sobre el rendimiento bastante claro alcanzan

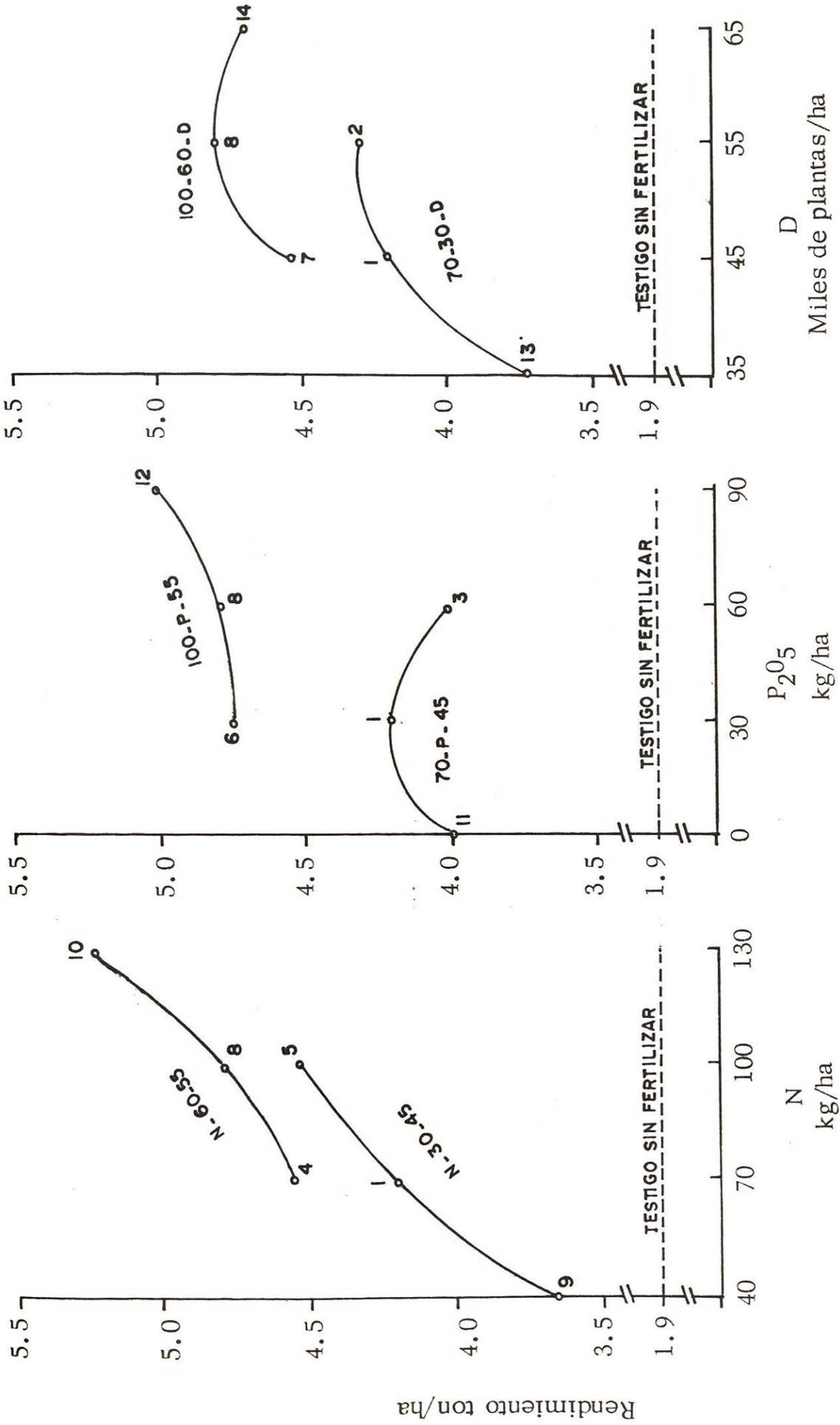


Fig. 8. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y la Densidad de Población sobre el rendimiento de maíz en el experimento 3 (Mazotoc) Ocozacoautla, Chis. 1980.

do su máximo efecto con 55 000 plantas/ha y combinado con 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . Al pasar de 55 000 plantas/ha de 65 000 plantas/ha y combinado con estas mismas dosis de nitrógeno y fósforo, la densidad mostró un efecto negativo sobre el rendimiento. (Fig. 8).

Experimento 4 (El Eden ó Vicente Guerrero).

Tomando en cuenta los resultados del análisis de varianza para rendimiento en donde se encontró diferencia significativa (0.05) para tratamientos de control de malezas y variedades, los rendimientos promedios para tratamiento de control de malezas y variedades se presentan en el Cuadro 10, en este cuadro se puede observar que el mayor rendimiento promedio se asoció con el tratamiento 2 (control mecánico de malezas con maíz mejorado) y el menor estuvo asociado con el tratamiento 3 (control químico de malezas con maíz criollo). Sin embargo entre los tratamientos 1, 2 y 4 no hubo diferencia significativa entre sí pero si entre estos y el tratamiento 3 que como ya se dijo fue el más bajo en rendimiento. (Cuadro 10).

En este experimento para determinar el efecto de nitrógeno, fósforo y densidad se siguió el mismo procedimiento que para los experimentos 2, y 3, es decir al no haber interacción entre tratamientos de control de malezas y variedades por tratamientos de N,  $P_2O_5$  y DP (PG \* PCH) se tomó a las parcelas grandes (control de malezas y varie

Cuadro 10. Rendimiento (ton/ha) promedio de maíz por tratamiento de parcela grande en el experimento 4 (El Eden) Ocozacoautla, Chis. 1980.

No. de Trat.	Descripción del tratamiento	Rend. Ton/ha	Significancia estadística *
1	C. Mecánico con maíz criollo	3.126	a
2	C. Mecánico con maíz mejorado	3.228	a
3	C. Químico con maíz criollo	2.535	b
4	C. Químico con maíz mejorado	3.076	a

\* Tratamientos seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Duncan 0.05).

dades por tratamientos de N,  $P_2O_5$  y DP (PG \* PCH) se tomó a las parcelas grandes (control de malezas y variedades) como repeticiones. En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos promedio por tratamiento de N,  $P_2O_5$  y DP, como se observa en el Cuadro, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 10 (130 kg/ha de N 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha) con 3.58 ton/ha. El menor rendimiento de los tratamientos fertilizados correspondió al tratamiento 9 (40 kg/ha de N, 30  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha con 2.32 ton/ha. El testigo sin fertilizar rindió en este caso 1.15 ton/ha.

Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

El nitrógeno mostró un incremento sobre el rendimiento tanto -

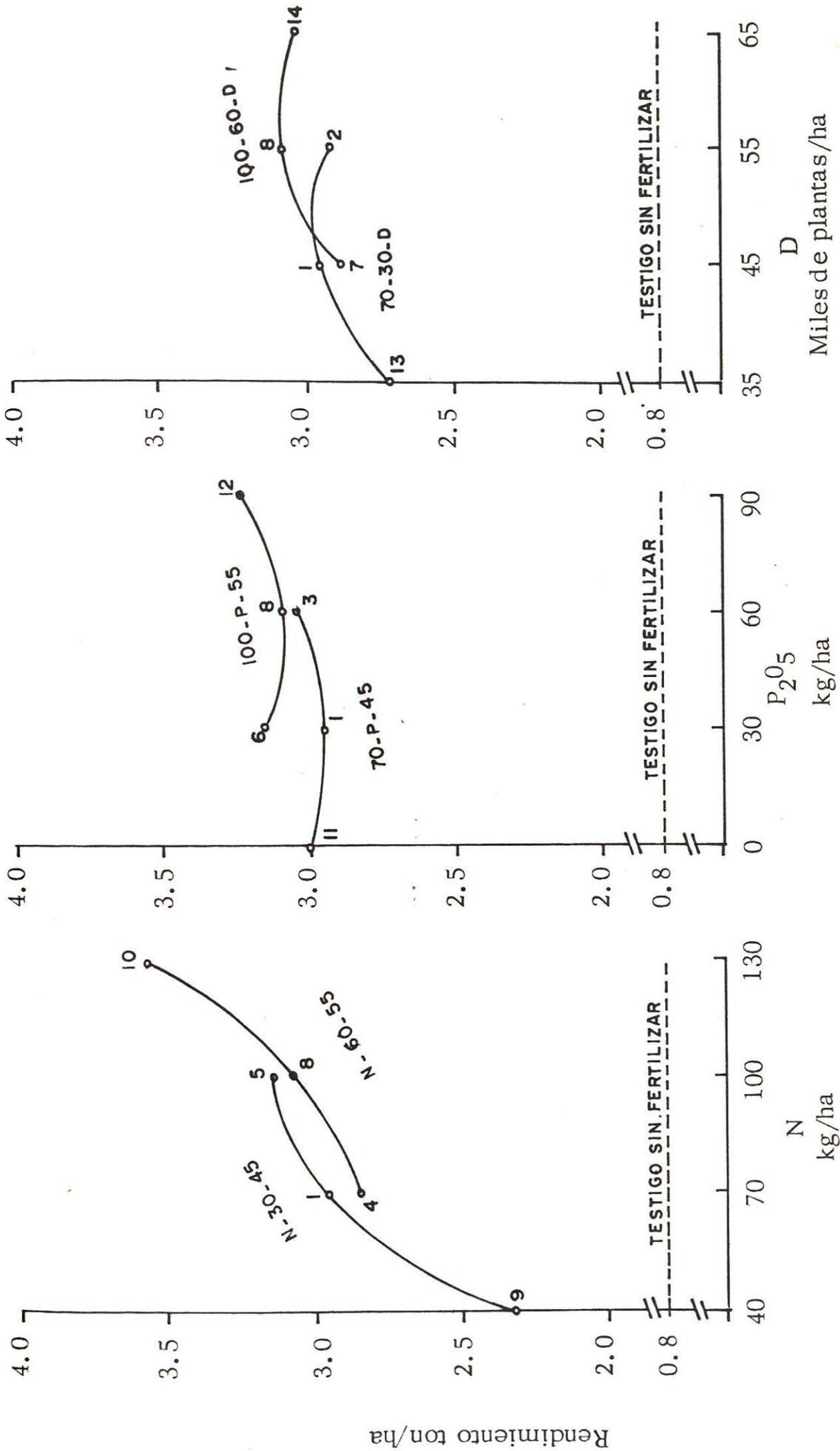


Fig. 9. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y la Densidad de Población sobre el rendimiento de maíz en el rendimiento de maíz en el experimento 4 (El Edén ó Vicente Guerrero) Ocozacoautla, Chis. 1980.

combinado con dosis bajas de fósforo y densidad como combinado con dosis altas de éstas. Su mayor efecto se manifestó cuando se aplicó en dosis de 130 kg/ha de N combinado con 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha. (Fig. 9).

El fósforo mostró un ligero efecto al pasar de 60 a 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con 100 kg/ha de nitrógeno y 55 000 plantas/ha (Fig. 9).

El fósforo a dosis de 30 y 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado con dosis de nitrógeno y densidad (70 kg/ha de N y 45 000 plantas/ha) mostró un efecto ligeramente negativo sobre el rendimiento (Fig. 9).

La densidad al pasar de 35 000 a 55 000 plantas/ha y combinada tanto con niveles bajos como altos de nitrógeno y fósforo mostró apenas un ligero efecto positivo sobre el rendimiento, y alcanzó su máximo efecto con 55 000 plantas/ha combinada con 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . (Fig. 9).

Sin embargo se puede decir que tanto el efecto de fósforo como el de densidad no fueron significativos en este caso, y fue el nitrógeno el que sí tuvo un efecto positivo bastante grande.

#### Experimento 5 (Piedra Parada)

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos medios, para tra-

tamientos de N,  $P_2O_5$  y DP en el mismo cuadro se puede observar que a este experimento correspondieron los rendimientos más bajos de todos los experimentos establecidos. El mayor rendimiento obtenido para este experimento correspondió al tratamiento 10 (130 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha), con 2.58 ton/ha, el menor al tratamiento 13 (70 kg/ha de N, 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 35 000 plantas/ha), con un rendimiento de 1.56 ton/ha.

#### Efecto de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

En este caso los tres factores estudiados en parcela chica nitrógeno, fósforo y densidad tuvieron un efecto positivo sobre el rendimiento bastante claro.

El nitrógeno manifestó mayor efecto cuando se pasó de 70 a 130 kg/ha de N combinado con niveles altos de fósforo y densidad (60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 55 000 plantas/ha), y alcanzó su máximo efecto con 130 kg/ha de N. Este elemento a dosis de 40 a 100 kg/ha de N y combinado con niveles bajos de fósforo y densidad (30 kg/ha de  $P_2O_5$  y 45 000 plantas/ha), mostró un ligero efecto negativo sobre el rendimiento. (Fig. 10).

El fósforo mostró su mayor efecto al pasar de 30 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y combinado tanto con niveles bajos como altos de nitrógeno y densidad y alcanzó su máximo efecto con dosis de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  combi

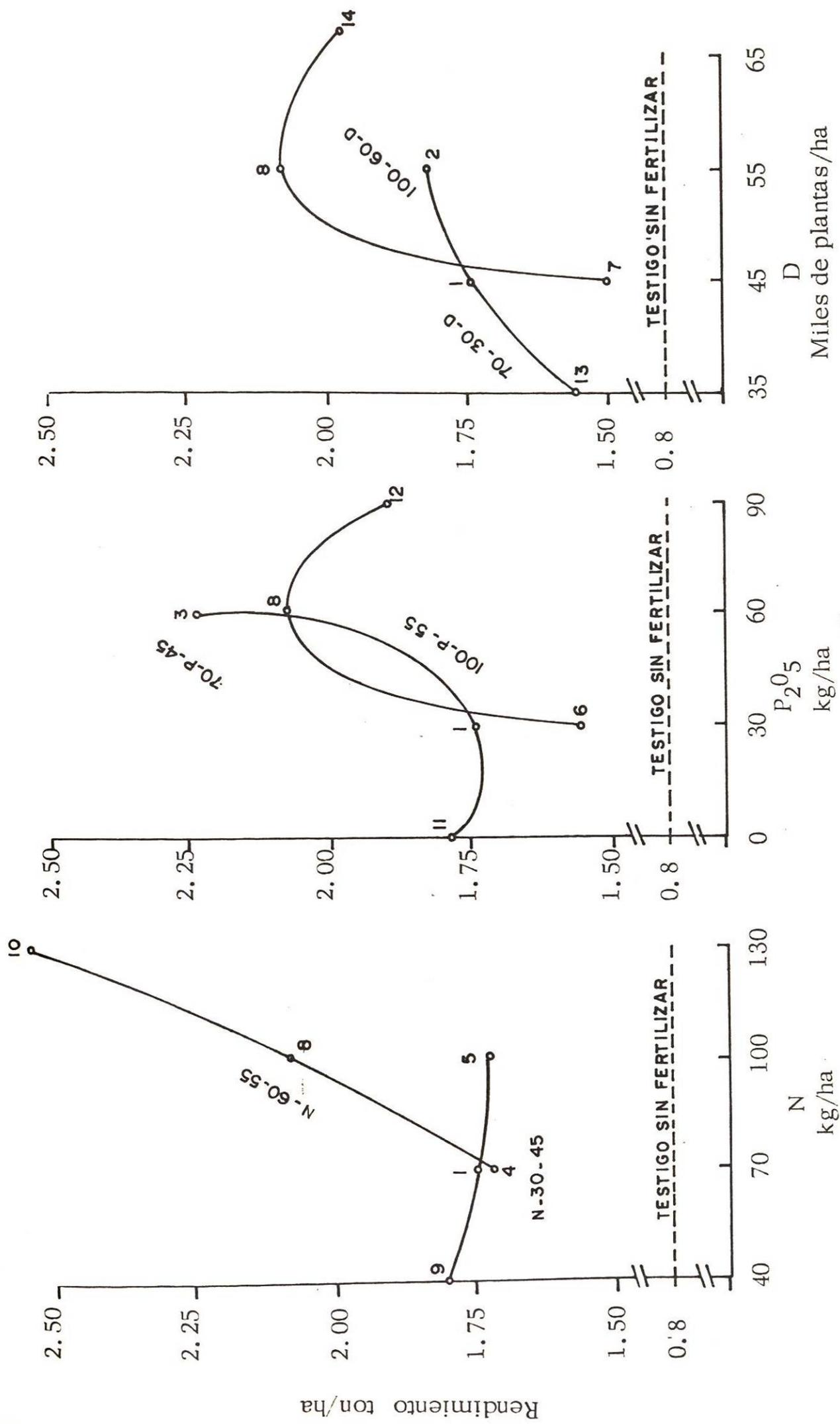


Fig. 10. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y la Densidad de población sobre el rendimiento de maíz, en el experimento 5 (Piedra Parada) Ocozacoautla, Chis. 1980.

nado con 70 kg/ha de N y 45 000 plantas/ha.

La densidad desde 35 000 a 55 000 plantas/ha combinada tanto con dosis bajas como altas de nitrógeno y fósforo, mostró un efecto positivo sobre el rendimiento, alcanzando su máximo con el nivel de 55 000 plantas/ha combinada con 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . Al pasar de 55 000 a 65 000 plantas/ha con estas mismas dosis de nitrógeno y fósforo, la densidad tuvo un efecto negativo.

### Análisis de Regresión Múltiple

Se efectuaron análisis de regresión siguiendo un polinomio de segundo grado, se efectuaron análisis por separado para cada uno de los experimentos, y los resultados de éstos se presentan en los Cuadros 3, 4 y 5 del apéndice. Posteriormente se hicieron combinaciones de dos experimentos, los resultados de estos análisis se presentan en los Cuadros 6, 7, 8, 9 y 10 del apéndice.

Para el experimento 1 (El Gavilán) se puede observar que la variable que mayor influencia tuvo sobre el rendimiento fue la interacción fósforo x densidad (PD) con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.1309 también se observa que a medida que se fueron incluyendo más variables en el modelo la  $R^2$  fue aumentando hasta llegar a 0.1645 que fue la  $R^2$  del total de las 9 variables consideradas en el modelo completo sin embargo solo la variable PD tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento (Cuadro 3 del apéndice).

En el caso del Experimento 3 (Mazotoc) fue la interacción ND la que tuvo gran influencia sobre el rendimiento ya que esta variable se asoció con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.3596 que explica el 91% del total ( $R^2 = 0.3945$ ) de las 9 variables consideradas en el modelo completo. (Cuadro 4 del apéndice).

Para el Experimento 4 (El Edén ó Vicente Guerrero) fue el nitrógeno (N) el que se asoció con el mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que fue de 0.1216 explicando por si solo el 76% del total ( $R^2 = 0.1589$ ) que explican las 9 variables en el modelo completo. (Cuadro 4 del apéndice).

En el Experimento 5 (Piedra Parada) el mayor efecto sobre el rendimiento correspondió al nitrógeno cuadrado ( $N^2$ ) el cual se asoció con un coeficiente de determinación de 0.1020, todas las variables en el modelo tuvieron una  $R^2$  de 0.1510. (Cuadro 5 del apéndice).

En los Cuadros 6, 7, 9 y 10 del apéndice se puede ver que cuando se hizo el análisis de regresión para las diferentes combinaciones de experimentos, en todos ellos el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de las variables en el modelo disminuyó considerablemente.

En el Cuadro 6 del apéndice se observa que cuando se combinaron los experimentos 1 x 2, el valor de  $R^2$  bajó mucho, respecto a la

obtenida en cada uno de los experimentos cuando se analizaron individualmente.

Cuando se combinaron los Experimentos 1 x 3 se observa que el valor de  $R^2$  disminuyó con respecto al obtenido en el análisis del Experimento 3, sin embargo respecto al Experimento 1 el valor de  $R^2$  fue mayor en la combinación que el obtenido en este experimento individualmente. (Cuadro 3 y 6 del apéndice).

En el Cuadro 7 del apéndice se puede observar que cuando se combinaron los Experimentos 1 x 4 y 1 x 5, en ambos casos los valores de  $R^2$  disminuyeron considerablemente respecto al obtenido en el análisis de cada uno de estos experimentos en forma individual.

En la combinación de los experimentos 2 x 3 el valor de  $R^2$  obtenido, fue superior al obtenido en el Experimento 2 pero mucho menor al obtenido en el Experimento 3 cuando se analizaron por separado. (Cuadro 3, 4 y 8 del apéndice).

En el análisis combinado de los experimentos 2 x 4, 2 x 5, 3 x 4, 3 x 5 y 4 x 5 el valor de  $R^2$  obtenido, fue muy inferior al obtenido en el análisis individual de cada uno de estos experimentos. (Cuadros 8, 9 y 10 del apéndice).

Obtención de la Dosis Optima de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población.

En base al resultado de los análisis de regresión practicados y tomando en cuenta que el análisis individual por experimento dio mejores resultados que cuando se hicieron las diferentes combinaciones de experimentos, se procedió a elegir un modelo de producción para cada sitio experimental. El criterio que se siguió para determinar las variables que debían entrar en el modelo a seleccionar fue el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es decir solo se consideraron las variables que en forma individual o combinadas aportaron el mayor valor de  $R^2$  en el análisis de regresión múltiple. En el Cuadro 11 se presenta el modelo seleccionado para cada sitio experimental. En este cuadro se observa que para el Experimento 1 (El Gavilán) se seleccionaron dos modelos uno para cada método de control de maleza ya que este factor interactuó en forma significativa (0.05) con los tratamientos de fertilización y densidad.

A partir de la función de producción seleccionada, se procedió a obtener la Dosis Optima Económica de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población para cada uno de los sitios estudiados.

Para ello se tomó en cuenta el costo de los insumos (costo de 1 kg de N, costo de 1 kg de P y costo de 1 000 plantas) así como el pre-

Cuadro 11. Modelo de producción seleccionado para cada sitio experimental

No. de Expto.	Modelo seleccionado	R <sup>2</sup>
1	El Cavilán a) C. Mecánico Rend. = $0.1174459 + 0.00415P - 0.000445P^2 + 0.1455D - 0.001599D^2 + 0.001PD$ b) C. Químico Rend. = $-1.1825 - 0.122P - 0.00015P^2 + 0.2638D - 0.00378D^2 + 0.003PD$	0.7332 0.6346
2	Espinal Rend. = $4.6966 + 0.00003155D - 0.000000000115D^2$	0.1516
3	Mazotoc Rend. = $1.1805 + 0.01251N - 0.00003385N^2 + 0.000172D - 0.000000001806D^2 + 0.0000001167ND$	0.3941
4	V. Guerrero Rend. = $2.1664 + 0.009376 N$	0.1216
5	P. Parada Rend. = $1.5648 + 0.00004627 N^2$	0.1020

cio del producto (precio del maíz en pie en la parcela). La relación completa y detallada de costo de los insumos y precio del maíz utilizado en el análisis económico se presenta en el Cuadro 5 del capítulo de Materiales y Métodos.

Para describir el procedimiento que se utilizó en la obtención de la dosis óptima económica de nitrógeno fósforo y densidad de plantas en cada uno de los sitios estudiados, se ilustra el caso del Experimento 3 (Mazotoc).

Como primer paso y en base a los resultados del análisis de regresión múltiple para 9 variables, se seleccionó la función de producción en la cual solo se tomaron en cuenta las variables que aportaron el mayor valor de  $R^2$ , para el caso que aquí se ilustra la función seleccionada fue:

$$Y = -0.1805 + 0.01251 N - 0.00003385 N^2 + 0.0001729D - 0.000000001806 D^2 + 0.0000001167 ND$$

En seguida se derivó el rendimiento (y) con respecto a N y D para obtener 2 ecuaciones.

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dn} &= 0.01251 - 2(0.00003385 N) + 0.0000001167 D \\ &= 0.01251 - 0.0000677 N + 0.0000001167 D \quad \text{---- (1)} \\ &= 0.0001729 - 2(0.000000001806D) + 0.0000001167 N \\ &= 0.0001729 - 0.000000003612D + 0.0000001167 N \quad \text{---- (2)} \end{aligned}$$

En seguida se obtuvo el valor de N a partir de la ecuación (1) haciendo esta ecuación igual a 0.

$$\text{Si } 0.01251 - 0.0000677 N + 0.0000001167 D = 0$$

$$\text{entonces } N = \frac{-0.01251 - 0.0000001167 D}{-0.0000677}$$

$$N = 184.7858 + 0.00172378 D \text{ ----- (3)}$$

haciendo la ecuación (2) igual a 0 se tiene:

$$0.0001729 - 0.000000003612D + 0.0000001167 N = 0$$

ahora sustituyendo N por su valor (3)

$$0.0001729 - 0.000000003612D + 0.0000002267 (184.7858 + 0.00172378 D) = 0$$

$$0.0001729 - 0.000000003612D + 0.000021645 + 0.000000000201155 D = 0$$

$$0.000194595 - 0.0000000034108 D = 0$$

$$D = \frac{-0.000194545}{-0.0000000034108} = 57\,038 \text{ plantas/ha --- (4)}$$

ahora sustituyendo D por su valor en la ecuación (3) para obtener el valor de N

$$N = 184.7858 + 0.00172378 D$$

$$N = 184.7858 + 0.00172378 (57\ 038)$$

$$N = 184.7858 + 98.32096$$

$$N = 283.11 \text{ kg/ha}$$

Obteniéndose así la dosis óptima fisiológica de N y D, es decir - las cantidades de N y D que se asocian con el máximo rendimiento, - pero como la que nos interesa es la Dosis Optima Económica (DOE) - debemos tomar en cuenta los costos de insumos y precio del maíz; entonces si se conocen estos valores se puede obtener fácilmente la DOE, para el presente estudio se obtuvo la DOE tomando los valores de costo de insumos y precio del maíz del Cuadro 5  $N = 10.13$ ,  $D = 7.32$  - (costo promedio de 1 000 plantas obtenido a partir del costo de 1 000 - plantas para cada una de las variedades de maíz utilizadas ya que no - hubo diferencia entre éstas).

Para la obtención de la DOE se siguió el procedimiento descrito por Villasmil (1973) en el que dice que para obtener la DOE de cualquier nutriente a partir de una función de producción, basta con derivar la ecuación del rendimiento con respecto al elemento para el cual se desea encontrar el nivel óptimo e igualar esta derivada a la relación inversa de los precios; de acuerdo a lo anterior para el caso que se presenta se procedió a obtener la derivada para cada uno de los - factores (N y D)

tomando la ecuación (1) se tiene

$$\frac{dy}{dN} = 0.01251 - 0.0000677N + 0.000000116 D$$

sustituyendo D por su valor obtenido en (4) se puede obtener la ecuación marginal para N

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dN} &= 0.01251 - 0.0000677N + 0.000000116 (57\ 038) \\ &= 0.01251 - 0.0000677N + 0.0067 \\ &= 0.01921 - 0.0000677N \text{ ----- (5)} \end{aligned}$$

Si  $\frac{dy}{dN} = \frac{P_n}{P_y}$  donde:

$P_n$  = Precio de la unidad de nitrógeno = 10.13

$P_y$  = Precio de una tonelada de maíz = 4110.00

entonces como  $\frac{dy}{dN} = 0.01921 - 0.000000677N$

y  $\frac{dy}{dn} = \frac{P_n}{P_y}$  se tiene que  $\frac{P_n}{P_y} = 0.01921 - 0.000000677N$

como  $\frac{P_n}{P_y} = \frac{10.13}{4110} = 0.0025$

entonces  $0.0025 = 0.01921 - 0.000000677N$

despejando N  $N = \frac{0.0025 - 0.01921}{-0.000000677} = 246.8$

de donde resulta DOE de N = 246.8 kg/ha

lo mismo se hizo para densidad, partiendo de la ecuación (2) se tiene:

$$\frac{dy}{dD} = 0.0001729 - 0.000000003612D + 0.000000177 N$$

Sustituyendo N por su valor (283.11) en la ecuación

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dD} &= 0.0001729 - 0.000000003612D + 0.000000117 (283.11) \\ &= 0.0001729 - 0.000000003612D + 0.000033124 \end{aligned}$$

$$\frac{dy}{dD} = 0.000206 - 0.000000003612D \text{ ----- (6)}$$

$$\text{como } \frac{dy}{dD} = \frac{Pd}{Py} \text{ y } \frac{dy}{dD} = 0.000206 - 0.000000003612D$$

entonces:

$$\frac{Pd}{Py} = 0.000206 - 0.000000003612D$$

$$\text{como } \frac{Pd}{Py} = \frac{0.00732}{4110} = 0.000001781$$

$$\text{entonces } 0.000001781 = 0.000206 - 0.000000003612 D$$

$$\text{despejando } D = \frac{0.000001781 - 0.000206}{0.000000003612}$$

$$D = \frac{0.002042}{0.000000003612} = 56,359 \text{ plantas/ha}$$

esta será la DOE para densidad

finalmente se obtuvo el rendimiento que se asocia con la DOE de N y D,

sustituyendo en la ecuación de producción a N y D por sus valores en la DOE.

$$\begin{aligned} \text{Rend.} = & -1.1805 + 0.01251 (246.8) - 0.00003385 (246.8)^2 \\ & + 0.0001729(56,539) - 0.000000001806 (56,539)^2 + \\ & 0.0000001167 (246,8) (56,539) \end{aligned}$$

$$\text{Rend.} = 1.1805 + 3.0875 - 2.0618 + 9.77556 - 5.7732 + 1.6284$$

$$\text{Rend.} = 5.476 \text{ ton/ha}$$

En el Cuadro 12 se presenta la DOE de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población, para cada sitio donde fue posible obtenerla, de acuerdo al modelo seleccionado. En el mismo Cuadro 12 se observa que para el Experimento 1 (El Gavilán) se obtuvieron una DOE para cada método de control de acuerdo al modelo seleccionado para cada método (Cuadro 11).

Cuadro 12. Dosis óptima económica de N, P y D obtenida a partir de la función de producción seleccionada para cada sitio experimental.

No. de Expto.	Sitio ó Experimento	Dosis N*	Optima P*	Económica D**	R***
1	El Gavilán				
	a) C. Mecánico	00	82	71.5	5.56
	b) C. Químico	00	11	42.6	3.25
2	Espinal	00	00	130.0	6.85
3	Mazotoc	246.8	00	56.5	5.48
4	V. Guerrero	130.0	00	35.0	3.38
5	P. Parada	130.0	00	35.0	2.36

\* kg/ha de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

\*\* Densidad en miles de plantas por hectárea

\*\*\* Rendimiento de toneladas por hectárea

## DISCUSION

Efecto de tratamiento de control de malezas y variedades sobre el rendimiento.

Efecto de la variedad

No obstante las diferencias varietales entre los materiales mejorados y criollos antes citados, únicamente en el Experimento 4 (El Edén ó Vicente Guerrero) se detectó efecto de tratamientos de parcela grande sobre el rendimiento, efecto en el que está involucrado el factor variedad; en los otros sitios estudiados no se encontró ninguna diferencia entre tratamiento de parcela grande por lo que se puede decir que tanto los materiales mejorados así como los criollos involucrados en éstos tuvieron un comportamiento similar.

Método de Control de Maleza

Detectar la bondad del uso de herbicida comparado con el método de control tradicional fue el principal motivo por el que se incluyó este factor en los tratamientos de parcela grande. Sin embargo los resultados obtenidos indican que solo se detectó efecto del método de control en un sitio (Experimento 1 El Gavilán) en donde interaccionó fuertemente el método de control con los tratamientos de N,  $P_2O_5$  y DP. En este caso el método de control tradicional o mecánico superó ampliamente en rendimiento al método de control químico, esto fue debido a

que en este sitio la maleza predominante fue de hoja angosta y ninguno de los herbicidas utilizados logró controlarla lo que probablemente provocó la disminución del rendimiento y la interacción con los tratamientos N,  $P_2O_5$  y DP. En los otros sitios el método de control no tuvo efecto alguno sobre el rendimiento.

Los resultados obtenidos indican en la mayoría de los casos que no hubo efecto de los factores estudiados en tratamientos de parcela grande (variedad y método de control de maleza) sobre el rendimiento de maíz, esto puede estar muy relacionado con el diseño utilizado en el que solo se consideran 2 niveles o tratamientos de cada uno de estos factores, por lo que es necesario que los resultados sean muy contrastantes para poder detectar diferencias significativas entre los mismos. Otro de los factores que influyeron mucho en los resultados obtenidos fue también el hecho de que en el presente ciclo de temporal de lluvias fue muy bueno y no se presentó período canicular mayor de 15 días, lo que permitió que se obtuvieran rendimientos de maíz muy similares bajo los diferentes tratamientos de control de maleza y variedad estudiados, por otra parte, los vientos aunque si se presentaron, no afectaron el rendimiento del cultivo.

#### Efecto del nitrógeno

El nitrógeno tanto solo como combinado con el fósforo ó la densidad mostró un gran efecto sobre el rendimiento en la mayoría de los

sitios estudiados.

En El Gavilán (Experimento 1) tanto bajo condiciones de control tradicional de maleza, como en control químico, este elemento tuvo un efecto negativo en el rendimiento por lo que no se tomó en cuenta en la elección de la función de producción para este sitio, no se tiene idea de lo que haya provocado este efecto negativo del N es muy probable que esté relacionado con las condiciones de fertilidad natural del suelo en este sitio en donde el nivel de materia orgánica en el suelo es bueno según el análisis químico realizado en laboratorio.

En Espinal de Morelos (Experimento 2) la interacción nitrógeno - densidad (ND) fue la que más influyó sobre el rendimiento, esta interacción según el análisis de regresión mostró un efecto positivo bastante alto sobre el rendimiento. Por lo que en elección de la función de producción para este sitio se tomó en cuenta además de la interacción (ND) el efecto lineal así como el cuadrático de estos elementos (N,  $N^2$  y D,  $D^2$ ). Sin embargo no fue posible optimizar el nivel de N, a partir de la función seleccionada, esto es debido a que el nitrógeno mostró efectos positivos a niveles más altos que los estudiados (130 kg/ha) pero también se ve que cuando aumenta el nivel de N, la interacción de ND se vuelve negativa, afectando al rendimiento por lo tanto este elemento no se consideró finalmente en la función de respuesta y se tomó en cuenta únicamente la densidad.

En Mazotoc (Experimento 3) el análisis de regresión múltiple detectó que la interacción ND fue la que tuvo el mayor efecto positivo - sobre el rendimiento por lo tanto al seleccionar la función de producción para optimizar los niveles de N y D se tomó en cuenta además - de la interacción, el efecto lineal y cuadrático de cada uno de ellos. Con la ecuación seleccionada fue posible optimizar el nivel de nitrógeno que fue de 246.8 kg/ha misma que se relacionó con un rendimiento de 5.48 ton/ha, este nivel de N queda muy encima de el máximo - considerado en el estudio, lo que indica el buen potencial del suelo - en este sitio y la buena respuesta del maíz a este elemento. Este resultado coincide con lo que dice Robles (21) que los suelos del trópico tienen una alta capacidad de producción si se les agrega altos niveles de fertilizante.

En Vicente Guerrero (Experimento 4) el nitrógeno mostró un gran efecto sobre el rendimiento ya que fue el elemento que mayor contribución proporcionó al mismo según el resultado del análisis de regresión se tiene que cada kg de N aplicado al suelo produce 9.3 kg de maíz, lo que indica una buena respuesta del cultivo a este elemento. No obstante el gran efecto del nitrógeno sobre el rendimiento, este es únicamente de forma lineal por lo tanto la función de respuesta no tiene punto de inflexión lo que hace imposible el cálculo matemático del nivel óptimo de nitrógeno para este sitio. Por lo tanto, -

tomando en cuenta los resultados del análisis de regresión, se consideró conveniente en este caso tomar como nivel óptimo de N, el máximo nivel de este elemento considerado en el estudio (130 kg/ha). El efecto de N que se encontró en este sitio, probablemente está relacionado más que nada con la fertilidad nativa del suelo ya que el suelo en este sitio resultó ser uno de los más pobres en materia orgánica según el análisis químico realizado en el laboratorio, además el tipo de suelo donde se desarrolló este experimento está considerado por los agricultores como de los más pobres de la región. Sin embargo son suelos que responden bien a la aplicación de nitrógeno, lo que les da un buen potencial de producción.

En Piedra Parada (Experimento 5) el nitrógeno cuadrático fue el que se asoció con el mayor incremento en la producción lo que indica el gran efecto de este elemento.

Sin embargo en este caso al igual que para el Experimento 4 de Vicente Guerrero, no fue posible optimizar el nivel de este elemento, por lo que también se tomó como nivel óptimo de N, 130 kg/ha, para este sitio.

El resultado aquí obtenido sobre el efecto del nitrógeno está muy relacionado con el caso anterior (Experimento 4) ya que éste también es un suelo pobre en cuanto a materia orgánica debido principalmente

a su textura arenosa, sin embargo se puede decir que tiene mayor capacidad de producción ya que es un suelo profundo, a diferencia del anterior (Experimento 4) que es un suelo ligero o superficial; por lo anterior se piensa que la buena respuesta del cultivo a la aplicación del nitrógeno en estos dos sitios está altamente relacionada con las condiciones del suelo.

### Efecto del fósforo

En general el fósforo mostró poco efecto sobre el rendimiento. Unicamente en el Gavilán (Experimento 1) fue donde este elemento mostró un efecto significativo sobre la producción tanto bajo condiciones de control mecánico de malezas como de control químico. En donde el control de maleza se hizo en forma mecánica (Método de Control Tradicional), el maíz respondió a mayores cantidades de este elemento que en donde el control de maleza se hizo con herbicidas. El nivel óptimo de fósforo bajo condiciones de control tradicional de maleza fue de 82 kg/ha y se asoció con un rendimiento de 5.56 ton/ha. El nivel óptimo de fósforo para condiciones de control químico de malezas, fue de 11.1 kg/ha se asoció con un rendimiento de 3.24 kg/ha. En ambos casos (Control Mecánico y Químico) el fósforo mostró una alta interacción positiva con la densidad. Parece ser que el efecto del fósforo está muy relacionado con el método de control de maleza, sin embargo es difícil decir en que forma influyó el método de control sobre

el aprovechamiento de fósforo; es muy probable que la diferencia en cuanto a aprovechamiento del fósforo, así como del rendimiento del maíz, se debe a la falta de movimiento del suelo en el caso de control químico, ya que en este caso una vez sembrado el cultivo ya no se movió el suelo, en cambio en donde se utilizó el método tradicional, si hubo movimiento de suelo posterior a la siembra, con cultivadora ó azadón para controlar maleza, los resultados de bajo aprovechamiento de P obtenidos bajo control químico también pueden deberse a que el fósforo aplicado, bajo esta condición pudo haber sido lavado fácilmente por el agua de lluvia ya que no fue bien incorporado al suelo como en control tradicional.

En los Experimentos 2, 3, 4 y 5 el fósforo no mostró efecto positivo alguno sobre el rendimiento, únicamente en el Experimento 2 (Espinal) este elemento interaccionó levemente con la densidad, sin embargo el efecto del fósforo en esta interacción fue menor que el del nitrógeno en su interacción con la densidad en este mismo sitio.

Es muy probable que la falta de efecto significativo del fósforo sobre el rendimiento se debe a la baja disponibilidad de este elemento en los suelos tropicales ya que según Cajuste (6) en este tipo de suelos en donde el pH generalmente es ácido el fósforo reacciona fácilmente con la superficie de fierro y aluminio y forma compuestos inso

lubles en donde el fósforo no puede ser aprovechado por las plantas. Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Zamarripa, Laguna y López 1979 (31 y 17) en donde de 9 experimentos establecidos en diferentes sitios de la región Centro de Chiapas donde se estudió la fertilización nitrogenada y fosfórica, solo en 3 de ellos se logró detectar efecto del fósforo sobre el rendimiento.

En general respecto al efecto de nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento de maíz se puede decir que aunque en algunos casos estos elementos no mostraron efecto claro, se debe considerar que de alguna manera y en cierta medida influyen sobre el rendimiento ya que en todos los sitios estudiados se observó una gran diferencia tanto en desarrollo vegetativo, color del follaje como en rendimiento entre los tratamientos fertilizados y el testigo sin fertilizar.

#### Efecto de la densidad de plantas

En tres de los cinco sitios estudiados (Experimentos 1, 2 y 3) se encontró efecto positivo de la densidad de plantas, sobre el rendimiento, éste efecto estuvo muy relacionado con la aplicación del fertilizante ya que en estos sitios se encontró una alta interacción de la densidad con los fertilizantes aplicados, (con el fósforo en el Experimento 1 y con el nitrógeno en los Experimentos 2 y 3), lo que indica que a mayor cantidad de fertilizante aplicado, hay una mayor respuesta a

la densidad. Lo anterior resulta de mucha importancia, ya que en la actualidad en la mayor parte de esta región se siguen utilizando las mismas densidades de plantas que se utilizaban en el pasado (cuando la mayoría de los materiales utilizados eran criollos y casi no se usaban los fertilizantes) no obstante que hoy en día predomina la siembra de variedades mejoradas y el uso de los fertilizantes se ha adoptado ampliamente.

Los resultados aquí obtenidos, coinciden con los obtenidos por Coutiño 1974-77 (11) quien estudiando dos materiales mejorados de maíz bajo diferentes niveles de fertilización y dos niveles de densidad de plantas, encontró respuesta del maíz en rendimiento (ton/ha) a la densidad de 62 000 pl/ha comparada con 43 000 pl/ha, por lo tanto se puede decir que la respuesta del maíz a la densidad de plantas observada en los Experimentos 1, 2 y 3 está muy relacionada con la fertilidad del suelo, el nivel de fertilizante utilizado y la variedad. La falta de respuesta del maíz a la densidad en los experimentos 4 y 5 está relacionada probablemente más con la fertilidad natural del suelo y el fertilizante aplicado que con la variedad.

El modelo utilizado para obtener la DOE

Sobre el modelo utilizado para la obtención de la Dosis Óptima-Económica de los factores en estudio (nitrógeno, fósforo y densidad-

de plantas), se puede decir que el modelo cuadrático expresó mejor - el comportamiento del nitrógeno y la densidad que el del fósforo aunque en la mayoría de los casos (a excepción de los Experimentos 1 y 3), - hubo problema para la optimización de los factores que tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento, esto probablemente debido al bajo - coeficiente de determinación ( $R^2$ ) encontrado entre las variables en el modelo y el rendimiento lo que puede ser consecuencia del método utilizado así como de la matriz experimental empleada, pues como dice la literatura respecto a metodología de investigación en fertilizantes (20, 22, 6, 19 y 24) existen varios criterios para la elección del mejor método así como de la matriz experimental más adecuada para la formulación de recomendaciones sobre fertilización y densidad.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el presente estudio se pueden hacer las siguientes conclusiones:

### Experimento 1 (El Gavilán)

Para el Experimento 1 (El Gavilán) no hubo diferencia en rendimiento entre la Variedad V-524 y el Híbrido H-509.

En este mismo sitio el Método Tradicional de Control de Maleza superó ampliamente en rendimiento al Método Químico.

El método de control interaccionó con los tratamientos de fertilización y densidad.

La Dosis Optima Económica de fertilización nitrogenada fosfórica y densidad de plantas (DOE) determinada para este sitio bajo el método de control tradicional fue 00-82-71, 500 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) con un rendimiento de 5.56 ton/ha.

La DOE para este sitio con método químico de control de maleza fue de 00-11-42, 600 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) con un rendimiento de 3.25 ton/ha.

### Experimento 2 (Espinal de Morelos)

En este sitio no se encontró diferencia en rendimiento entre la Variedad V-524 y el Híbrido H-509.

No hubo diferencia entre los dos métodos de control de maleza estudiados (Control Tradicional y Control Químico).

La DOE determinada para este sitio fue 00-00-130,000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) y se asoció con un rendimiento de 6.85 ton/ha.

### Experimento 3 (Mazotoc)

Para este sitio no se encontró diferencia entre el criollo local y la Variedad V-524.

Los métodos de control de maleza, tradicional y químico fueron iguales estadísticamente en cuanto a rendimiento.

La DOE determinada para esta localidad fue de 247-00-56,500 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) y se asoció con un rendimiento de 5.48 ton/ha.

### Experimento 4 (Vicente Guerrero)

En esta localidad no se encontró diferencia entre el criollo local

y la Variedad V-524 así como entre los dos métodos de control de maleza estudiados en lo que a rendimiento se refiere.

La DOE determinada para este sitio fue de 130-00-35,000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) con un rendimiento de 3.38 ton/ha.

#### Experimento 5 (Piedra Parada)

En este sitio se encontró diferencia en rendimiento entre parcelas grandes y los tratamientos control mecánico con criollo, control mecánico con V-524 así como el de control químico con V-524 superaron estadísticamente (0.05%) al tratamiento de control químico con criollo local.

La DOE, determinada para este sitio fue 130-00-35,000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y plantas/ha) y se asoció con un rendimiento de 2.36 ton/ha.

Los análisis de varianza así como los de regresión múltiple con el modelo cuadrático practicados para rendimiento, indicaron mayor precisión en los resultados cuando se consideró a cada experimento por separado que cuando se hicieron combinaciones de éstos.

El modelo cuadrático satisfizo mejor el comportamiento del nitrógeno y la densidad que el del fósforo.

Con el método matemático no fue posible optimizar el nivel del nitrógeno en los Experimentos 2, 4 y 5.

Las condiciones de humedad favorables que se presentaron, durante el ciclo del cultivo en todos los experimentos influyeron en el aprovechamiento del fertilizante (nitrógeno principalmente, observándose en la mayoría de los casos (Experimento 2, 3, 4 y 5) respuesta del cultivo a niveles de nitrógeno más altos que el máximo considerado en el estudio que fue de 130 kg/ha .

Debido a las condiciones que se presentaron durante el desarrollo del presente estudio, se considera conveniente continuar con éste por lo menos por un ciclo más y en tres sitios (Espinal, El Gavilán y V. Guerrero para confirmar los resultados aquí obtenidos, se cree conveniente también modificar los espacios de exploración buscando cubrir un mayor espectro y así poder obtener curvas de respuesta que presenten un punto de inflexión y faciliten la optimización de los factores (N, P y D) . Además se juzga conveniente también simplificar el diseño experimental y/o elegir aquel que mejores ventajas presente y/o más se ajuste al objetivo que se persigue .

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas (CAECECH), donde el objetivo fue el de obtener la Dosis Optima Económica de Fertilización Nitrogenada, Fosforada y de la Densidad de Población para el cultivo del maíz de temporal en el municipio de Ocozocoautla Chiapas. Se establecieron 5 experimentos en 5 diferentes condiciones se estudiaron 2 variedades de maíz (Variedad mejorada y criollo) bajo 2 diferentes tipos de control de maleza (químico y tradicional). El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas con 2 repeticiones, donde las parcelas grandes estuvieron dadas por los tratamientos de un factorial  $2^2$  (variedades y control de maleza), y las parcelas chicas por los tratamientos de fertilización y densidad de una matriz experimental Plan Puebla 1 para tres factores (N,  $P_2O_5$ , DP), de donde se obtuvieron 14 tratamientos a los que se les agregaron dos tratamientos mas, con los mismos niveles de N,  $P_2O_5$  y DP que el tratamiento 8 pero con 60 kg de  $K_2O$  uno de ellos y con diferente forma de fraccionar el nitrógeno el otro dando un total de 16 tratamientos de fertilización y densidad para cada parcela grande. Los espacios de exploración para el nitrógeno de 40, 70, 100 y 130 kg/ha para el fósforo de 0, 30, 60 y 90 kg de  $P_2O_5$ /ha y para densidad de 35, 45, 55 y 65 miles de plantas/ha. La fecha de siembra estuvo comprendida entre el 12 de junio y el 8 de julio. La siembra se hizo en forma manual utilizando la barreta o macana (palo con punta), para lograr los diferentes niveles de densidad de población se hizo variar la distancia entre matas o golpes. La distancia entre surcos (0.92 m)

y el número de plantas por golpe (2) fueron constantes para los tratamientos de control de maleza, se utilizó el tratamiento testigo del agricultor en cada una de las localidades es decir control de maleza mecánico o tradicional contra el control químico usando herbicidas en cuanto a variedad, se estudió la variedad que usa el agricultor (Criollo ó V-524) contra una variedad mejorada ó Híbrido (V-524 ó H-509) según el caso. Para los tratamientos de fertilización se usó como fuente de nitrógeno la urea, y como fuente de fósforo el Super fosfato triple de calcio, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra o en los primeros 15 días, y el resto del nitrógeno a la segunda escarda (35-45 días) procurando que hubiera humedad suficiente en el suelo al momento de las aplicaciones de fertilizante. El desarrollo del cultivo durante el ciclo fue normal, y la cosecha se realizó cuando el grano estuvo seco. A los datos de rendimiento ajustado al 14% de humedad se les hicieron los análisis estadísticos correspondientes (análisis de varianza y regresión múltiple) mediante los cuales se determinó finalmente la Dosis Óptima Económica para cada uno de los sitios estudiados. Los resultados obtenidos indican, que para el experimento 1 (El Gavilán) no hubo diferencia significativa entre las 2 variedades estudiadas (V-524 y H-509), el Método Tradicional de Control de Maleza superó estadísticamente en rendimiento al método químico y la Dosis Óptima Económica de fertilización (DOE) obtenida bajo Método de Control Tradicional de Maleza fue 0-82-71, 500 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha con un rendimiento de 5.56 ton/ha y para el Método Químico de Control fue 0-11-42, 800 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha) con un rendimiento

3.5 ton/ha, para el experimento 2 (Espinal de Morelos) no hubo diferencia entre las 2 variedades estudiadas (V-524 y H-509), no hubo diferencia entre los 2 métodos de control de maleza probado (tradicional y químico), y la DOE de fertilización y densidad obtenida fue de 0-0-130, 000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha con un rendimiento de 6.85 ton/ha. Para el experimento 3 (Mazotoc) no se encontró diferencia entre las variedades estudiadas (Criollo y V-524) ni entre los métodos de control de maleza, la DOE obtenida fue 247-0-56, 500 (kg de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha), con un rendimiento de 5.48 ton/ha. En el experimento 4 (El Eden ó Vicente Guerrero), no se encontró diferencia entre el criollo local y la variedad V-524 así como entre los dos métodos de control de maleza estudiados. La DOE determinada para este sitio fue 130-0-35, 000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$  y miles de plantas/ha) con un rendimiento de 3.38 ton/ha para el experimento 5 (Piedra Parada) se encontró diferencia para tratamiento de parcela grande, y los tratamientos control mecánico con criollo, control mecánico con V-524 así como control químico con V-524 superaron estadísticamente al tratamiento control químico con criollo local, la DOE obtenida fue de 130-0-35,000 (kg/ha de N,  $P_2O_5$ /ha), con un rendimiento de 2.36 ton/ha. El modelo cuadrático utilizado para la obtención de las DOE, satisfizo mejor el comportamiento del nitrógeno y la Densidad de Población que el del fósforo, con el método de análisis matemático utilizado, no fue posible optimizar el nivel del nitrógeno en los experimentos 2, 4 y 5. Dadas las condiciones que se presentaron durante el desa-

rrollo del presente estudio, se sugiere continuar con éste por lo menos durante un ciclo más y en los sitios de El Gavilán, Espinal de Morelos y Vicente Guerrero para confirmar los resultados aquí obtenidos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1970. V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal. Dirección de Economía Agrícola. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F.
2. \_\_\_\_\_ 1978. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el área de influencia del Campo Agrícola Experimental - Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH. México.
3. \_\_\_\_\_ 1980. Marco de Referencia Regional de Maíz, de Frijol y de Arroz del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH. México. Pág. 83-89.
4. \_\_\_\_\_ 1981. Secretaría de Programación y Presupuesto. Atlas Nacional de Medio Físico. Pág. 152 y 167.
5. \_\_\_\_\_ 1981. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el estado de Chiapas. SARH-INIA-CIAPAS.
6. Aveldaño R.S., y V. Volke H. 1980. Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población para maíz de temporal en Tlaxacala, Méx. Agricultura Técnica en México. Vol. 6 No. 2. Página 107-128.
7. Black, C.A. 1975. Relaciones Suelo-Planta. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pág. 690-893.
8. Cajuste, L.J. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pág. 194-196.
9. Carbajal, del Muro R. 1979. Fertilización y Densidad de Población para maíz de temporal en la subregión de Coapilla-Copainalá del estado de Chiapas. Informe de Labores del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH. México.
10. Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1973. Métodos de Análisis para suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas. México. Pág. 102.

11. Coutiño, E.B. 1978. Estudio Combinado de Fertilización nitrogenada y surcado en los híbridos H-509 y H-10 bajo condiciones de temporal en el área central de Chiapas. Informe de Labores del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH . México.
12. Dmitrenko, P.A. y Didychenko, P. 1964. Effectiveness of single and repeated application of mineral fertilizer. Fe. Soil. Pochvedenie No. 873-82. Ukrain Nauch Issled. Inst. Zenled (Soil and Fertilizer Abstracts Vol. 27:55, 1964).
13. Fassbender, H.W. 1975. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. Pág. 172 y 290.
14. García, E. 1975. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
15. González, T.R., Blanco, F. y Cabrera S. 1972. Efectos de N, P y K en Maizales del Estado Portuguesa. II. Sur de Ospino. Agronomía Tropical 27 (1).
16. González, T.R., Blanco, F. y González N.C. 1972. Efectos de N, P y K en Maizales del Estado Portuguesa. III. Sabaneteca y Turén Agronomía Tropical 27 (1).
17. Laguna López J. y J. López, M. 1979. Fertilización y densidad de población para maíz de temporal en la subregión de Cintalapa-Jiquipilas, Chis. Informe de Labores del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH. México.
18. Ordaz, O.F. y R. Moreno, D. 1967. Efecto del espaciamiento entre matas sobre el rendimiento de maíz bajo diferentes niveles de fertilidad del suelo. Memorias del III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
19. Orlando M. W., M.A. Castillo y R.I. Méndez, 1974. Efecto del sesgo y la varianza en la elección de una matriz (diseño) de tratamientos en dos variables. Agrociencia No. 17: 61-68. Chapingo, México.

20. Puente, D. F. y otros 1963. Prácticas de fertilización y población óptima para siembras de maíz en las regiones tropicales de Veracruz. Folleto Técnico No. 45. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, S.A.G. México.
21. Robles Sánchez R. 1979. Producción de Granos y Forrajes 2a. Edición Ed. Limusa. México. P. 9, 32, 33 y 52.
22. Rojas Martínez B. 1981. Planeación y Análisis de los Experimentos de Fertilizantes. Folleto misceláneo No. 41. SARH-INIA-MEXICO.
23. Sánchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. Ed. John Wiley and Sons. New York. London. Sidney. Toronto. Pág. 198-210.
24. Sánchez Ramos J.I. 1980. Estudio fenológico de los cultivares de chile, bajo diferentes niveles de fertilización en la región del Bajío. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Monterrey, Unidad Querétaro.
25. Tisdale S., L. y W.L. Nelson. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ed. Montoner y Simon, S.A. Barcelona España. Pag. 81-83 y 220.
26. Turrent, F.A. y Laird, R.J. 1980. La matriz experimental - Plan Puebla, Para ensayos sobre prácticas de producción de cultivo. Folleto No. 1. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
27. \_\_\_\_\_ 1979. El método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la metodología de investigación en productividad de agrosistemas. Folleto No. 8 Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
28. \_\_\_\_\_ 1979. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. Escritos sobre la metodología de investigación en productividad de agrosistemas. Folleto No. 6. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

29. Villasmil P. Jose J. 1973. Conceptos Económicos y Estadísticos en la experimentación con fertilizantes. Revista de la Facultad de Agronomía. Vol. 2 No. 3 Universidad del Zulia-Maracaibo-Venezuela.
30. Young, A. 1976. Tropical Soils and Soil Survey. Cambridge - University Press. Cambridge London. New York. Melbourne. Pág. 308.
31. Zamarripa, M.A. 1979. Fertilización y densidad de población para maíz de temporal en la subregión de Ocozocoautla y Berriozábal del Estado de Chiapas. Informe de Labores del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. CIAPAS-INIA-SARH. México.
32. Zárate, R.R. 1976. Una modificación al Método de tres etapas para obtener la ecuación empírica generalizada (EEG) del rendimiento de maíz para la región sur del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapinigo, México.

APENDICE

CUADRO 1-A. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADA

ANALYSIS OF VARIANCE FOR VARIABLE RE:HD		MEAN	4.15939562	C.V.	13.9(48720)
SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE		
EXP	3	298.951144	96.317048		
REP(EXP)	4	14.129644	3.532411		
PC	3	23.427170	7.8090568		
EXP*PC	9	57.798461	6.4220512		
REP*PC(EXP)	12	22.870824	1.9059020		
PCF	15	33.697822	2.2465214		
PC*PCF	45	18.936718	0.4208160		
EXP*PCF	45	21.903132	0.4867363		
EXP*PC*PCF	135	39.401229	0.2914610		
RESIDUAL	240	80.279691	0.3344987		
CORRECTED TOTAL	511	601.395835	1.1768999		

TESTS		DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB > F
NUMEFATCF:	EXP	3	288.951144	96.317048	27.26660	0.0000**
(ENCFIN)TCR:	REP(EXP)	4	14.129644	3.532411		
ALMEFATCF:	PC	3	23.427170	7.8090568	4.09730	0.0320*
(ENCFIN)TCR:	REP*PC(EXP)	12	22.870824	1.9059020		
NUMEFATCF:	EXP*PC	9	57.798461	6.4220512	3.76950	0.0268*
(ENCFIN)TCR:	REP*PC(EXP)	12	22.870824	1.9059020		

CUADRO 1-B. ANÁLISIS DE VARIANZA CUADRADO  
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE. REGRESSION COEFFICIENTS, AND STATISTICS OF FIT FOR DEPENDENT VARIABLE REND

SCUFCI	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PROB > F	R-SQUARE	C.
REGRESSION	271	521.1161418	1.92293700	5.74872	(.0001)	(.86651100)	13.9041
ERROR	240	66.2766664	0.2761111				KLNU M.
CORRECTED TOTAL	511	601.3558342					4.154

SCUFCI	DF	SEQUENTIAL SS	F VALUE	PRCB > F	PARTIAL SS	F VALUE	PROB > F
EXP	2	278.65114420	277.94445	0.0001	280.95117420	277.94445	0.0001
EXP(1)	1	10.56031	10.56031	0.0001	14.12464424	10.56031	0.0001
EXP(2)	1	10.162046	10.162046	0.0001	10.05454207	10.162046	0.0001
EXP(3)	1	69.25314	69.25314	0.0001	23.28795350	69.25314	0.0001
EXP(4)	1	5.88337	5.88337	0.0210	0.08467489	5.88337	0.0210
EXP(5)	1	46.92723	46.92723	0.0001	47.09129008	46.92723	0.0001
EXP(6)	1	4.786650	4.786650	0.0333	4.80353208	4.786650	0.0333
EXP(7)	1	5.65779	5.65779	0.0201	22.87082470	5.65779	0.0201
EXP(8)	1	6.71608	6.71608	0.0101	23.69782172	6.71608	0.0101
EXP(9)	1	1.23265	1.23265	0.2691	2.19983172	1.23265	0.2691
EXP(10)	1	1.73241	1.73241	0.1914	8.69222113	1.73241	0.1914
EXP(11)	1	0.80609	0.80609	0.3714	4.04255113	0.80609	0.3714
EXP(12)	1	1.45512	1.45512	0.2302	21.90313192	1.45512	0.2302
EXP(13)	1	0.81902	0.81902	0.3672	12.17774514	0.81902	0.3672
EXP(14)	1	1.26924	1.26924	0.2626	19.10514791	1.26924	0.2626
EXP(15)	1	0.53954	0.53954	0.4692	8.11833548	0.53954	0.4692

TABLA 2. VARIABLES CONSIDERADAS EN LOS ANALISIS DE REGRESION

No.	DESCRIPCION
	$B_0 =$ Constante
11	$B_1 =$ Nitrógeno
12	$B_2 =$ Fósforo
13	$B_3 =$ Densidad de población
15	$B_1^2 = N^2$
16	$B_2^2 = P^2$
17	$B_3^2 = D^2$
18	$B_{12} = N P$
19	$B_{13} = N D$
20	$B_{23} = P D$
14	RENDIMIENTO

CUADRO 3. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

EXPERIMENTO 1 EL GAVILAN

# Var. B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	3.349											0.3206 E-06	0.1309	18.498
2	3.008			-0.7253 E-04			0.1714 E-06			0.2902 E-06		0.1451	0.1457	10.61
3	2.981			-0.1192 E-03			0.1040 E-06			0.3624 E-06		0.1479	0.1479	5.3405
4	3.058			-0.6423 E-04			0.1704 E-06			0.4643 E-06		0.1526	0.1526	4.392
5	3.056			-0.5306 E-03			0.3963 E-06			0.3115 E-06		0.1573	0.1573	3.5657
6	4.916	-0.4355 E-01		-0.3517 E-04			0.1195 E-06			0.1128 E-06		0.1633	0.1633	3.3455
7	1.754	-0.4949 E-01	0.1388 E-03	-0.1008 E-03			0.1460 E-06			0.1284 E-06		0.1640	0.1640	2.918
8	1.3724	-0.4370 E-01	-0.2184 E-01	-0.1515 E-03			0.1379 E-06			0.1731 E-06		0.1645	0.1645	2.5812
9	0.880	-0.4452 E-01	-0.3025 E-01	-0.2176 E-03			0.1634 E-06			0.1873 E-06				

EXPERIMENTO 2 ESPINAL

# Var. B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	4.223												0.1030	14.473
2	4.286			0.3132 E-04			0.1769 E-06			0.3918 E-04		0.1209 E-06	0.1032	7.6656
3	4.354			0.3305 E-03			0.3906 E-04			0.3906 E-04		0.5371 E-07	0.1129	5.2634
4	4.149			0.4010 E-03			0.3719 E-04			0.3719 E-04		-0.1014 E-06	0.1419	5.0868
5	4.083			0.4324 E-03			0.1033 E-04			-0.7648 E-04		-0.1141 E-06	0.1450	4.1385
6	4.081			0.4175 E-03			0.9786 E-03			-0.2267 E-04		-0.1141 E-06	0.1472	3.4411
7	5.1658	-0.2518 E-01		0.7207 E-03			0.1033 E-04			-0.2267 E-04		0.2701 E-06	0.1534	3.0352
8	5.3138	-0.2088 E-01	-0.1476 E-01	0.4089 E-03			0.3218 E-03			-0.2994 E-03		0.1917 E-06	0.1512	2.6512
9	4.6966	-0.2076 E-01	-0.2145 E-01	0.3737 E-03			0.1150 E-03			-0.2267 E-03		0.4177 E-06	0.1516	2.3437

CUADRO 4. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

EXPERIMENTO 3 MAZOTOC

# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	3.2104											0.2798 E-06		0.3596	70.7663
2	3.2370					0.3821 E-04						0.2534 E-06		0.3702	36.7466
3	3.1633	0.2782 E-02				0.4137 E-04						0.2131 E-06		0.3715	24.4392
4	.5810	0.3145 E-01				0.4222 E-04						-0.3767 E-06		0.3827	14.0677
5	-0.7440	0.1310 E-01				0.3862 E-04	-0.1171 E-08					-0.5689 E-08		0.3925	15.7654
6	-0.8601	0.1251 E-01				0.9758 E-05	-0.1271 E-08					0.3734 E-08	0.5799 E-07	0.3929	14.0564
7	-1.0593	0.1460 E-01	-0.1341 E-01			-0.1731 E-04	-0.1538 E-08					-0.44056 E-07	0.3750 E-06	0.3938	14.1397
8	-1.1805	0.1251 E-01	-0.1437 E-01			-0.3405 E-04	-0.1806 E-08					0.1167 E-06	0.4361 E-06	0.3941	9.6778
9	-1.4098	0.1502 E-01	-0.1966 E-01			-0.6395 E-04	-0.1856 E-08				0.7124 E-04	0.9122 E-07	0.4616 E-06	0.3945	8.5422

EXPERIMENTO 4 VICENTE GUERRERO

# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	R <sup>2</sup>	F		
1	2.1564	0.9376 E-02									.1216	17.14423		
2	2.1820	0.8527 E-02									.1286	9.2253		
3	2.3552	0.9078 E-02	-0.1059 E-01			0.2461 E-04					.1410	6.7872		
4	2.4158	0.5736 E-02	-0.1121 E-01			0.1253 E-03				0.6007 E-07	.1441	5.1798		
5	2.4778	-0.4984 E-02	0.6702 E-02			0.1653 E-03				0.2808 E-06	.1476	4.2275		
6	2.2901	-0.3886 E-02	0.1264 E-01			0.1904 E-03				-0.6627 E-04	.1487	3.5228		
7	3.1163	-0.2214 E-01	0.1116 E-01			0.1935 E-03	-0.5168 E-09			0.3153 E-06	.1530	3.0383		
8	3.2087	-0.2285 E-01	0.9717 E-02			0.1691 E-03	-0.6476 E-09			-0.1364 E-03	.1535	2.7064		
9	1.8844	-0.2269 E-01	-0.4891 E-02			0.9024 E-04	-0.1599 E-08			-0.1424 E-03	.1569	2.4400		
										0.6824 E-04		0.6065 E-07		

CUADRO 5. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

EXPERIMENTO 5, PIEDRA PARADA														
# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	1.5648				0.4627 E-04								.1020	14.31
2	2.4467	-0.2157 E-01			0.1704 E-03								.1223	8.7152
3	2.3729	-0.2164 E-01	0.1762 E-05		0.1695 E-03								.1228	5.7891
4	.1492	-0.1941 E-01	0.8870 E-04		0.1553 E-03								.1344	4.7754
5	.3257	-0.2698 E-01	0.9526 E-04		0.1225 E-03						0.2659 E-06		.1354	3.3234
6	.3207	-0.2672 E-01	0.9297 E-04		0.1233 E-03						0.2566 E-06		.1355	3.1633
7	.6605	-0.4202 E-01	0.2091 E-01	0.9095 E-04	0.1451 E-03						0.7141 E-06		.1495	3.0144
8	.6390	-0.4225 E-01	0.1196 E-01	0.9902 E-04	0.1569 E-03						0.7050 E-06	0.2561 E-06	.1508	2.8422
9	.8027	-0.4302 E-01	0.1566 E-01	0.8733 E-04	0.1739 E-03	0.2552 E-04					0.6795 E-06	0.1795 E-06	.1510	2.3318

CUADRO 6. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

( EXP. 1 x EXP. 2 )

# Var.	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_1^2$	$B_2^2$	$B_3^2$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{23}$	$R^2$
1	4.0106							0.1319 E-03			.058
2	3.7309							0.8382 E-04	0.1078 E-06		0.0944
3	3.6386							0.1121 E-04	0.12007 E-06	0.1291 E-06	0.0972
4	3.6158							-0.3386 E-03	-0.2190 E-06	0.7491 E-06	0.1059
5	4.3126	-0.2969 E-03			0.1927 E-03			-0.2969 E-03	-0.1540 E-06	0.6682 E-06	0.1089
6	5.1530	-0.3664 E-01			0.2653 E-03			-0.3881 E-03	0.4658 E-06	0.8241 E-06	0.1102
7	3.5627	-0.4084 E-01			0.2196 E-03			-0.4123 E-03	0.6642 E-06	0.8655 E-06	0.11205
8	3.4719	-0.3721 E-01	-0.1389 E-01		0.7204 E-04	0.8137 E-04		-0.4058 E-03	0.5605 E-06	0.1131 E-05	0.1125
9	2.807	-0.3522 E-01	-0.2885 E-01	0.12032 E-03	0.1303 E-03	-0.10319 E-03	-0.2242 E-08	-0.3027 E-03	0.6594 E-06	0.14408 E-05	0.1131

( EXP. 1 x EXP. 3 )

# Var.	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_1^2$	$B_2^2$	$B_3^2$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{23}$	$R^2$	F
1	3.0856										0.1601	48.4155
2	3.0077								0.2668 E-06		0.1646	28.6448
3	2.8244							-0.757 E-04	0.2047 E-06		0.1659	19.1866
4	2.7301							-0.1301 E-03	0.2334 E-06		0.1865	14.3865
5	2.1623				0.2317 E-04			-0.1182 E-03	-0.5638 E-08		0.1879	11.57306
6	1.355				0.8655 E-04			-0.1097 E-08	0.2874 E-06		0.1819	9.8489
7	.9727				-0.1262 E-05			-0.2408 E-03	0.2811 E-06	0.7545 E-06	0.1953	8.6005
8	-0.7907				0.3285 E-04			-0.2641 E-08	0.5039 E-06	0.1208 E-05	0.1971	7.5815
9	-0.2647	-0.1475 E-01	-0.2496 E-01	0.189	-0.7571 E-04	-0.1407 E-03	-0.2925 E-08	-0.1477 E-03	0.8628 E-06	0.1167 E-05	0.1978	6.7413

CUADRO 7. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

( EXP. 1 x EXP. 4 )

# Var.	D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	D <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	2.6753								0.1948 E-06		0.0689	18.8185
2	2.6176		0.5821 E-02						0.1499 E-06		0.0793	10.9035
3	2.5366		0.85701 E-02					-0.3327 E-04	0.1713 E-06		0.0795	7.2605
4	2.4627		0.1334 E-01					-0.6624 E-10	0.2267 E-06		0.0799	5.4539
5	3.6057	-0.3078 E-01	0.2142 E-01					-0.6686 E-03	0.9303 E-06		0.0825	4.4987
6	3.74706	-0.3602 E-01	0.2379 E-01					-0.8558 E-09	0.1154 E-05		0.0845	3.8323
7	2.4748	-0.3630 E-01	0.2336 E-01	0.5243 E-04	0.9878 E-04			-0.1359 E-08	0.1138 E-06		0.0855	3.3156
8	1.9502	-0.3296 E-01	-0.72002 E-02	0.9586 E-04	0.8401 E-04	0.1997 E-05		-0.3151 E-03	0.1081 E-05	0.7969 E-06	0.0876	2.9657
9	1.3863	-0.3308 E-01	-0.1686 E-01	0.1315 E-03	-0.1053 E-03	-0.7363 E-04	-0.2776 E-04	-0.2177 E-03	0.1373 E-05	0.9587	0.0883	2.65006

( EXP. 1 x EXP. 5 )

# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	D <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	2.5754								0.1082 E-03		0.0347	9.1422
2	2.3239								0.9666 E-07		0.0389	5.1224
3	2.0317		0.10506 E-01					0.65205 E-04	0.1653 E-06		0.0404	3.5449
4	1.7899		0.2386 E-01		0.5939 E-04			0.5206 E-04	0.1142 E-06		0.0422	2.7652
5	2.5070	-0.2029 E-01	0.2694 E-01		0.1758 E-03			-0.2018 E-03	0.1454 E-06		0.0446	2.335
6	3.3433	-0.4316 E-01	0.33201 E-01		0.10904 E-03			-0.2407 E-03	0.9043 E-06		0.0456	1.98701
7	1.5196	-0.4632 E-01	0.3241 E-01	0.8249 E-04	0.7103 E-04	-0.6609 E-09		-0.3149 E-03	0.1087 E-05		0.0471	1.751
8	1.4577	-0.4553 E-01	0.6626 E-02	0.1057 E-03	0.10505 E-03	-0.1631 E-08		-0.3068 E-03	0.10609 E-05	0.73805 E-06	0.0486	1.5789
9	0.8416	-0.4377 E-01	-0.7297 E-02	0.1422 E-03	0.4103 E-03	-0.2741 E-08	-0.9602 E-04	-0.3382 E-03	0.1156 E-05	0.1026 E-05	0.0489	1.4077

CUADRO 8. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

( EXP. 2 x EXP. 3 )

# Var. B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	3.7180							0.2278 E-06		0.1774	52.9101
2	3.7843						0.4035 E-04	0.1764 E-06		0.1790	27.5902
3	3.8230 <sup>04</sup>			0.1773 E-04			0.4022 E-04	0.135 E-06		0.1802	18.4715
4	2.4406		0.51109 E-04	0.1715 E-03			0.3924 E-04	-0.4112 E-06		0.1916	14.8768
5	2.3409		0.5408 E-04	0.2006 E-03	0.6982 E-04		-0.3507 E-04	-0.4438 E-06		0.1931	11.9663
6	2.4056		0.4786 E-04	0.2324 E-03	0.7464 E-04		-0.1408 E-03	-0.4626 E-06	0.1785 E-06	0.1941	9.9978
7	1.9272		0.7160 E-04	0.2022 E-03	0.5416 E-04	-0.3315 E-09	-0.1336 E-03	-0.3663 E-06	0.2046 E-06	0.1945	8.55505
8	1.4853	-0.2366 E-01	0.1118 E-03	0.1525 E-03	-0.2511 E-04	-0.1041 E-08	-0.6235 E-04	-0.2622 E-06	0.6978 E-06	0.19608	7.5306
9	1.6286	-0.3982 E-02	0.1116 E-03	0.1513 E-03	-0.2202 E-04	-0.1118 E-08	-0.7649 E-04	-0.1653 E-06	0.6875 E-06	0.1962	6.6699

( EXP. 2 x EXP. 4 )

# Var. B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	3.5116			0.5931 E-04						0.03137	8.2246
2	3.1479		0.84108 E-05	0.5288 E-04						0.03339	4.3691
3	3.6284		0.8531 E-05	0.1212 E-03						0.03455	3.0056
4	3.7331	-0.1188 E-01	0.6344 E-05	0.1225 E-03	0.1853 E-04					0.03526	2.2934
5	3.7999	-0.1248 E-01	0.7413 E-05	0.1772 E-03	0.1248 E-03		-0.1213 E-03			0.03663	1.90092
6	3.9687	-0.1718 E-04	0.1912 E-05	0.2016 E-03	0.1293 E-03		-0.1967 E-03			0.03682	1.5866
7	4.3723	-0.2087 E-01	-0.8038 E-05	0.1919 E-03	0.1319 E-03		0.2025 E-03	0.1138 E-06	0.1253 E-06	0.03689	1.3575
8	3.8017	-0.3094 E-01	0.3416 E-04	0.1349 E-03	0.9610 E-04	-0.8121 E-09	-0.2165 E-03	0.5228 E-06	0.2180 E-06	0.03746	1.2014
9	3.3233	-0.27005 E-01	0.6536 E-04	0.9775 E-04	0.3195 E-04	-0.1284 E-08	-0.1473 E-03	0.5072 E-06	0.6085 E-06	0.03787	1.0757

CUADRO 9. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.  
( EXP. 2 x EXP. 5 )

# Var.	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_1^2$	$B_2^2$	$B_3^2$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{23}$	$R^2$	F
1	3.0064				0.5708 E-04						0.01541	3.9766
2	4.1323	-0.2755 E-01			0.2156 E-03						0.01871	2.4124
3	4.0933	-0.2786 E-01			0.2107 E-03					0.4574 E-07	0.01968	1.68605
4	4.0382	-0.2805 E-01			0.2361 E-03			-0.8461 E-04		0.1703 E-06	0.02019	1.2931
5	4.1482	-0.3016 E-01			0.2845 E-03			-0.1619 E-09	-0.2436 E-03	0.4624 E-06	0.02089	1.06678
6	2.5773	-0.2868 E-01		0.611 E-04	0.2757 E-03			-0.7679 E-09	-0.2484 E-03	0.4717 E-06	0.02145	0.90972
7	2.8914	-0.4224 E-01		0.7257 E-04	0.2324 E-03			-0.1304 E-08	-0.2924 E-03	0.5441 E-06	0.02172	0.7865
8	2.8229	-0.3951 E-01	-0.1044 E-01	0.7906 E-04	0.2377 E-03			-0.1402 E-08	-0.2875 E-03	0.3834 E-06	0.02184	0.6825

( EXP. 3 x EXP. 4 )

# Var.	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_1^2$	$B_2^2$	$B_3^2$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{23}$	$R^2$	F
1	2.8037										0.09389	26.3188
2	2.81703				0.1891 E-04				0.1937 E-06		0.09517	13.3046
3	2.8453				0.1015 E-03				0.2244 E-06	-0.1539 E-06	0.09847	9.1746
4	2.7608			0.26109 E-05	0.1118 E-03				0.2204 E-06	-0.1828 E-06	0.09857	6.8615
5	0.70421			0.8704 E-04	0.6968 E-04				0.218001 E-06	-0.9950 E-07	0.1018	5.6667
6	0.3392			0.1034 E-03	-0.6792 E-04				0.4497 E-06	-0.5367 E-07	0.1024	4.7381
7	0.15201		-0.1264 E-01	0.1226 E-03	-0.8109 E-04				0.4925 E-06	0.2550 E-06	0.1028	4.0609
8	0.2744	-0.4384 E-02	-0.1198 E-01	0.1247 E-03	-0.89000E-04	0.9812 E-05	-0.1744 E-08		0.6078 E-06	0.2471 E-06	0.1029	3.5416

CUADRO 10. ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE PARA RENDIMIENTO TON/HA.

( EXP. 3 x EXP. 5 )

# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	Γ
1	2.3027								.1928 E-06		0.03837	10.1359
2	2.4033				.2749 E-04				.1283 E-06		0.03928	5.1727
3	1.3862			.3784 E-04	.1416 E-03				-.2774 E-06		0.04124	3.6128
4	-0.5943			.1198 E-03	.5791 E-04				.1003 E-07		0.04291	2.8131
5	-0.5573			.1203 E-03	.6129 E-04				-.1181 E-07	.4189 E-07	0.04364	2.2813
6	-0.5331			.1227 E-03	.9137 E-04				.3659 E-08	.2122 E-06	0.04392	1.9064
7	-0.1855			.1293 E-03	.7045 E-04				-.13805E-03	.2779 E-06	0.04424	1.5393

( EXP. 4 x EXP. 5 )

# Var.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> <sup>2</sup>	B <sub>2</sub> <sup>2</sup>	B <sub>3</sub> <sup>2</sup>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>23</sub>	R <sup>2</sup>	F
1	2.0517				.5081 E-04						0.0589	15.9116
2	2.0385				.4742 E-04	.1728 E-04					0.06085	6.19674
3	2.01124				.5992 E-04	.8908 E-04					0.06258	5.6078
4	2.1767				.1286 E-03	.1101 E-03					0.06420	4.30502
5	2.2646				.1666 E-03	.1305 E-03					0.06520	3.4919
6	2.2586				.1683 E-03	.1362 E-03					0.06619	2.9415
7	2.9942				.1072 E-03	.1283 E-03				.4474 E-07	0.06864	2.6109
8	1.4323				.3993 E-04	.76002 E-04					0.07123	2.3677
9	1.3061				.3106 E-04	.5731 E-04					0.07132	2.09924

REPETICION I

3 Surcos	1	1	1	1	1	1	1
2 Surcos	6	10	15	1	11	5	8
	1	1	1	1	1	1	1
	16	13	2	9	12	7	14

	2	2	2	2	2	2	2
	1	9	16	5	11	8	12
	2	2	2	2	2	2	2
	4	3	10	13	6	15	1

	1	1	1	1	1	1	1
	4	16	9	5	12	7	2
	1	1	1	1	1	1	1
	6	15	10	3	13	8	14

	2	2	2	2	2	2	2
	3	12	10	4	9	16	7
	2	2	2	2	2	2	2
	13	5	11	14	2	8	15

4 Surcos  
3 Surcos  
2 Surcos  
2 Surcos  
3 Surcos  
2 Surcos  
3 Surcos  
2 Surcos  
3 Surcos

	4	4	4	4	4	4	4
	15	1	16	11	6	9	4
	4	4	4	4	4	4	4
	7	14	5	10	2	13	8

	3	3	3	3	3	3	3
	16	7	15	3	10	4	8
	3	3	3	3	3	3	3
	6	14	2	11	5	12	13

	4	4	4	4	4	4	4
	8	15	14	3	10	1	12
	4	4	4	4	4	4	4
	16	9	4	5	11	7	13

	3	3	3	3	3	3	3
	7	13	3	11	5	1	12
	3	3	3	3	3	3	3
	6	15	14	4	9	10	2

REPETICION II

Figura 1. Croquis de campo de la matriz Mixta en diseño de parcelas divididas (diseño experimental usado, en el Edén).

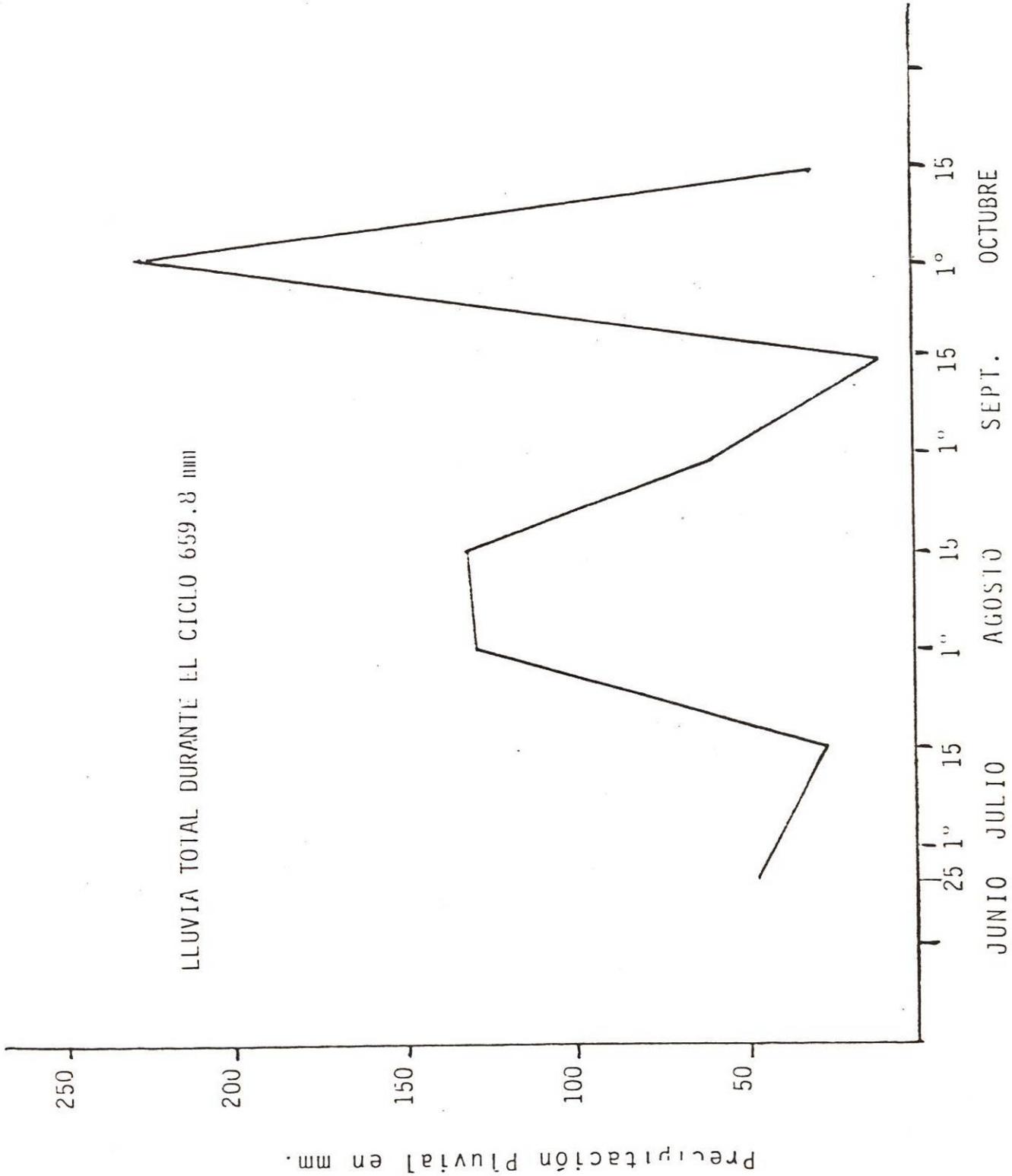


FIGURA 2. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ EN EL GAVILAN, OZOCOATLÁN. 1980.

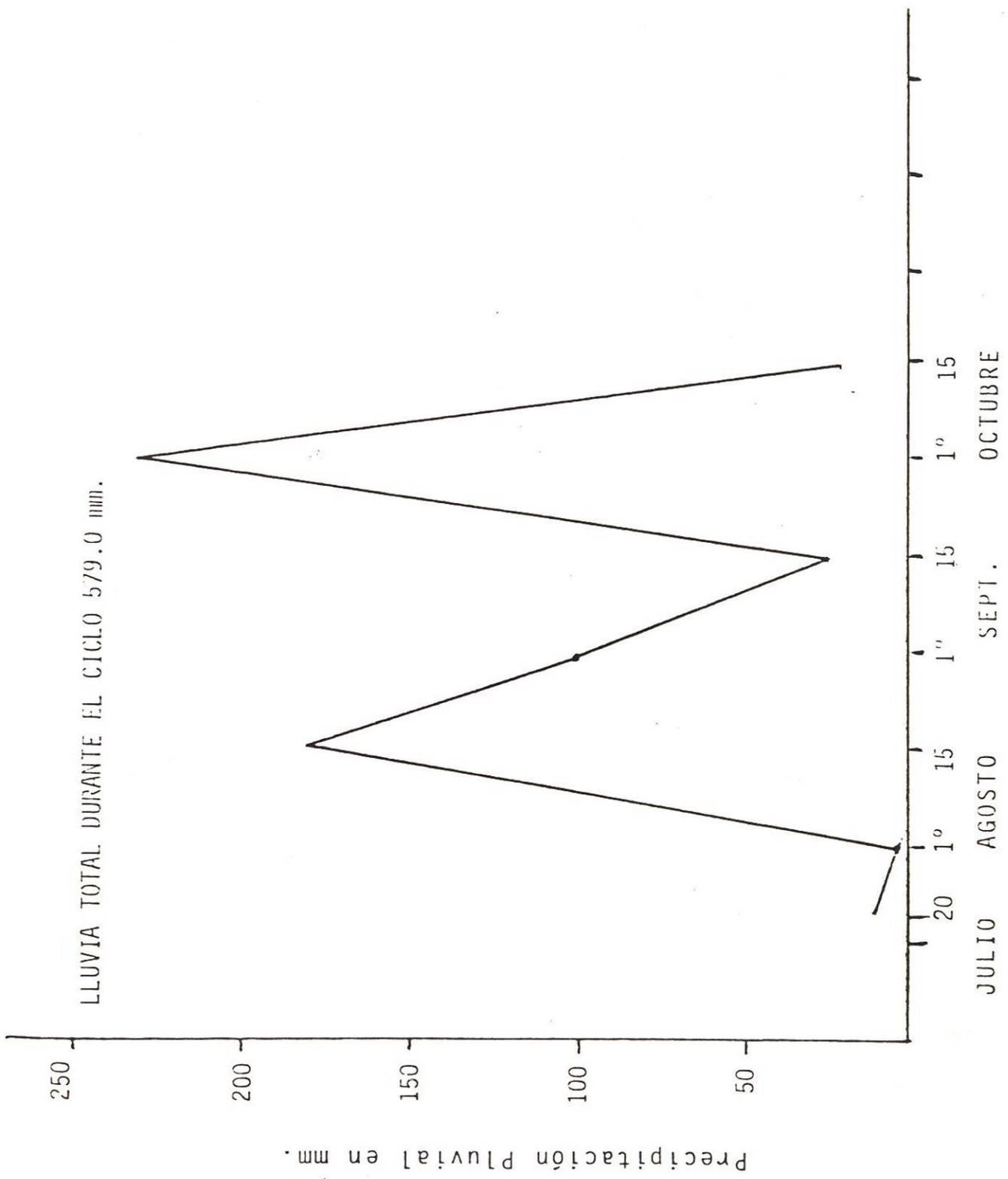


FIGURA 3. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ EN ESPINAL, OCOZOCOCAUTLA. 1980.

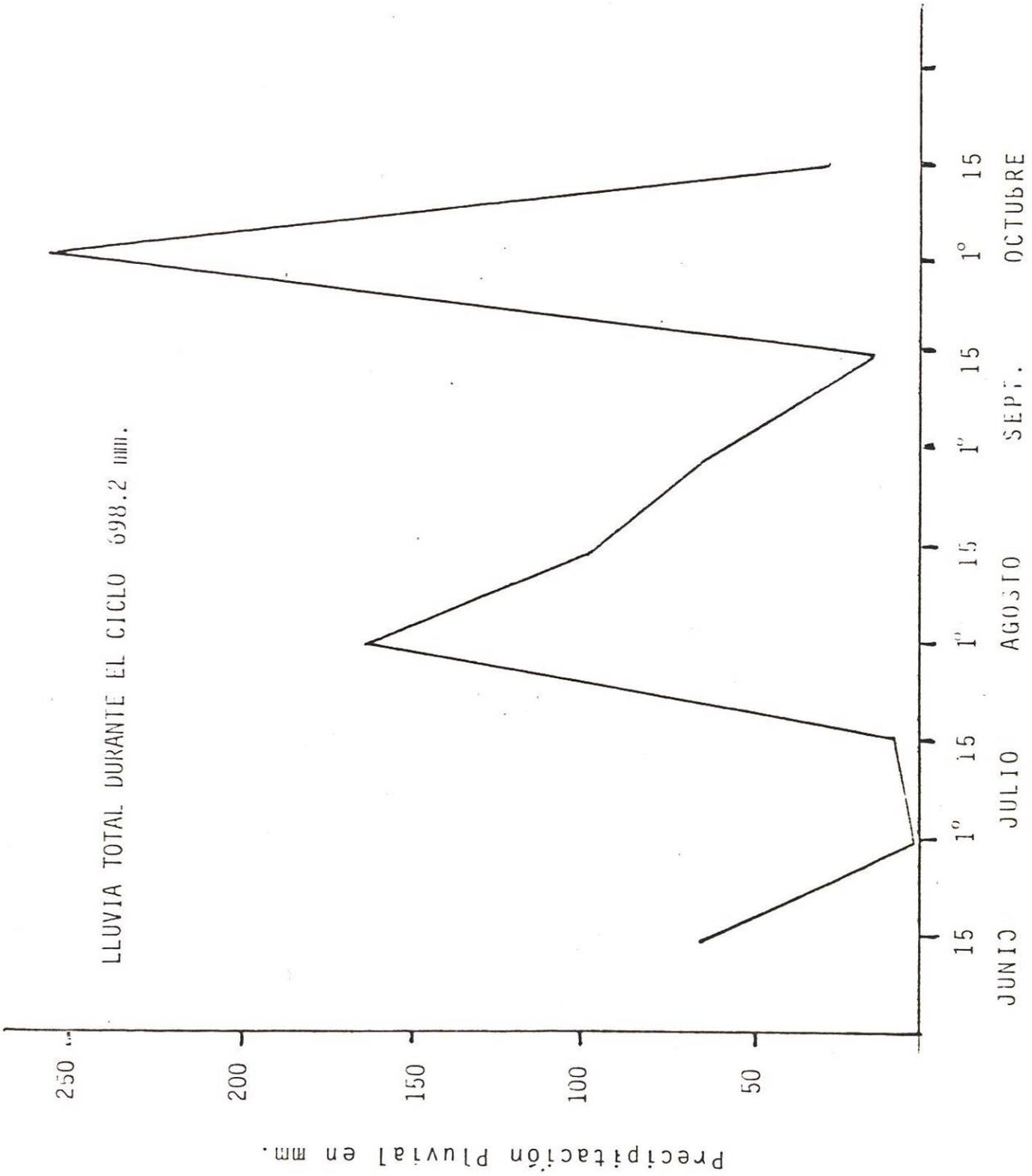


FIGURA 4. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ EN MAZOTOC, OCOZOCAUTLA, CHIS.

LLUVIA TOTAL DURANTE EL CICLO 603.2 mm.

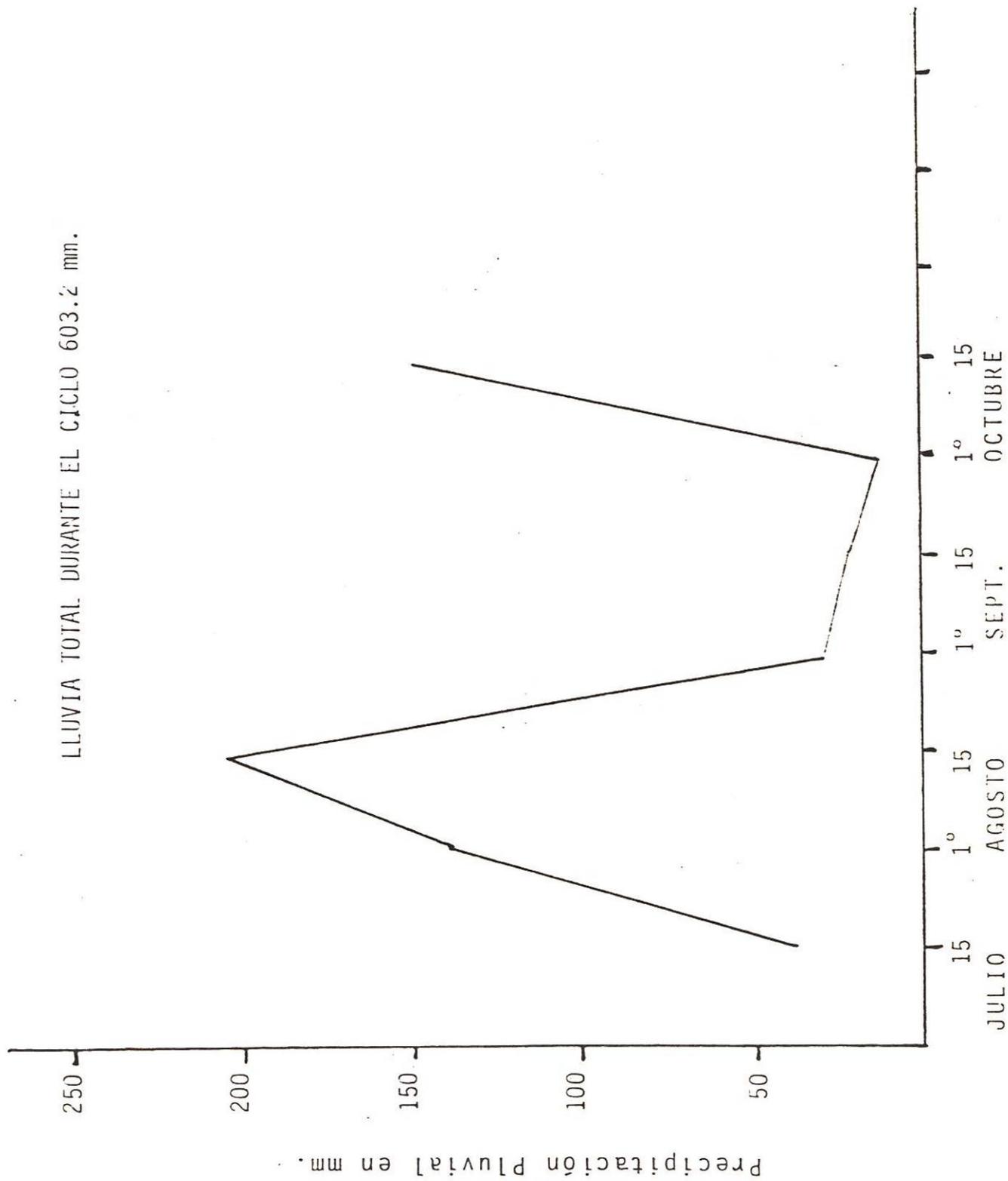


FIGURA 5. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ EN EL EDEN, OCOZOCOAUTLA. 1980.

LLUVIA TOTAL DURANTE EL CICLO 683.5 mm.

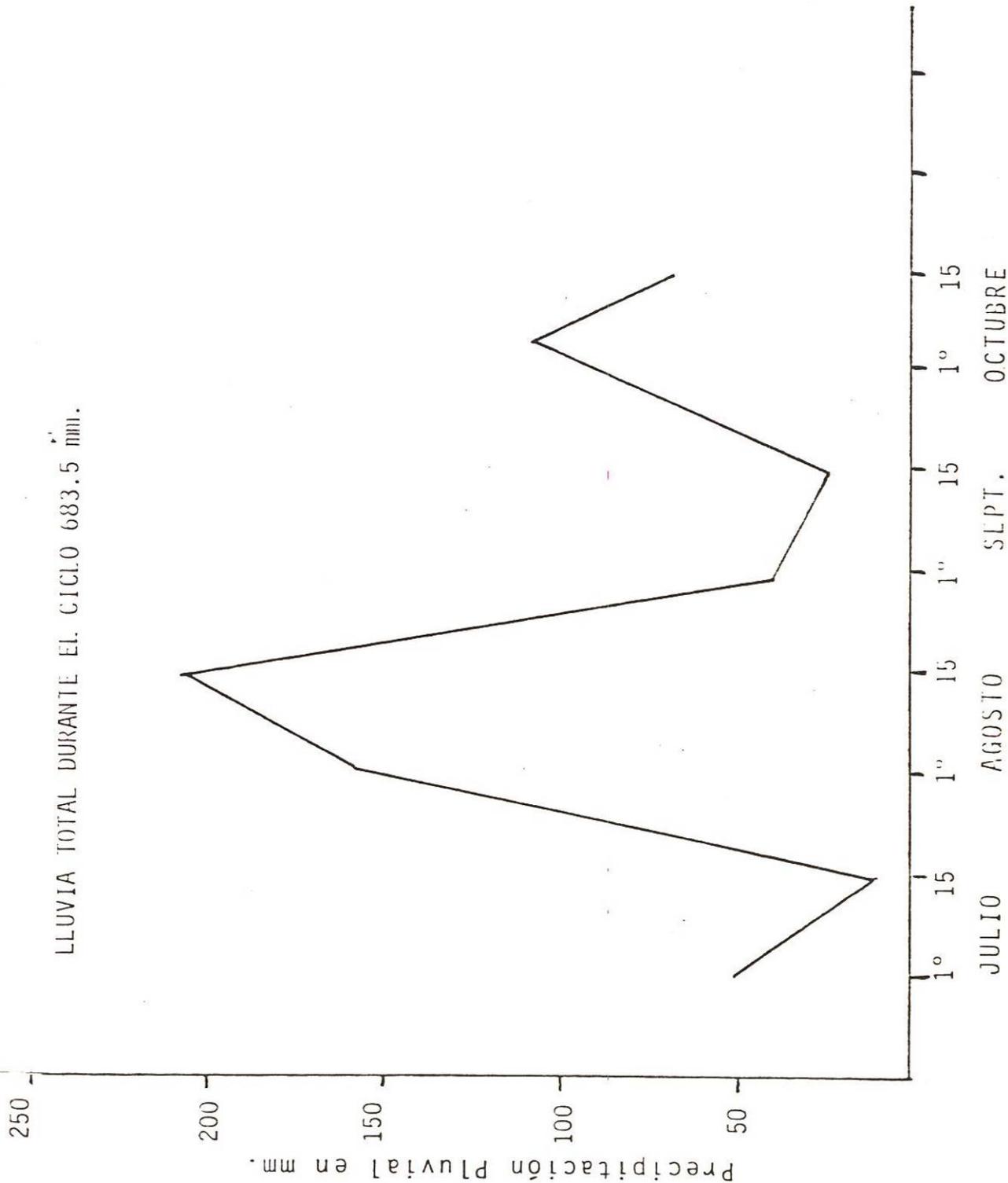


FIGURA 6. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ EN PIEDRA PARADA, OCOZOCOAUTLA. 1980.

05135

