

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Investigación Agronómica en Maíz Bajo Condiciones de  
Temporal en el Área de la Sierra Tarasca

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
ORIENTACION FITOTECNIA

P R E S E N T A

Roman de Jesús Barajas Carlos

GUADALAJARA, JALISCO. 1978

## A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. M.C. José Francisco Villalpando Ibarra, por su valiosa --  
participación en la Dirección de esta Tesis.

A los Ingenieros Ricardo Ramírez Melendrez y Elías Sandoval Islas,  
por su asesoramiento en la orientación recibida del presente traba-  
jo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) por las -  
facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que en alguna forma participaron en este  
trabajo y que involuntariamente dejo de citar.

A MI MADRE

JOSEFINA CARLOS VDA. DE BARAJAS.

COMO UN PEQUEÑO TRIBUTO A SU INQUEBRANTABLE  
ESFUERZO Y EJEMPLO.

A MIS HERMANOS

CRISTINA

AMERICA y

LUIS

POR SU APOYO Y CONFIANZA EN MI.

Y A LA MEMORIA DE MI ABUELITA

CONCEPCION MURO VDA. DE CARLOS

A ALICIA

CON CARIÑO

A ROMAN

AMERICA y

SANDY

LOS 3 NIÑOS MAS BONITOS

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y DE TRABAJO

A LA ESCUELA DE AGRICULTURA

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Y EN ESPECIAL AL SR. C. P. CARLOS GALINDO HERNANDEZ POR  
SU APOYO DURANTE LA REALIZACION DE MIS ESTUDIOS.



C O N T E N I D O

	Página
I. INTRODUCCION.	1
II. DESCRIPCION DEL AREA, SU TECNOLOGIA.	3
1. Descripción del área	3
1.1 Localización del área de trabajo	3
1.2 Suelos	6
1.3 Clima	7
1.4 Precipitación	9
2. La Tecnología de la región.	10
2.1 Cultivos	10
2.2 Tecnología	10
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.	13
1. Conclusiones de la Revisión Bibliográfica	16
IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.	17
V. MATERIALES Y METODOS	20
1. Experimentación desarrolladas en el campo	20
1.1 Factores de estudio	20
1.2 Espacios de exploración	20
1.3 Matriz Experimental	21
1.4 Diseño Experimental	21
1.5 Criterios empleados al localizar los sitios experimentales	25
1.6 Preparación del terreno	25
1.7 Muestreo del suelo	26
1.8 Siembra	27
1.9 Observaciones experimentales	28
1.10 Fenómenos Meteorológicos	28
1.11 Cosechas	28
2. Análisis de los datos de cosecha	29
2.1 Cálculo del rendimiento en Kg/ha.	29
2.2 Análisis de varianza	30
2.3 Determinación de las dosis óptimas económicas	30
2.3.1 Método Estadístico - Gráfica	31

	Página
2.3.1.1. Método Gráfico	32
2.3.1.2. Método Estadístico de Yates	32
2.3.2. Análisis Económico.	37
 VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	 41
1. Análisis Estadístico	41
2. Respuesta a los factores en estudio	47
2.1 Respuesta a Nitrógeno	47
2.2 Respuesta a Fósforo	50
2.3 Respuesta a Densidad de Población	52
2.4 Respuesta a las Interacciones	52
3. Análisis Económico.	53
VII. RECOMENDACIONES DE PRODUCCION.	59
VIII. CONCLUSIONES.	61
IX. RESUMEN.	63
X. BIBLIOGRAFIA.	65



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Algunas características sobre la superficie de labor y la superficie sembrada, en el área de estudio. (en Has.)	5
2	Características físicas y químicas del suelo en algunos sitios donde se condujeron experimentos.	8
3	Lista de los tratamientos experimentales que fueron ensayados en el área de la Sierra Tarasca bajo condiciones de Temporal. Ciclo Agrícola 1976.	23
4	Lista de tratamientos experimentales que fueron ensayados en el área de la Sierra Tarasca bajo condiciones de Temporal. Ciclo Agrícola 1976.	24
5	Aplicación del Método de Yates a los datos del Experimento ST067653.	34
6	Ingresos Netos y Tasas de Retorno a Capital Va	

Cuadro		Página
	riable en el cultivo del Maíz para los tratamien <u>tos</u> estudiados en el Experimento ST067653.	39
7	Rendimiento Promedio Comercial del Maíz en -- grano al 14% de humedad para los tratamientos de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y Densidad de Población bajo condi <u>ciones</u> de Temporal en Suelos Arcillosos. Ciclo 1975.	42
8	Rendimiento Promedio Comercial de Maíz en -- grano al 14% de humedad para los tratamientos de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y Densidad de Población bajo condi <u>ciones</u> de Temporal en Suelos Arcillosos. Ciclo 1976.	43
9	Rendimiento Promedio Comercial de Maíz en -- grano al 14% de humedad para los tratamientos de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y Densidad de Población sembrado en "Sistema en Cruz" en Suelos Arcillosos. Ciclo 1976.	45
10	Análisis de Varianza para los experimentos conducidos en el área de Temporal de la Sierra Tarasca en los Ciclos 1975 y 1976.	46

Cuadro		Página
11	Efectos Factoriales Promedio obtenidos por el Código de Yates para los Factores de Estudio - en los experimentos llevados a cabo en 1975.	48
12	Efectos Factoriales Promedio obtenidos por el Código de Yates para los Factores de Estudio - en los experimentos llevados a cabo en 1976.	49
13	Efectos Factoriales Promedio obtenidos por el Código de Yates para los Factores de Estudio - en el experimento en "Sistema en Cruz" llevado a cabo en 1976.	51
14	Tratamientos Optimos Económicos (TOE) para- Capital Ilimitado y Capital Limitado, obtenidos para cada Sitio Experimental en Suelos "Charandosos". Ciclo 1975 y 1976.	58
15	Alternativas de Fórmulas de Producción Promedio para siembras en Suelos "Charandosos". - Ciclo 1975 y 1976.	60

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa del área de trabajo	4
2	Matriz de tratamientos Plan Puebla I	22
3	Respuesta promedio del Maíz a N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y D.P., en Suelos Arcillosos en la Sierra Tarasca. Ci - clo 1975.	54
4	Respuesta promedio del Maíz a N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y D.P., en Suelos Arcillosos en la Sierra Tarasca. Ci - clo 1976.	55
5	Respuesta promedio del Maíz a N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y D.P., en Suelos Arcillosos en "Siembras en Cruz" en la Sierra Tarasca. Ciclo 1976.	56

## I. INTRODUCCION.

Encontrar una solución lo más pronto posible a la urgencia de alimentos, mediante el desarrollo de la agricultura nacional, es una necesidad ante la demanda de la creciente población del país. Además de la generación de nuevos empleos en el medio rural así como el imperativo de mejorar el nivel de vida de los habitantes de las comunidades rurales, las cuales se encuentran sujetas a los -- riesgos que impone el temporal de lluvias, que va desde condicio-- nes muy erráticas hasta las condiciones favorables para la producción.

Partiendo de las condiciones en que se desarrolla la -- agricultura en México, parece claro que una alternativa viable que puede responder a la demanda de granos básicos, como es el caso del maíz, sería la de elevar los niveles productivos en las áreas de temporal, además de la canalización de más y mejores servicios -- institucionales, desarrollar una tecnología apropiada para estas con diciones y una asistencia técnica que promueva la organización de -- los agricultores, el uso de nuevas prácticas y eleve los niveles de -- conocimiento técnicos e institucional de los campesinos de estas re giones.

Todos estos elementos han de tener una concepción re--

gional como consecuencia de una política orientada a impulsar particularmente la agricultura de temporal, dado que no pocos países son los que tienen que importar alimentos como un efecto del incremento en su consumo interno. Países donde se han perdido la capacidad de incrementar su productividad global a la misma velocidad con que aumenta su población.

La forma de incrementar la producción de maíz en las áreas de temporal ha sido la preocupación de muchos investigadores.

En México aproximadamente el 80% de la superficie total cultivable es de temporal (4), y es en esta zona donde se encuentra concentrada la mayor población, la cual practica una agricultura de subsistencia, muy por debajo de la capacidad productiva, que representa un potencial el cual no ha sido explotado.

Con el presente trabajo se pretende obtener una tecnología que permita a los Agricultores de la Sierra Tarasca en condiciones de temporal, incrementar sus rendimientos, modificando en mínima parte su tecnología tradicional y lograr que mejoren su situación económica.

## II. DESCRIPCION DEL AREA, SU TECNOLOGIA.

### 1. Descripción del área.

El territorio tarasco se localiza en el Noroeste del estado de Michoacán, comprende un área aproximada de 350,000 hectáreas cuya elevación promedio es superior en mas ó menos 500 mt. a las áreas que la rodean (10).

#### 1.1 Localización del área de trabajo.

El área de trabajo se encuentra situada en la parte alta del estado de Michoacán entre los paralelos 19° 15' latitud Norte y los meridianos 101° 20' y 101° 45' latitud Oeste del meridiano de -- Greenwich (5).

En la Figura 1 . Se delimita el área de temporal en donde se establecieron los trabajos. En el Cuadro 1, se presentan el número de municipios y la superficie total de labor así como otras características del área de estudio. Desde el punto de vista fisiográfico es una región formada principalmente por laderas, valles y colinas someras.

La altura varía entre 1,900 y 2,800 msnm.



CUADRO 1. ALGUNAS CARACTERISTICAS SOBRE LA SUPERFICIE DE LABOR Y LA SUPERFICIE SEMBRADA, EN EL AREA DE ESTUDIO. (en has.)

MUNICIPIO	SUP. DE LABOR	SUP. HUMEDAD RESIDUAL	SUP. DE TEMPORAL	SUP. SEMBRADA	SUP. EN DESCANSO	SUP. MAIZ	SUP. OTROS CULTIVOS
PATZCUARO	10,677.4	3,810.2	6,867.2	7,181.3	3,496.1	4,801.8	2,379.5
HUIRAMBA	2,186.1	272.0	1,914.1	1,690.3	495.8	1,549.8	140.5
LAGUNILLAS	2,972.7	41.9	2,930.8	1,538.7	1,434.0	1,258.0	280.7
QUIROGA	3,561.5	2,368.3	1,193.2	1,658.7	1,902.8	1,354.2	304.5
TZINTZUNTZAN	2,107.6	134.5	1,973.1	1,407.5	700.1	1,196.9	210.6
ERONGARICUARO	4,917.2	1,424.4	3,546.8	1,904.5	3,066.7	1,116.8	787.7
TOTALES	26,422.5	8,051.3	18,425.2	15,381.0	11,095.5	11,277.5	4,103.5

## 1.2 Suelos.

Los suelos de la Sierra Tarasca se han formado a partir de material volcánico del Terciario y Cuaternario. Son suelos que poseen un alto contenido de material amorfo en su fracción arcillosa, internacionalmente se les conoce como suelos de ANDO.

Robert C. West citado por Cortés ( 5 ), a partir de sus trabajos de campo en la Sierra Tarasca, los describe como suelos oscuros limo-arenosos finos, que ocurren en las partes bajas y valles de la sierra, y que localmente se les conoce como suelos "tupuri". La textura de la capa superior es fina. La superficie se seca hasta convertirse en un polvo fino que actúa como aislador, evitando la evaporación de la parte interior del suelo. Esta característica es lo que permite que en los meses de Abril y Mayo, casi al final de la estación seca, el suelo esté bien húmedo a 10 cm. de profundidad. No obstante sus características físicas permiten que el suelo sea fácilmente erosionable.

En los suelos aluviales, la capa superficial está parcialmente compuesta de ceniza volcánica gruesa, por tal motivo se les llama de cascajo o grava. Estos suelos están caracterizados por un incremento en el contenido de arcilla, se encuentran en las partes -

bajas y a veces se les llama "tierra charandosa".

En el Cuadro 2, se presentan algunas características físicas y químicas de estos suelos. De acuerdo al muestreo efectuado de 0-20 cm. de profundidad en 8 sitios experimentales el pH varía de 6.0 a 6.5, la textura de franco a migajón arcilloso, la materia orgánica (M.O.) varía de 1.52 a 5.22%. El nitrógeno total de 0.10 a 0.27% y el fósforo para todos los sitios sólo se encontraron "trazas", el potasio presenta una variación de 58 a 2,225 ppm, el calcio de 362 a 2,739 ppm y el magnesio de 212 a 1,087 ppm.

### 1.3. Clima.

El clima predominante de acuerdo al mismo investigador, corresponde a los tipos Cwb de Koppen que equivalen al clima de tierra fría denominada por los tarascos.

Tomando la modificación que hizo Enriqueta García en 1964 al mismo sistema de Koppen, (6) el clima de la Sierra Tarasca es C(w2)(w)b(e)g, donde los símbolos significan lo siguiente:

C(w2): el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano, y un cociente precipitación temperatura mayor que 55.

CUADRO 2. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO (0-20 cm) EN ALGUNOS SITIOS DONDE SE CONDUJERON EXPERIMENTOS.

No. Expto.	pH	Análisis Mecánico			Clasif. Textural	Total		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O p.	CaO p.	MgO m.
		Arena %	Limo %	Arcilla %		M.O. %	N				
ST067541	6.4	36	49	15	Franco	5.22	0.25	Trazas	2000	487	362
ST067533	6.0	20	49	31	Franco	3.00	0.15	Trazas	1725	950	1087
ST067509	6.5	36	49	15	Franco	2.19	0.11	Trazas	2125	960	987
ST067512	6.2	34	37	29	Mig. Arc.	2.19	0.11	Trazas	2225	600	700
ST067543	6.2	50	39	11	Franco	5.01	0.27	Trazas	1800	362	212
ST067607	6.4	39	34	27	Franco	2.81	0.15	Trazas	396	2739	323
ST067653	6.0	37	31	32	Arc. Mig.	1.52	0.10	Trazas	58	1848	407
ST067657	6.1	44	30	26	Franco	2.91	0.16	Trazas	144	1760	317
ST067664											

(w): Con porcentaje de lluvia invernal mayor que el 5% de la total anual.

b : Templado con verano fresco y largo, temperatura-media anual de 12°C a 18°C, temperatura media del mes más frío-entre 3°C y 18°C, y temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22°C.

(e) : La oscilación anual de las temperaturas medias -- mensuales es extremoso y varía entre 7° y 14°C.

g : El mes más caliente del año es antes de Junio.

#### 1.4. Precipitación.

La precipitación en el área, como en la mayor parte de México, es estacional, el 80% de la total anual cae principalmente- en forma de chubascos convencionales en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Las lloviznas por periodos de 3 a 4 días son- comunes, y esto sugiere un origen ciclónico local, ocasionalmente, durante los meses de Diciembre y Enero ocurren lluvias ligeras que se conocen con el nombre de "cabañuelas" .

La precipitación media anual en Pátzcuaro es de 1000 -

a 1250 mm.

## 2. La Tecnología de la región.

### 2.1. Cultivos.

El principal cultivo es el maíz. El trigo, cebada, lenteja y haba, son de segunda importancia.

### 2.2. Tecnología.

Las siembras de temporal se realizan en los meses de Mayo y Junio. La fertilización nitrogenada varía de 30 a 40 Kg. de N/ha. y en muy pocos casos se aplica fósforo, la semilla que utilizan es criolla.

La preparación del terreno consiste en un barbecho y un rastreo únicamente, la cual la realizan con yunta, en los meses de Diciembre y Enero. Para los suelos que se siembran en el sistema "año con año" y en los suelos de "año y vez". La preparación la efectúan en los meses de Septiembre y Octubre.

Las siembras se realizan de dos métodos:

a) Siembra "chorreado". Es el método más utilizado;-

la semilla va a unos 30 ó 40 cm. entre mata y mata de 1 a 2 semillas por golpe, dando una densidad de 35,000 plantas/ha.

Una gran mayoría aplica insecticida para las plagas del suelo y siembran en húmedo y en seco.

a. 1) Siembras en húmedo: El agricultor espera que -- empiecen a caer las primeras lluvias del temporal y cuando ya existe suficiente humedad siembran; la fertilización la realizan en la siembra en forma mateada.

a. 2) Siembra en seco: Aquí el agricultor siembra en seco, antes de que se inicie el temporal, no fertiliza en la siembra sino hasta la primera escarda, aproximadamente a los 30 días después de la siembra.

b) Siembra "en cruz": Es la siembra en cuadrícula o sea que el agricultor después de haber preparado el terreno surca, y al momento de la siembra cruza el surco, abriendo otro perpendicularmente, y en cada punto de cruce, siembra de 1 a 2 semillas -- por golpe; la distancia entre surcos y matas es de 80 cm., la primera escarda se realiza en el mismo sentido que la siembra, la 2a. escarda en sentido transversal y una tercera escarda o tablón en el mismo sentido que el de la siembra.

El agricultor realiza estas labores para un mayor control de malezas y dar mayor aporque a las matas.

En los dos métodos muchos agricultores siembran asociados maíz y frijol o maíz y haba.

Por lo general no combaten las plagas, y esta es una de las principales causas por la cual se pierde en su mayoría la cosecha de frijol.

Las cosechas se realizan en los meses de Noviembre y Diciembre.

En el método "chorreado" la densidad es de aproximadamente 35,000 plantas/ha., con una producción promedio de 800 a 1,200 Kg. de maíz/ha. y en el de "cruz", la densidad es de 25,000 plantas/ha. con una producción de 500 kg/ha. de maíz.

### III. REVISION BIBLIOGRAFICA.

Durante el período 1969-1973, el Departamento de Suelos del CIMMYT ( 5 ) condujo una serie de experimentos de campo en el área de la Sierra Tarasca, en la parte crítica desde el punto de vista nutricional. El área estudiada representó casi una cuarta parte de la superficie total. Estos estudios tuvieron dos objetivos:

- a) Encontrar soluciones prácticas al problema de la -  
productividad de maíz en la zona.
- b) Tratar de encontrar las bases del problema nutricio  
nal.

Durante la conducción de estos experimentos se observó que la intensidad de respuesta a las dosis agronómicas de ferti  
zante fosfórico y por lo tanto la oportunidad de que su uso fuera eco  
nómicamente atractivo, cambiaba entre sitios. Este cambio fre - -  
cuentemente se asociaba con la posición fisiográfica.

Gil ( 7 ) realizó dos estudios de fertilidad de suelos en -  
el área de la Sierra Tarasca. El primer estudio fué llevado a cabo  
durante 1964 en dos suelos ubicados alrededor del Lago de Pátzcua-  
ro: Puerta Cadena y Tzurumutaro. El trabajo consistió en deter--  
minar la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosfata

da para evaluar la fertilidad de los suelos.

Los resultados de este estudio indicaron que el rendimiento fué afectado significativamente por el nitrógeno, mientras que la respuesta a fósforo no se observó. En general, los rendimientos estuvieron altamente correlacionados con el contenido de nitrógeno de la sexta hoja, en ambas localidades.

Los análisis físicos y químicos mostraron que se trataba de suelos arcillo-limosos, ligeramente ácidos, con bajo contenido de materia orgánica y los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) y % de saturación de bases corresponden a los de un suelo fértil.

Cortés ( 5 ) en 1971, trabajó en al área de la Sierra Tarasca, realizó un estudio cuyo objetivo principal fué: identificar con mayor precisión las condiciones de producción. Para lograr esto se buscó el efecto de factores de sitio sobre la respuesta del maíz a los factores de nitrógeno, fósforo y densidad de población a través de una ecuación empírica generalizada (EEG). Con esta ecuación se obtendrían las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de población, específicas para cada condición de producción, que permitirían al agricultor de la Sierra Tarasca ob-

tener el máximo beneficio posible.

De acuerdo al análisis de varianza realizado a la variable rendimiento de grano, se concluyó que en los 18 experimentos - el efecto de tratamientos fué significativo al nivel de 0.05% de probabilidades. Además, el tratamiento experimental 60-80-50 (Kg. de N/ha., Kg. de  $P_2 O_5$ /ha. y miles de plantas/ha. respectivamente), mostró claramente las respuestas diferentes del maíz a los factores estudiados, indicando la factibilidad de aumentar económicamente la producción de maíz en la Sierra Tarasca.

Vázquez (14), en 1976 estableció 6 experimentos en la parte Oeste del estado de Tlaxcala; para conocer la respuesta del maíz de temporal a los fertilizantes y la densidad de población, el objetivo principal fué: lograr una mayor aproximación de las recomendaciones obtenidas hasta la fecha, en cuanto a niveles óptimos económicos de fertilizantes y densidades de población, así como conocer también el efecto de las diferentes fuentes de fertilizantes comerciales, a las conclusiones que llegó, fueron: de los 6 sitios experimentales establecidos, en sólo uno no hubo respuesta a nitrógeno, pero si hubo respuesta a la aplicación de fósforo ( $P_2 O_5$ ) y a la densidad de población y en un sitio de tres en que se probaron niveles de potasio ( $K_2 O$ ) hubo respuesta marcada a este nutri

mento. También concluyó que las diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenado y fosfórico, no fueron factores que afectaran significativamente la producción de maíz de temporal.

#### 1. Conclusiones de la Revisión Bibliográfica.

1o. En México existe una gran respuesta a los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos e igualmente a densidad de población, pero es necesario precisar las cantidades óptimas de ellos para cada condición de producción.

2o. Las fuentes de fertilizantes para N y  $P_2 O_5$  pueden ser importantes en el rendimiento del cultivo.

3o. En algunas ocasiones los factores de la producción que se estudian aisladamente, no causan efectos significativos en la producción, no así cuando se estudian conjuntamente.

4o. Los análisis de suelos pueden ser poco eficientes para la explicación del efecto del suelo en la respuesta de un cultivo de temporal a los fertilizantes.

#### IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.

Los objetivos principales que se tuvieron al planear el presente trabajo fueron:

1. Aprender a definir con mayor precisión las condiciones de producción en parte de la Sierra Tarasca, en donde es económicamente factible aumentar la producción de maíz de temporal mediante el uso de dosis adecuadas de fertilizantes químicos y densidades de población.
2. Lograr una tecnología a corto plazo, que permita al agricultor de zonas temporaleras incrementar sus rendimientos en relación a su situación fisiográfica y económica.

De lo anterior las hipótesis que se plantearon para probarse contra la realidad fueron:

- a) Los nutrimentos nitrógeno, fósforo y la densidad de población, son factores que limitan la producción de maíz en la mayoría de las condiciones de producción del área.

- b) La respuesta del maíz a estos factores, está afecta da por factores incontrolables de la producción rela cionados con la posición fisiográfica con elementos del clima y con propiedades físicas y químicas del horizonte A de los suelos.

Para probar estas hipótesis, se consideraron los si- - guientes supuestos:

- a) Dejando constantes los demás factores controlables de la producción, al variar simultáneamente la do-- sis de nitrógeno, fósforo y densidad de población pue- de explorarse una gran parte de la capacidad producti va intermedia del sistema.
- b) La fecha de siembra y el manejo del suelo en la Sie- rra Tarasca son elementos que integran la experiencia de la agricultura local.
- c) En el espacio de exploración estudiado, se encuentra la dosis óptima económica de nitrógeno, fósforo y densidad de población que permita llevar económicamente la producción de maíz hasta un nivel intermedio - entre la producción actual y la potencialidad ecológica conocida.

- d) Las fuentes de fertilizantes empleadas se continuarán usando a nivel comercial.

## V. MATERIALES Y METODOS.

### 1. Experimentación desarrollada en el campo.

Para probar las hipótesis planteadas, se establecieron 9 experimentos de campo en parcelas de agricultores cooperantes de la Sierra Tarasca, durante los años 1975 y 1976. Esta investigación se realizó dentro del Programa Nacional de Areas de Agricultura de Temporal (PRONDAA T), auspiciado actualmente por el -- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

#### 1.1. Factores de estudio.

En estos experimentos se estudió la respuesta del maíz al nitrógeno, fósforo y densidad de población. Así como también a fuentes de fertilizantes y épocas de aplicación. En el presente trabajo se presenta exclusivamente la respuesta a nitrógeno, fósforo y densidad de población (D. P.).

#### 1.2. Espacios de exploración.

De acuerdo a la información recabada los espacios de exploración para el año 1975 fueron: N: 30 a 120 Kg/ha.; P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>: 0 a-

90 Kg/ha. y DP: 20 a 65 miles de plantas/ha. Tomando en cuenta la respuesta del maíz a los niveles estudiados en ese año, se modificaron los espacios de exploración de N,  $P_2 O_5$  y DP; y para el ciclo agrícola 1976 fueron N: 40 a 160 Kg/ha.;  $P_2 O_5$ : 25 a 100 -- Kg/ha. y DP: 25 a 62.5 miles de plantas/ha.

### 1.3. Matriz experimental.

En los 9 experimentos se empleó la matriz experimental Plan Puebla I para 3 factores (13), que dá un total de 14 tratamientos. En la Figura 2 se presenta dibujada esta matriz, con los tratamientos a que dá origen.

En los Cuadros 3 y 4 se presenta la lista de tratamientos para los experimentos de 1975 y 1976.

### 1.4. Diseño experimental.

Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar donde se repitieron los tratamientos 3 veces para 1975 y 5 veces para 1976.

El tamaño de la parcela experimental, en todos los casos fué de 4 surcos por 5 m. de largo con un espaciamento entre -

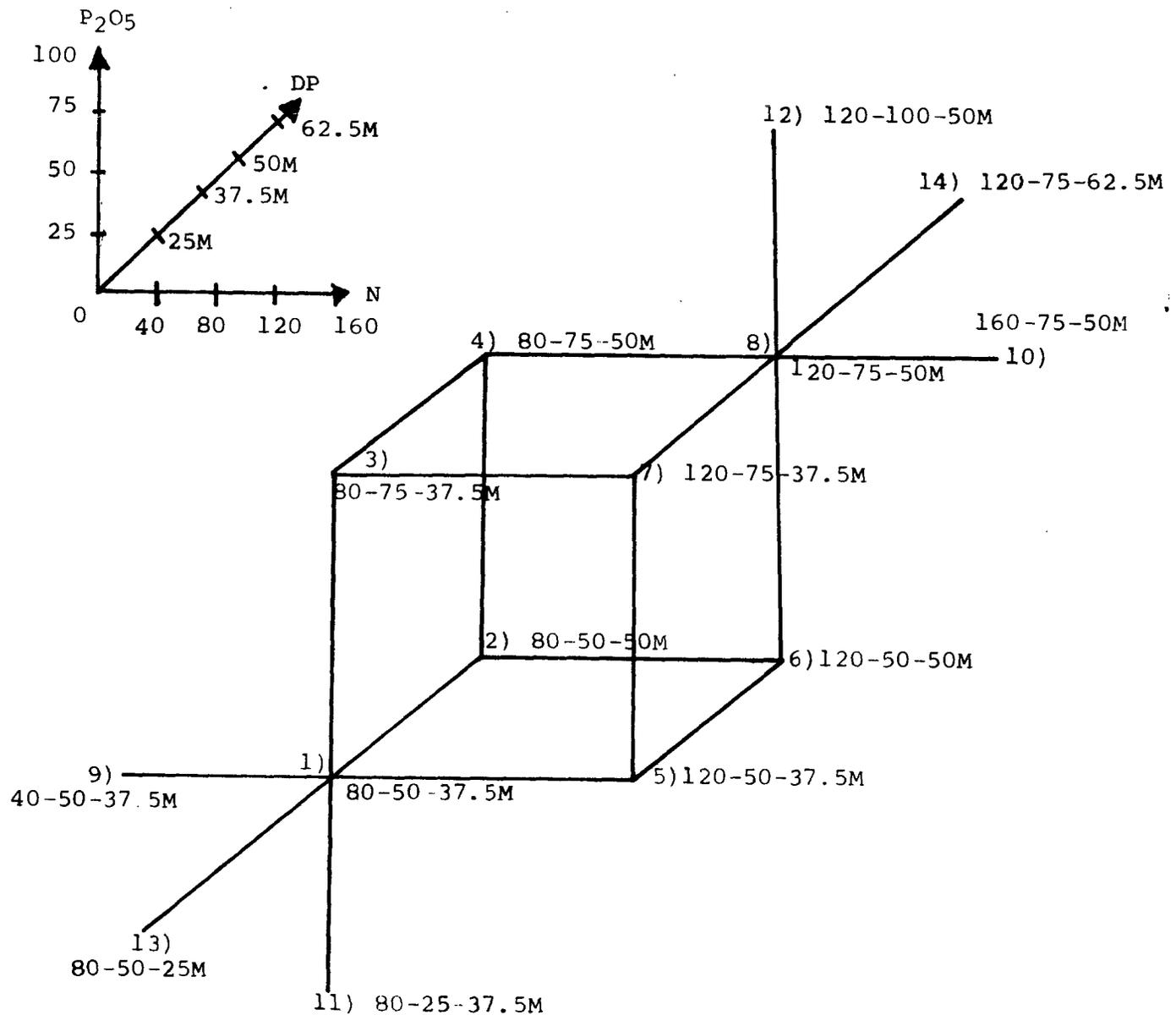


Figura 2.- MATRIZ DE TRATAMIENTOS "PLAN PUEBLA I" PARA 1976

CUADRO 3. LISTA DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES QUE FUERON ENSAYADOS EN EL AREA DE LA SIERRA-TARASCA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO AGRICOLA 1975.

Trat. No.	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D. P. Plantas/ha.
1	60	30	35,000
2	60	30	50,000
3	60	60	35,000
4	60	60	50,000
5	90	30	35,000
6	90	30	50,000
7	90	60	35,000
8	90	60	50,000
9	30	30	35,000
10	120	60	50,000
11	60	00	35,000
12	90	90	50,000
13	60	30	20,000
14	90	60	65,000
15 *	00	00	20,000

\* En forma adicional en todos los sitios se incluyó un tratamiento testigo. (No. 15)

CUADRO 4. LISTA DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES QUE FUERON ENSAYADOS EN EL AREA DE LA SIERRA TARASCA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO AGRICOLA 1976.

Trat. No.	$\frac{N}{Kg/ha.}$	$\frac{P_2 O_5}{Kg/ha.}$	$\frac{D. P.}{Plantas/ha.}$
1	80	50	37,500
2	80	50	50,000
3	80	75	37,500
4	80	75	50,000
5	120	50	37,500
6	120	50	50,000
7	120	75	37,500
8	120	75	50,000
9	40	50	37,500
10	160	75	50,000
11	80	25	37,500
12	120	100	50,000
13	80	50	25,000
14	120	75	62,500
15 *	120	75	50,000 **
16 *	00	00	25,000

\* En forma adicional, en todos los sitios experimentales se incluyeron un tratamiento "potencial" (No. 15) y un tratamiento testigo. (No. 16)

\*\* Mas 10 ton. de gallinaza.

matas de 0.5 m. y la distancia entre surcos varió dependiendo de la práctica del agricultor.

#### 1.5 Criterios empleados al localizar los sitios experimentales.

Para la elección de sitios se procedió a recorrer el área de estudio, se tuvieron pláticas con agricultores, recopilación de información de personas que en años anteriores trabajaron en investigación en esta zona, e instituciones, para poder detectar los diferentes sistemas de producción.

De acuerdo a la información obtenida se localizaron sitios en donde se pudiera captar la mayor variación posible en cuanto a clima y morfología del suelo, igualmente que el manejo fuera frecuente en la zona.

#### Instalación de los experimentos

#### 1.6 Preparación del terreno.

La preparación del terreno fue realizada por el agricultor y consistió en un barbecho, una cruz y un surcado, generalmente es igual en toda la zona. Dicha preparación se realiza con yunta.

### 1.7 Muestreo del suelo.

Antes de sembrar se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 0-20 cm. Por cada sitio experimental se sacaron 3 muestras simples y se mezclaron para obtener una muestra compuesta, la cual se le practicaron posteriormente los análisis físicos y químicos siguientes:

pH : Determinado por el potenciómetro Beckman con electrodos de calomel en una suspensión de agua-suelo, con una relación de 2:1.

Materia Orgánica en % : Determinada por el método de combustión húmeda de Walkley y Black, modificado por Walkley.

Nitrógeno total en % : Determinado por el método de Kjeldahl modificado por Gunning .

Fósforo asimilable en ppm : Por el método de Bray P1.

Potasio, Calcio y Magnesio asimilables: Con la solución extractora del método de Peech-Morgan y la cantidad extraída determinada cuantitativamente por absorción atómica.

Textura: Determinada por el método de Bouyoucos mo  
dificado.

### 1.8 Siembra.

La fecha de siembra de los experimentos se realizó -- cuando tradicionalmente la realizan los agricultores, que es en el mes de junio. La siembra se efectuó depositando de 4 a 5 semillas por golpe a una distancia de 50 cm. entre mata y mata. La semilla empleada fué la criolla del agricultor.

El fertilizante se aplicó en banda y fué 1/3 de nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno en la segunda escarda, que aproximadamente la realizan entre los 30 y 50 días después de la siembra.

Las fuentes de los fertilizantes empleados para los experimentos de 1975 fueron: Urea con 46% de N y Superfosfato de calcio triple con 46% de  $P_2 O_5$  . Y para los experimentos de 1976 Sulfato de amonio con 20.5% de N y Super fosfato de calcio triple con 46% de  $P_2 O_5$ .

En todos los experimentos la germinación fué buena. - Cuando las plántulas tenían una altura de unos 20 cm., se procedió

al aclareo, dejando en cada parcela el número de plantas de acuerdo a la densidad de población planeada. Las malezas se controlaron con dos y tres cultivos que realiza el agricultor.

#### 1.9 Observaciones Experimentales.

Se visitaron los experimentos periódicamente para obtener información que posteriormente sirviera para interpretar -- mejor los resultados.

En general, en todos los experimentos hubo una buena germinación, no hubo ataque de plagas ni incidencia de enfermedades.

#### 1.10 Fenómenos Meteorológicos.

Durante el ciclo vegetativo no se presentó ningún problema. El 8, 9 y 10 de Octubre de 1976 el ciclón "Madelaine" acamó un poco el maíz, pero se levantaron las plantas y el problema desapareció en parte.

#### 1.11 Cosecha.

La cosecha se realizó en los meses de Noviembre y Di

ciembre; previo a la cosecha se contaron el número de matas en competencia completa, número de plantas, plantas estériles y número de mazorcas. Después se procedió a cosechar la parcela -- útil que consistió en cosechar los dos surcos centrales quitando la primera mata de cada orilla.

Enseguida se clasificaron las mazorcas por daño de -- plaga, daño por pudrición y polinización, expresados en porciento.

Se tomó el peso de mazorca y se tomaron muestras de mazorcas y grano para estimar un factor de desgranado y determinar el contenido de humedad del maíz al cosecharlo.

Todos los datos se anotaron en hojas de codificación pa ra hacer los análisis estadísticos correspondientes.

## 2. Análisis de los datos de la cosecha.

### 2.1 Cálculo del rendimiento en Kg/ha.

Con los datos de campo codificados de la cosecha, se -- procedió a calcular el rendimiento por hectárea, tomando en cuenta los factores del área cosechada, % de humedad, factor de des-- granado, distancia entre surcos, distancia entre matas, etc.

## 2.2 Análisis de Varianza.

Con los datos obtenidos en los experimentos se realizó el análisis de varianza para determinar el efecto de repeticiones y tratamientos, y la precisión obtenida en cada uno de los ensayos, - mediante el valor del cuadrado medio del error experimental. - - (CMEE).

## 2.3 Determinación de la Dosis Optima Económica (DOE).

Para determinar la Dosis Optima Económica, se tiene que calcular el costo de cada uno de los insumos estudiados, basándose en el precio actual, que rige en el mercado y los gastos que -- implica su aplicación y otros, así como el precio del producto, descontando los gastos de cosecha, como se detalla a continuación:

Los precios actuales del Sulfato de amonio (20.5% de N) y del Superfosfato de calcio simple son \$1,370.00 y \$1,350.00 por tonelada respectivamente, los cuales dan un costo de \$6.68, por ca da Kg. de nitrógeno y 6.75 por Kg. de fósforo.

Se recabó información de los agricultores que siembran maíz y de acuerdo a los datos obtenidos se determinó que los costos de aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico son de \$0.81 -

por Kg. El acarreo de la bodega a la parcela, tiene un costo aproximado de \$0.59 por Kg. Por concepto de seguro e interes sobre el crédito se estimó \$1.11 por Kg. por lo tanto el Kg. de nitrógeno tuvo un costo global de \$ 9.09, mientras que el Kg. de fósforo su costo global fué de \$9.21.

La semilla que usa el agricultor de esta zona es criolla y tiene un valor de \$5.00 por Kg. Si un Kg. de maíz tiene aproximadamente 3,000 semillas y de estas germinan 2,700, el costo de 1,000semillas es de \$1.85, el costo por sembrarlas varía de acuerdo a la densidad, ya que es más bajo si la densidad es más alta, el trabajo de sembrar una Ha., cuesta \$100.00 independientemente de la densidad, puesto que se cobra por superficie, así tenemos que - mientras para una densidad de 20,000 plantas/ha. sembrar 1,000 - plantas cuesta \$5.85, para una densidad de 65,000 plantas/ha. - - cuesta sembrar 1,000 plantas \$3.39.

El precio de garantía actual para el maíz es de \$2.90' el Kg. pero descontando los gastos que implica la cosecha, acarreo y desgrane que son de \$0.50 por Kg. da un valor de \$2.40 por Kg. Esto es realmente lo que el agricultor recibe por cada Kg. de maíz.

### 2.3.1 Método Estadístico-Gráfico.

### 2.3.1.1 Método Gráfico.

En este trabajo se usó el método estadístico-gráfico para determinar la dosis óptima económica. La parte correspondiente al método gráfico es la que se usa convencionalmente. La metodología a seguir se presenta a continuación:

1º Con las medias de rendimiento de cada tratamiento, se grafica para encontrar la función de respuesta a cada factor.

2º Se obtiene la relación inversa de precios insumo-producto, el cociente que resulta se multiplica por el número de unidades entre niveles del factor estudiado y se dibuja en la gráfica paralelo al eje de las ordenadas, dejando en el eje de las abscisas el número de unidades del factor en cuestión, esta relación da la pendiente que ha de originar la dosis óptima económica.

3º Teniendo ya la pendiente, con un juego de escuadras se lleva esta pendiente a la curva seleccionada para determinar el punto donde la pendiente es tangente a la curva, este punto nos da la dosis óptima económica DOE para el factor graficado (13).

### 2.3.1.2 Método Estadístico de Yates.

Para descomponer un experimento factorial, se utiliza-

el método de Yates (3), que sirve para calcular todos los totales - de los efectos factoriales (efectos factoriales e interacciones de - los factores de estudio, en este caso N, P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> y D.P.). Este método se ejemplifica con los datos del experimento ST067653 y los - cuales se presentan en el Cuadro 5. Consiste en lo siguiente:

1<sup>o</sup> Escribir la combinación de tratamientos en el orden sistemático mostrado, las letras minúsculas indican que estos factores en estudio están en el nivel superior de los dos niveles con - que se forma el factorial, el (1), indica que todos los factores están en el nivel inferior del factorial. Se escribe primero la "d", porque en el tratamiento 2 la densidad de población se encuentra en el nivel superior, después "p", porque es el fósforo que está en el nivel superior en el tratamiento 3. La combinación "dp", corresponde al tratamiento 4, (niveles altos de D y P), sigue "n", "pn" y "dpn", dándonos los 8 tratamientos del factorial 2<sup>3</sup>. Se puede observar que las letras "d", "p" y "n", se introducen por turno, la interacción de cualquiera de las letras es seguida por sus combinaciones con todas las combinaciones anteriores de tratamientos. -- Así, la "n", será seguida por "dn", y "dpn", por turno.

2<sup>o</sup> Colóquese los correspondientes totales de tratamientos en la siguiente columna.

CUADRO 5. APLICACION DEL METODO DE YATES A LOS DATOS  
DEL EXPERIMENTO ST067653.

No. Trat.	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P. Miles/ha.		Totales de Tratamientos	(1)	(2)	Efec.Fac toriales - totales(3).	Efec.Fact. promedio Kg/parc.	Efec.Fact. promedio Ton/ha.	Efecto Factorial
1	80	50	37.5	(1)	22.70	48.02	97.70	204.48	4.99	2.55	MEDIA
2	80	50	50.0	d	25.32	49.68	106.78	12.91	0.645	0.330*	D
3	80	75	37.5	p	23.40	48.35	5.50	11.74	0.587	0.300*	P
4	80	75	50.0	dp	26.28	58.43	7.41	0.37	0.018	0.009	PD
5	120	50	37.5	n	22.35	2.62	1.66	9.08	0.454	0.232*	N
6	120	50	50.0	dn	26.00	2.88	10.08	1.91	0.095	0.048	ND
7	120	75	37.5	pn	24.82	3.65	0.28	8.42	0.421	0.215*	NP
8	120	75	50.0	dpn	28.58	3.76	0.11	- 0.15	- 0.007	- 0.004	NPD

E.M.S. 10% .112 Ton/ha.

35.

En la mitad superior de la columna (1), súmese los --  
rendimientos por pares:

$$22.70 + 25.32 = 48.02; 23.40 + 26.28 = 49.68; \text{etc.}, -$$

en la mitad inferior de la columna (1), réstese el primer miembro  
de cada par del segundo:  $25.32 - 22.70 = 2.62$ ;  $26.28 - 23.40 = 2.88$ ;  
etc.

3<sup>a</sup> Aplíquese el mismo proceso a la columna (1), y fi  
nalmente a la columna (2), obteniendo la columna (3).

Los efectos factoriales subsecuentes salen en el orden -  
en el cual las combinaciones de tratamientos se han escrito.

Cuando hay n , factores se continúa el proceso hasta -  
que se alcanza la columna (n), para este ejemplo, n=3 factores, -  
por lo que hay 3 columnas. Para obtener las medias de los efectos  
factoriales o efectos promedios en Kg/parcela se divide entre  $2^{n-1}r$ ,  
para este caso = 20. Y finalmente para llegar al efecto promedio -  
en ton/ha. se multiplica por un factor que se obtiene de la siguiente  
manera.

$$F = \frac{1}{1,000} \times \frac{10,000}{N^2 M \times DM \times DS} \times 0.8$$

Donde:

F = Factor

N<sup>2</sup> M = Número de matas cosechadas

DM = Distancia entre matas

DS = Distancia real entre surcos

Para el cálculo del EMS (Efecto Mínimo Significativo), se utilizó la fórmula;

$$EMS = t_{\alpha} gL \sqrt{\frac{S^2}{2} \frac{n-2}{r}} \times F$$

Donde:

t = t de Student con los grados de libertad del error.

S<sup>2</sup> = Valor de la varianza de cada uno de los experimentos.

n-2 = Número de factores menos 2

r = número de repeticiones

F = Factor

Para el cálculo de la DMS (Diferencia Mínima Significativa), se utilizó la fórmula :

$$DMS = t_{\alpha} gL \sqrt{\frac{2 S^2}{r}}$$

En nuestro ejemplo:

$$\text{EMS } 10\% = 1.671 \quad 172\,409.65/10 \times 0.511$$

$$\text{EMS } 10\% = .112$$

$$\text{DMS} = t_{\alpha} gL \sqrt{\frac{2 S^2}{r}} = t_{\alpha} gL \sqrt{\frac{(2) (172,409.65)}{5}}$$

$$\text{DMS } 1\% = (2.660) (262.61) = 698.54$$

$$\text{DMS } 5\% = (2.000) (262.61) = 525.22$$

Una vez obtenidos los valores de los efectos factoriales con el método de Yates, podemos decidir si se realiza el análisis gráfico ordinario ó el análisis gráfico modificado.

Si algún factor de los estudiados no alcanza significancia estadística en ninguno de los efectos factoriales, se promedian los rendimientos de los dos tratamientos que contienen los mismos niveles centrales del factor que no causó respuesta, en nuestro ejemplo esto se presentó.

### 2.3.2 Análisis Económico.

La siguiente etapa es un análisis económico de los tratamientos en los que hubo significancia e interacción y en los tratamientos restantes de la matriz y tratamientos adicionales incluidos,

hecha previamente una prueba de comparación de medias de tratamientos. Cuando el número de veces que está repetido alguno de los tratamientos difiere, en ese caso se usa para calcular la DMS- la fórmula siguiente.

$$DMS = t \leq gL \sqrt{\frac{CMEE}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}}$$

Enseguida se hace un listado de los tratamientos mencionados en el punto anterior y se calcula el incremento en rendimiento (AY), dado por la diferencia entre el rendimiento promedio de cada tratamiento y el rendimiento promedio del testigo; también se calcula el incremento en ingreso neto (IN), dado por la función:  $IN = (Cym \cdot AY) - CV$ , en donde  $CYm =$  Valor real de 1 Kg. de maíz producido;  $AY =$  incremento en rendimiento y  $CV =$  costos variables. Finalmente se obtiene la relación  $IN/CV$ . (Tasa de Retorno), y el tratamiento que presente el valor máxima de esta relación deberá considerarse como DOE para capital limitado (DOE - CI). (Todo esto se puede observar en el Cuadro 6).

La DOECI, se puede obtener de aquel tratamiento cuyo Ingreso Neto sea mayor y aproximarse más aún por el método gráfico (Método Estadístico-Gráfico). Es decir, se trata de un método mixto, que puede usarse cuando las gráficas de respuesta tienen un

CUADRO 6. INGRESOS NETOS Y TASA DE RETORNO A CAPITAL VARIABLE EN EL CULTIVO DEL MAIZ PARA LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS EN EL EXPERIMENTO ST067653.

No.	TRATAMIENTO			Rend. Comercial (Ton/ha.)	Valor de la Prod. (\$/ha.)	Costos Variables (\$/ha.)	Ingreso Neto (\$/ha.)	Rend/ Testigo (Ton/ha.)	Ing. Neto (\$/ha.)	Tasa de Retorno
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.							
1	74	46	23	2.32	5568	1240	4328	1.77	4248	3.43
2	74	46	30	2.59	6216	1252	4964	2.04	4896	3.91
3	74	69	23	2.53	6072	1451	4621	1.98	4752	3.27
4	74	69	30							
5	110	46	23	2.47	5928	1567	4361	1.92	4608	2.94
6	110	46	30							
7	110	69	23	2.73	6252	1778	4774	2.18	5232	2.94
8	110	69	30							
16	0	0	15	0.55						

máximo (gráficas en forma convexa). De no resultar así, el método es sólo estadístico y la DOECI es aquel tratamiento que tenga el Ingreso Neto mayor.

La DOE para capital limitado (DOECL), en este trabajo se decidió que fuera el tratamiento que ofreciera la tasa máxima de retorno a capital variable (el procedimiento para obtenerlo se presenta en el Cuadro 6 .)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 1. ANALISIS ESTADISTICO.

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos de los experimentos de 1975 al 14% de humedad, en estos resultados se puede apreciar que el rendimiento del testigo varió de 1.03 a 2.16 -- Ton/ha.; experimentos ST067543 y ST067509 respectivamente, - la media de este tratamiento fue de 1.66 Ton/ha.

En los tratamientos correspondientes a la matriz expeperimental, se pueden apreciar también las diferencias en rendimiento entre ellos, el rendimiento medio de todos los tratamientos va--rió de 1.47 a 2.93 Ton/ha., para los sitios experimentales; ST - - 067543 y ST067533 respectivamente. El rendimiento medio general, comprendiendo todos los tratamientos y todos los sitios experimentales para 1975 fue de 2.36 Ton/ha.

En el Cuadro 8 se tiene los rendimientos para los 2 experimentos de 1976, en donde el testigo varió de 0.55 a 0.88 Ton/-ha., con un promedio de 0.72 Ton/ha., el tratamiento potencial -- con 10 Ton. de gallinaza de 2.38 a 3.71 Ton/ha., con una media de 3.04 Ton/ha., la media general fue de 2.13 Ton/ha.

CUADRO 7 . RENDIMIENTO PROMEDIO COMERCIAL\* DE MAIZ EN GRANO AL 14% DE HUMEDAD PARA LOS TRATAMIENTOS DE N, - - P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> Y DENSIDAD DE POBLACION BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN SUELOS ARCILLOSOS (Charandosos) CICLO-1975.

No.	TRATAMIENTO			SITIO EXPERIMENTAL						Promedio
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.P.	ST067541	ST067533	ST067509	ST067531	ST067512	ST067543	
	Kg/ha.		miles/ha.							
1	60	30	35	1.96	2.64	2.61	2.53	2.21	1.13	2.18
2	60	30	50	2.19	2.60	2.82	2.41	2.71	1.95	2.45
3	60	60	35	1.99	3.30	2.92	2.12	2.33	1.48	2.36
4	60	60	50	1.76	3.23	3.16	2.61	2.70	1.17	2.44
5	90	30	35	2.72	2.70	3.08	2.57	2.38	1.84	2.55
6	90	30	50	1.76	3.11	2.79	2.74	2.59	1.53	2.42
7	90	60	35	2.50	2.95	2.97	2.30	2.94	1.71	2.56
8	90	60	50	2.03	3.62	3.04	2.78	2.79	1.74	2.67
9	30	30	35	1.78	2.69	1.91	1.59	2.47	1.16	1.93
10	120	60	50	2.68	3.40	3.56	3.40	3.03	1.38	2.91
11	60	00	35	1.87	2.62	2.99	2.30	1.97	1.05	2.13
12	90	90	50	2.49	3.37	2.77	2.71	3.33	2.06	2.79
13	60	30	20	1.72	2.42	2.13	2.00	2.06	1.38	1.95
14	90	60	65	2.30	3.28	2.79	1.91	2.95	1.54	2.46
15	00	00	20	1.14	2.04	2.16	2.12	1.49	1.03	1.66
	Promedio			2.05	2.93	2.78	2.40	2.53	1.47	
	C.M.E.E.			924473	344047	444495	372049	385788	163798	
	D.M.S. 1%			2181	1330	1512	1383	1409	918	
	D.M.S. 5%			1613	984	1118	1023	1042	679	
	C.V. (%)			36	15	18	19	19	21	

\* El rendimiento comercial se obtuvo arbitrariamente multiplicando el rendimiento experimental por 0.80 .

CUADRO 8. RENDIMIENTO PROMEDIO COMERCIAL\* DE MAIZ EN GRANO AL 14% DE HUMEDAD PARA LOS TRATAMIENTOS DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y D.P. BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN SUELOS ARCILLOSOS (Charandosos) CICLO 1976.

No.	TRATAMIENTO			ST067657	ST067664	Promedio
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.			
1	85	53	37.5	1.13	2.85	1.99
2	85	53	50	0.95	2.65	1.80
3	85	80	37.5	1.54	2.49	2.01
4	85	80	50	1.33	3.16	2.24
5	128	53	37.5	1.68	3.46	2.57
6	128	53	50	1.50	3.75	2.62
7	128	80	37.5	1.62	3.36	2.49
8	128	80	50	1.73	3.00	2.36
9	43	53	37.5	0.88	2.03	1.45
10	171	80	50	2.26	3.76	3.01
11	85	27	37.5	1.22	2.48	1.24
12	128	107	50	1.63	3.08	2.35
13	85	53	25	1.74	2.21	1.97
14	128	80	62.5	1.26	3.17	2.21
15**	128	80	50	2.38	3.71	3.04
16	0	00	25	0.55	0.88	0.72
Promedio				1.46	2.88	2.13
C. M. E. E.				192104	196584	
D. M. S. 1%				554	561	
D. M. S. 5%				737	746	
C. V. (%)				30	15	

\* El rendimiento comercial se obtuvo arbitrariamente multiplicando el rendimiento comercial por 0.80.

\*\* Mas 10 ton. de gallinaza.

El Cuadro 9 corresponde a un experimento en un sistema de siembra denominado "sistema en cruz", en donde el testigo rindió 0.55 Ton/ha., y el potencial 3.84 Ton/ha., la media general de este experimento fue de 2.46 Ton/ha.

Con los rendimientos de grano de maíz se procedió a efectuar el análisis de varianza para cada sitio experimental, los cuales se presentan en el Cuadro 10. Estos análisis indicaron lo siguiente:

En 4 experimentos hubo efecto de tratamientos, con probabilidad de cometer error tipo 1 del 1%, en un experimento hubo efecto de tratamientos de cometer error tipo 1 del 5%, en 3 experimentos hubo efecto de tratamientos de cometer error tipo 1 -- del 10% y 1 experimento no resultó significativo al 10%.

El análisis de varianza indicó también que en 4 experimentos el factor repeticiones fue significativo con una probabilidad de cometer error tipo 1 del 1%, en 2 experimentos fue significativo con una probabilidad de cometer error tipo 1 del 10% y en 3 experimentos no resultó significativo al 10%.

En el mismo cuadro anterior podemos observar que el cuadrado medio del error experimental (CMEE) para los 9 sitios

CUADRO 9 . RENDIMIENTO PROMEDIO COMERCIAL\* DE MAIZ EN GRANO AL 14% DE HUMEDAD PARA LOS TRATAMIENTOS DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y D.P. SEMBRADO EN "SISTEMA EN CRUZ" EN SUELOS ARCILLOSOS --- (Charandosos) CICLO 1976.

No.	TRATAMIENTO			ST067653
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.	
1	74	46	23	2.32
2	74	46	30	2.59
3	74	69	23	2.39
4	74	69	30	2.68
5	110	46	23	2.28
6	110	46	30	2.66
7	110	69	23	2.54
8	110	69	30	2.92
9	37	46	23	1.88
10	147	69	30	3.06
11	74	23	23	2.10
12	110	92	30	3.04
13	74	46	15	1.86
14	110	69	38	2.78
15**	110	69	30	3.84
16	0	0	15	0.55
			Promedio	2.46
			C. M. E. E.	172409
			D. M. S. 1%	698
			D. M. S. 5%	525
			C. V. (%)	13

\* El rendimiento comercial se obtuvo arbitrariamente multiplicando el rendimiento experimental por 0.80.

\*\* Mas 10 ton. de gallinaza.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS EXPERIMENTOS CONDUCTOS EN EL AREA DE TEMPORAL DE LA SIERRA TARASCA EN LOS CICLOS 1975 Y 1976.

Sitio No.	Fuente de Variación.	Grados de Libertad	Cuadrados medios x 10 <sup>5</sup>		C. V. (%)
ST067509	Repeticiones	2	1.9708	NS	19
	Tratamientos	13	7.9705	*	
	Error	26	4.4449		
ST067512	Repeticiones	2	10.7788	*	19
	Tratamientos	13	7.1796	*	
	Error	26	3.8578		
ST067531	Repeticiones	2	25.4715	***	20
	Tratamientos	13	8.7201	**	
	Error	26	3.7204		
ST067533	Repeticiones	2	1.0292	NS	16
	Tratamientos	13	6.7998	*	
	Error	26	3.4404		
ST067541	Repeticiones	2	23.0016	*	36
	Tratamientos	13	5.9409	NS	
	Error	26	9.2447		
ST067543	Repeticiones	2	16.0749	***	21
	Tratamientos	13	4.7736	***	
	Error	26	1.6379		
ST067653	Repeticiones	4	1.8418	NS	13
	Tratamientos	15	39.3581	***	
	Error	60	1.7240		
ST067657	Repeticiones	4	16.9464	***	30
	Tratamientos	15	17.7113	***	
	Error	60	3.0016		
ST067664	Repeticiones	4	17.2240	***	15
	Tratamientos	15	44.4521	***	
	Error	60	3.0716		

\* La F asociada resulta significativa al 10%

\*\*La F asociada resulta significativa al 5%

\*\*\*La F asociada resulta significativa al 1%

NS No significativo.

experimentales fluctuó entre 163,790 y 924,470 con una media de - 379,370. Indicando esto que la precisión de los experimentos fue de buena a regular.

El valor de los coeficientes de variación (C.V.) fluctuó entre 13 y 36%.

## 2. La respuesta a los factores de estudio.

La respuesta a los factores de estudio se hara en base a los resultados obtenidos con el uso del "Código de Yates" aplicado a cada uno de los 8 tratamientos correspondientes al cubo de la matriz Plan Puebla I.

### 2.1. Respuesta a Nitrógeno.

En el Cuadro 11 que corresponde a los 6 experimentos de 1975, la aplicación de Nitrógeno al pasar de 60 a 90 Kg/ha. el efecto a este factor no fue significativo con 30 y 60 Kg/ha. de  $P_2O_5$  y con 35,000 y 50,000 plantas/ha., esto pudo haberse debido al número de repeticiones empleado ya que sólo fueron tres y el cuadrado medio del error experimental fue muy alto.

Para los experimentos de 1976 Cuadro 12, la aplicación

CUADRO 11. EFECTOS FACTORIALES PROMEDIOS OBTENIDOS-POR EL CÓDIGO DE YATES, PARA LOS FACTORES DE ESTUDIO EN LOS EXPERIMENTOS LLEVADOS - A CABO EN 1975.

No.	TRATAMIENTO				EFECTO FACTORIAL PROMEDIO						
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.		ST067541	ST0676533	ST067509	ST067531	ST067512	ST067543	
1	60	30	35	(1)	2.110	3.020	2.920	2.520	2.580	1.570	M
2	60	30	50	d	-0.202	0.239	0.047	0.229	0.232	0.058	D
3	60	60	35	p	-0.082	0.502	0.157	-0.087	0.215	-0.088	P
4	60	60	50	pd	0.076	-0.070	0.081	0.202	-0.119	-0.194	PD
5	90	30	35	n	0.277	0.151	0.055	0.206	0.184	0.271	N
6	90	30	50	nd	0.293	0.292	-0.137	0.046	-0.204	-0.194	ND
7	90	60	35	np	0.110	-0.128	-0.097	0.012	0.165	0.125	NP
8	90	60	50	npd	0.392	-0.055	0.062	-0.097	-0.055	0.364	NPD
EMS 10% en Ton/ha.					0.889	0.637	0.580	0.531	0.558	0.374	

CUADRO 12. EFECTOS FACTORIALES PROMEDIO OBTENIDOS POR EL CODIGO DE YATES, PARA LOS FACTORES DE ESTUDIO EN LOS EXPERIMENTOS LLEVADOS A CABO EN 1976.

No.	TRATAMIENTO				EFECTO FACTORIAL PROMEDIO		
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.		ST067657	ST067664	
1	85	53	37.5	(1)	3.090	1.430	M
2	85	53	50	d	-0.362	-0.115	D
3	85	80	37.5	p	-0.713 *	0.239	P
4	85	80	50	pd	0.520 *	0.062	PD
5	128	53	37.5	n	1.065 *	0.395 *	N
6	128	53	50	nd	-0.600 *	0.082	ND
7	128	80	37.5	np	-0.640	-0.153	NP
8	128	80	50	npd	0.085	0.081	NPD

EMS 10% Ton/ha.

0.388

0.385

de Nitrógeno fue significativa de 85 a 128 Kg/ha., 53 Kg/ha. de --  
 $P_2 O_5$  y 37,500 plantas/ha.

Para el experimento en el "Sistema en Cruz" Cuadro 13 la aplicación de 74 a 110 Kg/ha. de Nitrógeno, 46 Kg/ha. de  $P_2 O_5$  y 23,000 plantas/ha. el efecto fue significativo.

## 2.2. Respuesta al Fósforo.

Volviendo a los experimentos de 1975 Cuadro 11, la aplicación de 30 a 60 Kg/ha. de Fósforo, con 60 Kg/ha., de Nitrógeno y 35,000 plantas/ha., no hubo efecto significativo para este factor para ningún ensayo llevado a cabo ese año.

En los experimentos de 1976 Cuadro 12, al pasar la aplicación de 53 a 80 Kg/ha. de Fósforo el efecto a este factor fue significativo con 85 Kg/ha. de Nitrógeno y 37,500 plantas/ha. Para el experimento ST067657. Dicho efecto fue negativo cuando el Fósforo aplicado fue mayor de 53 Kg/ha. Para el experimento ST067664 el efecto resultó positivo al pasar de 53 a 80 Kg/ha. de fósforo y a los niveles de Nitrógeno y Densidad de Población mencionados.

Para el "Sistema en Cruz" Cuadro 13, hubo efecto sig

CUADRO 13. EFECTOS FACTORIALES PROMEDIO OBTENIDOS POR EL CODIGO DE YATES; PARA LOS FACTORES DE ESTUDIO EN EL EXPERIMENTO EN "SISTEMA DE CRUZ" LLEVADO A CABO EN 1976.

No.	TRATAMIENTO				EFECTO FACTORIAL PROMEDIO ST067653	
	N Kg/ha.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP Miles/ha.			
1	74	46	23	(1)	2.550	M
2	74	46	30	d	0.330 *	D
3	74	69	23	p	0.300 *	P
4	74	69	30	dp	0.009	PD
5	110	46	23	n	0.232 *	N
6	110	46	30	nd	0.048	ND
7	110	69	23	np	0.215 *	NP
8	110	69	30	npd	0.004	NPD

EMS 10% en Ton/ha. 0.112

nificativo a la aplicación de  $P_2 O_5$  de 46 a 69 Kg/ha., con 74 Kg/ha. de Nitrógeno y 23,000 plantas/ha.

### 2.3. Respuesta a la Densidad de Población.

En los experimentos de 1975 no hubo efecto significativo a Densidad de Población para ningún ensayo Cuadro 11, a las densidades de 35,000 a 50,000 plantas/ha., y con 60 y 30 Kg/ha. de Nitrógeno y Fósforo respectivamente.

Igualmente no hubo efecto significativo a la densidad de 37,500 a 50,000 plantas/ha. y con 85 Kg/ha. de Nitrógeno y 53 Kg/ha. de  $P_2 O_5$  correspondiente a los ensayos de 1976 Cuadro 11.

En el "Sistema en Cruz" Cuadro 13, hay significancia a densidad de 23,000 a 30,000 plantas/ha. cuando se aplican 74 Kg/ha. de Nitrógeno y 46 Kg/ha. de Fósforo.

### 2.4. Respuesta a las Interacciones.

Para los experimentos de 1975 no hubo efecto significativo a ninguna interacción; para 1976 Cuadro 11, hubo efecto significativo para la interacción PD (Fósforo-Densidad), cuando el Fósforo se aplicó a un nivel de 53 a 80 Kg/ha. con 85 Kg/ha. de -

Nitrógeno y 50,000 plantas/ha., igualmente hubo efecto significativo a la interacción ND (Nitrógeno-Densidad), pero esta fue negativo, cuando el Nitrógeno fue de 85 a 128 Kg/ha. y la densidad de -- 37,500 a 50,000 plantas/ha., esto ocurrió en el experimento - - ST067657.

Para el experimento en el "Sistema en Cruz" Cuadro - 12, hubo efecto significativo a NP (Nitrógeno-Fósforo) esto ocu-- rrió cuando el Nitrógeno y el Fósforo estuvieron a un nivel de 110- y 69 Kg/ha. respectivamente y la densidad de 23,000 a 30,000 plantas/ha.

En la Figura 3, se tiene la respuesta promedio graficada para cada factor en estudio de los experimentos de 1975, en la Figura 4, para los experimentos de 1976 y en la Figura 5, la res- puesta graficada del experimento en el "Sistema en Cruz".

### 3. Análisis Económico.

Se practicó un Análisis Económico a aquellos trata- - mientos que resultó significativo su efecto factorial. En los casos en que este efecto factorial no fue significativo a ninguno de los factores de estudio, este Análisis Económico se efectuó con la media-

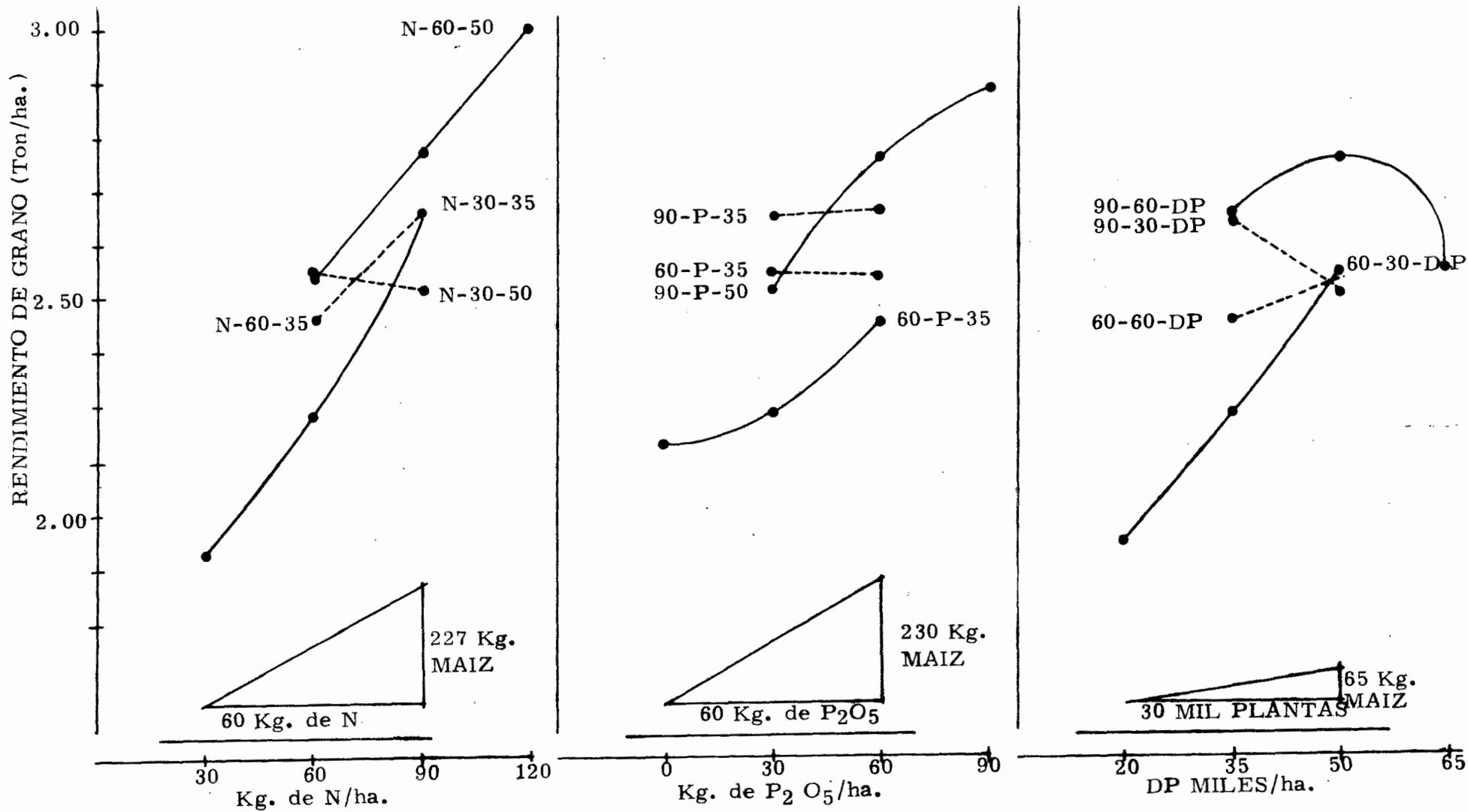


FIGURA 3. RESPUESTA PROMEDIO DEL MAIZ A N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Y DP, EN SUELOS ARCILLOSOS EN LA SIERRA TARASCA. CICLO 1975.

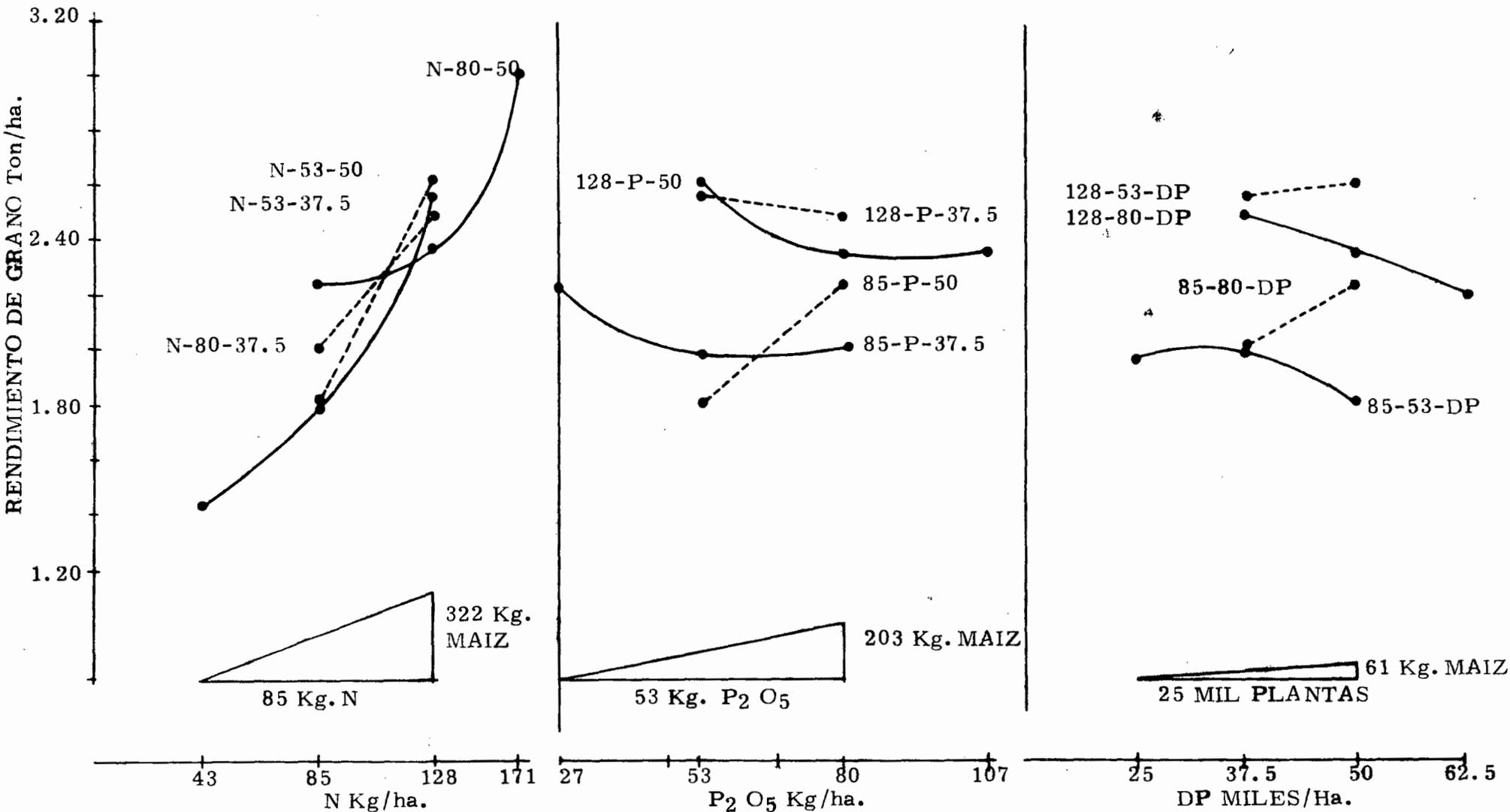


FIGURA 4. RESPUESTA PROMEDIO DEL MAIZ A N, P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> Y DP, EN SUELOS ARCILLOSOS EN LA SIERRA TARASCA. CICLO 1976.

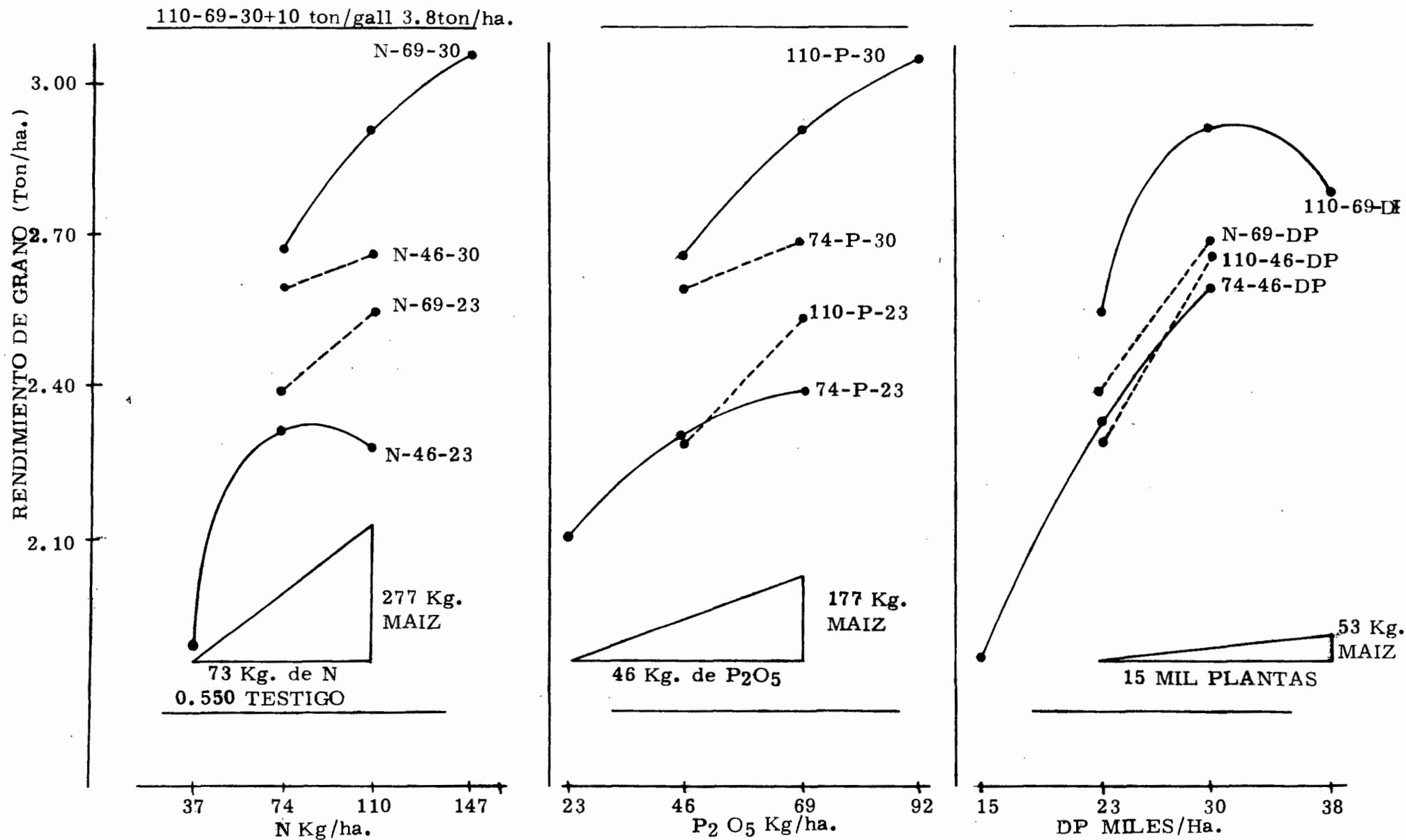


FIGURA 5. RESPUESTA PROMEDIO DEL MAIZ A N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Y DP, EN SUELOS ARCILLOSOS EN SIEMBRAS EN "CRUZ" EN LA SIERRA TARASCA. CICLO 1976.

(el valor más bajo de cada factor dentro del cubo, en este caso correspondió al tratamiento No. 1). Con los seis tratamientos restantes de la matriz (las prolongaciones) se les practicó una prueba de comparación de medias (D.M.S. 5%) y en aquellos en que la diferencia en rendimiento fue significativa a alguno de los 8 tratamientos del cubo, también se les efectuó el Análisis Económico.

El Análisis Económico se hizo de acuerdo con la técnica descrita en materiales y métodos, el Análisis Económico se aproximó al gráfico en aquellos experimentos en que se podía.

Se tomó como tratamiento óptimo económico para capital ilimitado aquel que tuvo el ingreso neto más alto y para el tratamiento óptimo económico para capital limitado el que tuvo la tasa de retorno más alta, en el Cuadro 14, se presentan los tratamientos óptimos económicos para capital ilimitado y capital limitado, para cada uno de los experimentos.

CUADRO 14. TRATAMIENTOS OPTIMOS ECONOMICOS (TOE) PARA CAPITAL ILIMITADO Y CAPITAL LIMITADO, OBTENIDOS PARA CADA SITIO EXPERIMENTAL EN SUELOS "CHARANDOSOS". CI CLO 1975 y 1976.

Expto.	Capital ilimitado			Capital limitado		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP
	Kg/ha.	Miles/ha.		Kg/ha.	Miles/ha.	
ST067509	120	60	50	60	00	35
ST067512	90	90	50	60	30	35
ST067531	120	60	50	30	30	35
ST067533	120	60	50	60	30	35
ST067541	120	60	50	60	00	35
ST067543	90	90	50	90	90	50
ST067657	128	53	50	128	53	50
ST067664	171	80	50	85	53	25
Promedio	119.9	69.1	50	71.6	37.8	37.5
*ST067653	110	92	30	74	46	30

\*Siembras en "cruz" .

## VII. RECOMENDACIONES DE PRODUCCION.

Y en el Cuadro 14, tenemos los tratamientos óptimos - económicos (TOE) por experimento para capital ilimitado y capital limitado, para capital ilimitado el Nitrógeno varió de 90 a 171 - Kg/ha. con una media de 119.9 Kg/ha., el Fósforo de 53 a 90 Kg/ha. con una media de 69.1 Kg/ha. La densidad de población fue -- constante de 50,000 plantas/ha.

Para capital limitado el Nitrógeno varió de 30 a 128 - - Kg/ha. con una media de 71.6 Kg/ha. el Fósforo de 0 a 90 Kg/ha. - con una media de 37.8, la densidad de población de 25,000 a 50,000 plantas/ha. con una media de 37,500 plantas/ha.

Para el sistema en cruz, para Nitrógeno fue 110 Kg/ha. para fósforo 92 Kg/ha. y la densidad de población de 30,000 plantas/ha., para capital ilimitado y para capital limitado el Nitrógeno 74 - Kg/ha., el Fósforo 46 Kg/ha. y la densidad de población de 30,000 plantas/ha.

En el Cuadro 15, se tienen las alternativas de fórmulas de producción.

CUADRO 15. ALTERNATIVAS DE FORMULAS DE PRODUCCION PROMEDIO PARA SIEMBRAS EN SUELOS "CHARANDOSOS". CICLO 1975 y 1976.

	Capital ilimitado			Capital limitado		
	$\frac{N}{\text{Kg/ha.}}$	$\frac{P_2O_5}{\text{Miles/ha.}}$	$\frac{DP}{\text{Miles/ha.}}$	$\frac{N}{\text{Kg/ha.}}$	$\frac{P_2O_5}{\text{Miles/ha.}}$	$\frac{DP}{\text{Miles/ha.}}$
Fórmula de Producción	120	70	50	70	40	40
Fórmula de Producción para siembras en "cruz"	110	90	30	70	45	30

## VIII. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los rendimientos en grano de maíz, obtenidos en los 9 ensayos estudiados, al aplicar diferentes niveles de fertilizantes Nitrogenado, Fósforo y Densidad de Población se concluye:

1) Que los niveles de fertilización que el agricultor utiliza para el cultivo del maíz en el área de temporal en el región de la Sierra Tarasca, limita la producción.

De acuerdo al Análisis de Varianza y Diferencia Mínima Significativa, realizado para la variable rendimiento de grano se puede concluir:

2) Que el cultivo de maíz, responde a las aplicaciones de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población, en los dos métodos de siembra.

3) No se tienen evidencias para rechazar la Hipótesis que menciona que el N,  $P_2 O_5$  y D.P., son factores que limitan la producción ya que 4 experimentos fueron altamente significativos al 1% en 1 fue significativo al 5%, y en los 4 restantes al 10%.

4) Igualmente no se tuvo evidencias para rechazar la -

Hipótesis dos.

5) Los supuestos considerados durante el presente tra  
bajo fueron válidos.

## IX. RESUMEN.

En los años de 1975 y 1976 se establecieron 9 experimentos con maíz bajo condiciones de temporal en área de la Sierra Tarasca del Estado de Michoacán, con el objeto de encontrar las dosis óptimas económicas de N, P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>, y D.P.

Para lograr lo anterior se plantearon las siguientes Hipótesis:

A) Los Nutrimientos Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población son factores que limitan la producción de maíz en la mayoría de las condiciones de producción del área.

B) La respuesta del maíz a estos factores; está afectada por factores incontrolables de la producción relacionados con la posición fisiográfica con elementos del clima y con propiedades físicas y químicas del horizonte A de los suelos.

Para probar las hipótesis planteadas se utilizaron 9 experimentos - factoriales para observar las respuestas a N, P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>- y D.P., y encontrar las D.O.E. de estos factores.

Se probaron 16 tratamientos, 14 de matriz y dos tratamientos accesorios, un potencial con 10 toneladas de gallinaza y un

testigo absoluto.

El espacio de exploración para 1976, varia de acuerdo a los rendimientos de 1975, y estos fueron para N de 30 a 120 Kg/ha., para  $P_2 O_5$ , de 25 a 100 Kg/ha., y para D.P., de 25,000 a 62,500 plantas/ha., en el sistema en "cruz", el N varió de 37 a 147 Kg/ha., para  $P_2 O_5$ , de 23 a 92 Kg/ha., y para D.P., de 15,000 a 38,000 plantas/ha., (fueron esos niveles por ajustes en distancia real entre surcos).

El Análisis de Varianza, y las gráficas de respuesta de la variable rendimiento de grano indican: que la respuesta a los factores estudiados fueron para N hasta 120 Kg/ha., Fósforo 70 Kg/ha., y Densidad de Población a 50,000 plantas/ha., y para siembras en "cruz", fue para N hasta 110 Kg/ha.,  $P_2 O_5$ , 90 Kg/ha., y D.P., 30,000 plantas/ha.

Según el procedimiento empleado en este estudio estas son las D.O.E., que hacen máxima ganancia, para condiciones de capital ilimitado.

## X. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Barajas, C.R. Et. al 1975 Informe del Programa de Investigación Agrícola en el Plan Tarasco Estado de Michoacán, -- C.P. Chapingo, México.
- 2.- Brauer, O.H. 1967 El Método Científico Agrociencia Volúmen No.2. Chapingo, - México.
- 3.- Cochran, G.W. y Cox C.G. 1971.  
"Diseños Experimentales" Edi-  
torial Trillas, México.
- 4.- Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 1976. PRONDAAT:  
Un enfoque para el Desarrollo --  
Agrícola en áreas de temporal, -  
Chapingo, México.
- 5.- Cortes, F.J.I. 1975 "Diseños y Recomendaciones --  
prácticas de fertilización y densidades de población en maíz de temporal para varias condicio--  
nes de producción en la Sierra -  
Tarasca. Tesis de M.C. Colegio  
de Postgraduados, Chapingo, Méx.

- 6.- García. E. 1973      Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. - Instituto de Geografía. U.N.A.M.
- 7.- Gil, F.J. 1966      Fertility Studies in volcanic soil of the Sierra Tarasca, México-- Diss-Abstr. Sect. B 27-B(3): 670-B-671-B.
- 8.- Ortíz, H.R. 1977      Aplicación práctica del enfoque de agrosistemas para estratificar diferentes condiciones de producción de cultivos con el objeto de diseñar recomendaciones para la aplicación de fertilizantes químicos y estiércoles al maíz de temporal en Totonicapán, Guatemala. Tesis de MC. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- 9.- PRONDAAT: 1976      Planes de desarrollo agrícola en áreas de temporal en el Estado de Oaxaca, 1a. Reunión anual en Oaxaca, Oax.
- 10.- Rojas, J.E. 1972      Trabajos preliminares sobre mejoramiento del maíz de temporal en la

Meseta Tarasca; Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chihuahua, Escuela de Agronomía.

11.- Secretaría de Industria y Comercio 1975. Dirección General de Estadística.

"Censo Agrícola Ganadero y Ejidal - del Estado de Michoacán, 1970. México.

12.- Tornero, M.A. 1976

Determinación de las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de la cebada en la región Nor-oriental del Estado de México, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guadalajara, Escuela de Agricultura, Guadalajara, Jal.

13.- Turrent, F.A. y Laird, R.J. 1975

Matrices Plan Puebla. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en productividad de suelos. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

14.- Vázquez, J.V. 1977

Respuesta del maíz a los fertilizantes y a la densidad de población en la parte -

Oeste del Estado de Tlaxcala para el ciclo agrícola 1976.

15. - Villalpando, I.J.F. 1975      Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas - del rendimiento en una región agrícola, para uso de diagnóstico. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.