

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



"Uso del Criterio Económico Para  
Generar Prácticas de Fertilización  
en la Región de Apazapan, Ver."

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE INGENIERO  
AGRONOMO ORIENTACION FITOTECNIA

PRESENTA

RUBEN RAMIRO SANDOVAL

LAS AGUJAS MPIO. DE ZAPOPAN, JAL.

1983

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 8 de Julio de 1983

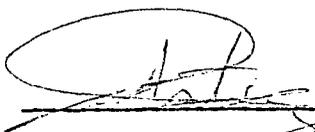
C ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis  
del PASANTE RUBEN RAMIRO SINTOVAL  
Titulada:

" USO DEL CRITERIO ECONOMICO PARA GENERAR PRACTICAS DE  
FERTILIZACION EN LA REGION DE APAZAPAN, VER. "

Damos nuestra aprobación para-  
la impresión de la misma.

DIRECTOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

ASESOR

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. RAMON CEJA RAMIREZ

  
\_\_\_\_\_  
ING. ROGELIO HUERTA ROSAS

enl.

## AGRADECIMIENTOS

Al ing. César Celerino Morales Domínguez, Jefe del Distrito - Agropecuario y Forestal de Temporal No. 1 por sus consejos -- personales y de permitir utilizar los datos de investigación - de éste Distrito.

Al Ing. José Luis Aguilar Acuña, Líder e Investigador de Sis- temas Agrícolas del Centro de Investigaciones Agrícolas del - Golfo Centro por su asesoría y planeación técnica de la pre - sente tesis.

A los ingenieros Gabriel Martínez González, Ramón Ceja Ramí - rez y a Rogelio Huerta Rojas por las sugerencias y revisión - de ésta tesis.

Al Sr. César Melo por su ayuda desinteresada.

A todas las personas que de una u otra forma ayudaron en la - realización de este trabajo tesis.

## DEDICATORIA

A MI MAMA OFELIA Y CATALINA: Por su apoyo, oraciones y bendiciones para lograr culminar mis estudios.

A MI ESPOSA TERESA: Con amor.

A MI HIJA SUSY: Que sirva de aliento en un futuro no muy lejano.

A MIS HERMANOS: Ana Rosa, Salvador, Luz Elena, Ofelia y Verónica con cariño.

A MIS TIOS: Alicia y José por su apoyo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
1. Descripción de la zona de estudio.	3
1.1. El área de estudio.	3
1.1.1. Localización.	3
1.1.2. Relieve.	5
1.1.3. Geología.	6
1.1.4. Clima.	6
1.1.4.1. Precipitación.	6
1.1.4.2. Evaporación.	7
1.1.4.3. Temperaturas.	7
1.1.5. Vegetación.	10
1.1.6. Suelos.	12
1.2. Marco de Referencia Socio-económico.	14
1.2.1. Población.	14
1.2.2. Tenencia de la tierra.	14
1.2.3. Cultivos principales.	15
1.3. Tecnología tradicional.	15
1.3-1. Siembras de temporal.	15
1.4. El problema y su definición.	16



	Pág.
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.	18
1. Respuesta del cultivo del maíz a la fertilización.	18
2. Procedimientos para determinar deficiencias nutritivas.	20
3. Selección del modelo para las funciones de respuesta a fertilización.	23
4. Métodos para determinar las dosis óptimas económicas de tratamientos con fertilizantes.	24
IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.	28
V. MATERIALES Y METODOS.	29
1. Experimentación desarrollada en campo.	29
2. Factores de estudio y espacio de exploración.	31
3. Diseño experimental.	31
4. Muestreo de suelos y análisis de laboratorio.	32
5. Siembra y conducción de los experimentos.	34
6. Análisis estadísticos de los experimentos de campo.	35
6.1. Análisis de varianza.	35
6.2. Análisis económico para determinar el tratamiento.	36
6.2.1. Costos de los insumos variables.	36
6.3. Cálculo de los tratamientos óptimos económicos.	39
VI. RESULTADOS Y DISCUSION.	40
1. Rendimientos medios de maíz de los tratamientos del experimento.	40
2. Análisis de varianza.	42
3. Determinación del tratamiento óptimo económico para capital ilimitado.	42

4. Discusión de resultados.	Pág. 49
4.1. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de nitrógeno.	49
4.2. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de fósforo.	51
4.3. El tratamiento óptimo económico para capital- ilimitado (TOECI).	52
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	52
VIII. BIBLIOGRAFIA.	55

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		Pág.
1	Precipitación y evaporación registradas en la estación metereológica de Apazapan, Ver., en un período de catorce años.....	8
2	Temperaturas medias registradas a lo largo de catorce años en la estación metereológica de Apazapan, Ver.....	9
2.1.	Diseño de tratamientos.....	33
3	Precio de mercado de los productos.....	37
4	Costos reales estimados para nitrógeno y fósforo por kilogramo y fuente.....	38
5	Precio neto de 1 kilogramo de maíz.....	39
6	Rendimientos medios de maíz en grano.....	41
7	Análisis de variación de los rendimientos de maíz.....	42
8	Lista de los tratamientos con sus densidades de población, rendimientos medios, costos variables y beneficios netos.....	44
9	Lista de tratamientos ordenados de mayor a menor beneficio neto. Análisis de dominancia...	45
10	Análisis marginal de los tratamientos no dominados.....	48



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		Pág.
1	Area de estudio.....	4
2	Mapa de suelos de la región Xalapa según- FAO/UNESCO 1977 y 7a. aproximación U.S. - Departament of Agriculture, 1960.....	13
3	Localización del experimento.....	30
4	Curva de beneficios netos máximos como -- función de los costos variables para el - experimento de fertilización.....	46
5	Curvas de respuesta del cultivo de maíz - a la aplicación de fertilizante <u>nitrogena</u> <u>do</u> .....	50
6	Curvas de respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de fertilizante fosfórico..	51

## INTRODUCCION.

El fenómeno del hambre y la desnutrición es un problema mundial que lejos de resolverse se ha agravado en los últimos años.

Se estima que entre 450 y 1,300 millones de personas padecen hambre en el mundo y cada año mueren 15 millones de niños en los países subdesarrollados, como resultado de la desnutrición y las enfermedades derivadas. (31).

Investigaciones recientes realizadas por el Instituto Nacional de Nutrición y auspiciadas por el Sistema Alimentario Mexicano (S.A.M.), aportan datos alarmantes: "35 millones de Mexicanos padecen deficiencias en sus costumbres nutricionales". De este total, 19 millones están en condiciones nutricionales críticas. Estos mexicanos viven en 684 municipios -- distribuidos por todo el país y en alrededor de nuestras grandes ciudades.

La importancia de la agricultura de temporal en México -- queda en base a que alrededor del 80% de su tierra laborable -- corresponde a terrenos de temporal (7) y a que de la agricultura dependen directamente alrededor del 40% de la población total del país, más de 25 millones de personas. Jiménez 1976- (14).

A nivel mundial, aproximadamente el 80% de la tierra usada en cultivos anuales y perennes es de temporal, FAO 1971 -- (10).

La insuficiente producción nacional de granos básicos - entre estos el maíz que es el alimento tradicional para el -- pueblo de México y uno de los cereales que demanda mayor su- perficie de cultivo en el país, que continúa siendo el ter - cer cultivo más importante en el mundo después del trigo y - el arroz, que además, está considerado como un alimento la - tinoamericano, debido a que aquí fué encontrado por los ex - ploradores españoles hace quinientos años. (7).

Por todo lo anterior y observando que una de las causas por lo cual no se ha incrementado la producción de maíz por hectárea, con el ritmo que reclama el aumento en la demanda nacional, en agricultura de Temporal, (además de otros facto res), se relaciona con el uso aún ineficiente de los fertili zantes químicos. En la actualidad se usan fertilizantes para temporal en gran parte del país, pero la dosificación es ine ficiente en la mayoría de los casos.

Sí en México actualmente hay escasez de fertilizantes- por una parte, y por otra es urgente la necesidad de incre - mentar la producción unitaria de maíz, vemos que es necesi - ria una racionalización en el uso de insumos, hecha con ba - ses científicas a fin de no destinar cantidades de fertilizan tes innecesarias en algunas zonas, dejando otras sin que -- puedan fertilizarse, limitando con esto, la oportunidad de - incrementar la producción agrícola.

Por consiguiente, nuestro país tendrá en el futuro que- desarrollar en gran escala métodos de diagnóstico técnicos -

con los cuales pueda precisar mejor las cantidades necesarias de fertilizantes para los cultivos.

Con estos antecedentes es que este trabajo está encaminado para determinar las dosis óptimas de fertilizantes en el cultivo del maíz ya que es, la investigación aplicada, uno de los fines más importantes que persigue, no dejando también pasar por alto en este trabajo el análisis de costos para generar estas prácticas.

## II. ANTECEDENTES.

### 1. Descripción de la zona de estudio.

#### 1.1. El área de estudio.

El trabajo de esta investigación se llevó a cabo en la Unidad Tecno-Administrativa Número 13 del Distrito Agropecuario y Forestal de Temporal No. 1 del Estado de Veracruz.

##### 1.1.1. Localización.

El Distrito Agropecuario y Forestal de Temporal No. 1 con sede en la Ciudad de Xalapa, Ver., se encuentra entre las longitudes  $96^{\circ}21'00''$  y  $97^{\circ}27'00''$  al Oeste de Greenwich, el área de estudio comprende el municipio de Apazapan que cuenta con una superficie de  $65.80 \text{ Km}^2$ . limitado con los municipios de Emiliano Zapata, Jalcomulco, Axocuapan y Puente Nacional. (Fig. 1).

# DISTRITO AGROPECUARIO Y FORESTAL DE TEMPORAL NUM. 1

INTEGRACION MUNICIPAL

AREA DE ESTUDIO

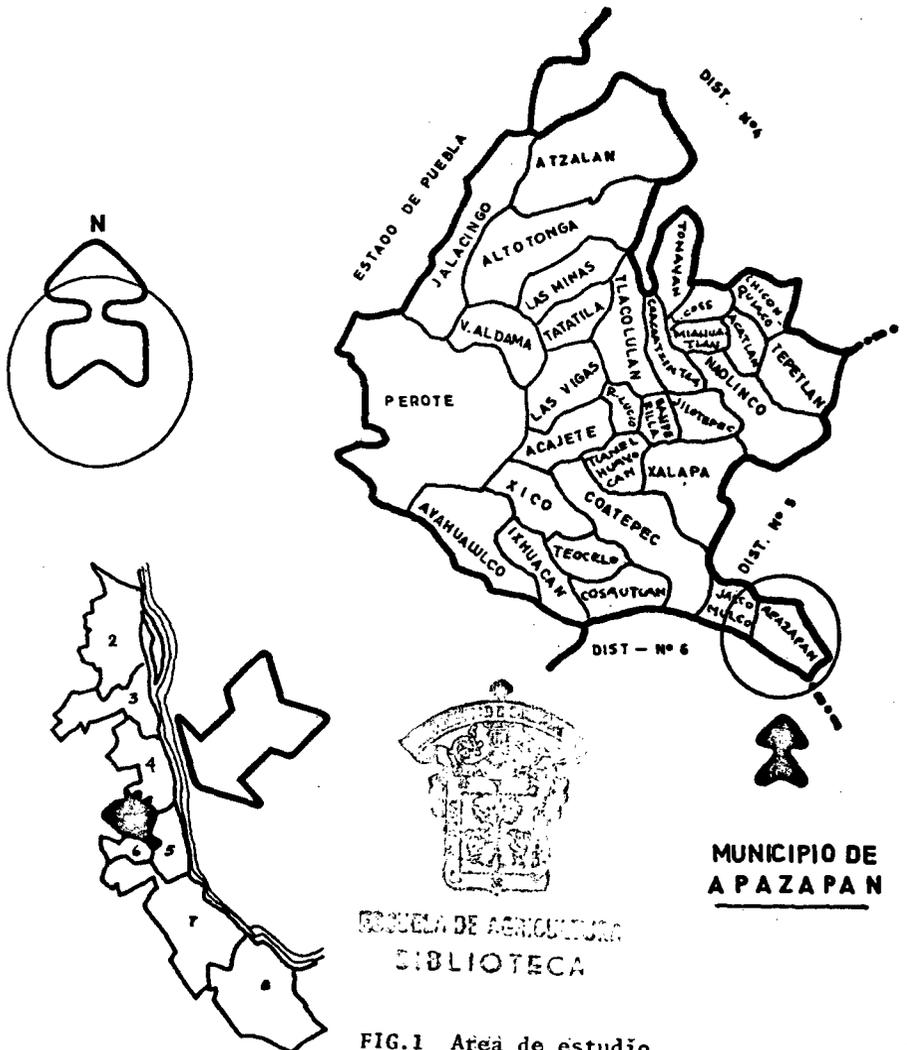


FIG.1 Area de estudio.

### 1.1.2. Relieve.

El Distrito de Temporal se encuentra ubicado en la vertiente de la Sierra Madre Oriental. Se distingue por contar con las mayores elevaciones sobre el nivel del mar del Estado conociéndosele con el nombre de Región de las Grandes Montañas. Ambas comprenden una gran faja que se extiende de Norte a Sur, contando con una superficie de 407,305 Has.

A lo largo de la faja arriba mencionada se encuentran porciones de tierra de enormes alturas que terminan dentro del área que se analiza con el Nauhcampatépetl ó Cofre de Perote cuya altura sobre el nivel del mar es de 4282 metros.

Los productos de la actividad volcánica del Cofre de Perote y las emisiones de los cráteres adyacentes, cubrieron amplio territorio, formando conos de escasas alturas entre las que se distinguen: El Volcancillo, en las inmediaciones de Las Vigas hoy Rafael Ramírez; el Macuiltépetl, en cuyas faldas se encuentra la ciudad de Xalapa; el de Coatepec así como los de San Miguel, Xico y la Orduña. La parte occidental de la subregión central de la misma acusan alturas medias de 2000 metros sobre el nivel del mar.

La parte norte pierde alturas en forma abrupta y rápidamente presentando niveles en promedio de 600 metros con máximas de 2,000 m. y mínimas de 300 m.s.n.m.

La porción sureste que es donde se ubica la zona de estudio pierde también rápidamente altura pero en pendientes más prolongadas, presentando alturas máximas de 1500 m. que decli

nan hasta 300 m.s.n.m. para proseguir el declive hacia la parte costera del Golfo, interrumpida por la Sierra de Chicon -- quiaco y algunas barrancas profundas.

### 1.1.3. Geología.

El área de estudio se encuentra ubicada sobre depósitos de rocas ígneas cuya descomposición es normal a través del -- tiempo lo que ha dado origen que el desarrollo de los suelos de la región sea dinámico, liberando los minerales que conoce -- mos como mayores y menores y haciendo que estos mismos tengan reacciones químicas complejas para dar lugar a las arcillas -- en forma de silicatos, lo que hace que este coloide inorgáni -- co en la zona, de lugar a suelos de fertilidad media.

### 1.1.4. Clima.

Según la clasificación de Koppen modificada por García -- (12) el clima corresponde al tipo Aw1 (w) (1')g., que corres -- ponde a un clima más seco de los cálidos subhúmedos con llu -- vias en verano y un cociente P/T entre 43.2 y 55.3 y con poca oscilación entre 5° y 7°C. Este clima reúne las condiciones -- de temperatura y humedad para el cultivo del maíz.

#### 1.1.4.1. Precipitación.

La precipitación en esta zona según se puede apreciar -- en el Cuadro 1 el mes más seco tiene una precipitación de 13. 75 m.m. que corresponde al mes de Abril. El grueso de la pre -- cipitación ocurre de Junio a Septiembre con un sub-total de --

739.92 m.m. correspondiente al 77.02% con respecto a la anual.

#### 1.1.4.2. Evaporación.

La evaporación según el Cuadro 1 es más alta que la precipitación a partir del mes de noviembre y se acentúa hasta el mes de febrero, tomando en cuenta que las fechas de siembra -- son en junio y julio. El maíz sufre una poca de sequía en el mes de agosto denominada por los agricultores "calma de agos - to". Los que más sufren esta sequía son los agricultores que siembran en pendientes mayores del 10%.

#### 1.1.4.3. Temperaruras.

En el Cuadro 2 podemos apreciar los registros de las temperaturas máximas, mínimas y medias, así observamos que el mes de junio la máxima es de 35.75 la mínima de 18.82 y la media de 26.92 lo que permite una nacencia uniforme en este cultivo. En los meses de cosecha que ocurren en noviembre y diciembre - observamos que la temperatura desciende:

CUADRO. 1      PRECIPITACION Y EVAPORACION REGISTRADAS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE APAZAPAN EN UN PERIODO DE CATORCE AÑOS.

MESES DEL AÑO	PRECIPITACION ( mm )	%	EVAPORACION ( mm )	%
ENERO	16.59	1.74	92.45	5.54
FEBRERO	15.50	1.63	109.19	6.54
MARZO	10.52	1.07	159.53	9.56
ABRIL	13.75	1.44	179.00	10.73
MAYO	64.25	6.75	180.94	10.84
JUNIO	186.74	19.64	170.97	10.25
JULIO	176.51	18.56	162.22	9.72
AGOSTO	159.89	16.01	155.49	9.32
SEPTIEMBRE	216.78	22.71	142.22	8.52
OCTUBRE	47.80	5.02	126.05	7.55
NOVIEMBRE	21.30	2.24	104.30	6.25
DICIEMBRE	21.47	2.25	95.34	5.71
TOTALES	950.80	100.0	1667.70	100.0
PROMEDIO MENSUAL	79.23		139.80	

CUADRO. 2      TEMPERATURAS MEDIAS REGISTRADAS A LO LARGO DE -  
 CATORCE AÑOS EN LA ESTACION METEREOLÓGICA DE --  
 APAZAPAN, VER.

MESES DEL AÑO	TEMPERATURA (°C)		
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
ENERO	32.71	10.14	20.83
FEBRERO	34.28	11.21	20.37
MARZO	37.89	12.50	24.39
ABRIL	38.82	15.21	26.29
MAYO	39.17	17.75	27.60
JUNIO	35.75	18.82	26.92
JULIO	34.39	18.28	25.82
AGOSTO	33.85	19.42	25.69
SEPTIEMBRE	34.03	17.89	25.73
OCTUBRE	33.35	15.67	26.50
NOVIEMBRE	33.07	12.71	22.84
DICIEMBRE	32.07	12.00	21.22
TOTALES	419.38	181.60	294.20
PROMEDIOS MENSUALES	34.94	15.13	24.51

## 1.1.5. Vegetación.

El tipo de vegetación dominante es el que se clasifica como selva baja caducifolia (13,36) la cual se caracteriza por tener vegetación de tipo arbustivo espinoso con algunas cactáceas.

Algunas de las especies características de este tipo de vegetación, son las siguientes:

## ESTRATO ARBOREO

<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>NOMBRE COMUN</u>
Morus celtidifolia	Moral
Trichlia havanensis	Rama Tinaja
Eugenia jambos	Lele
Lysiloma acapulcensis	Tepeguaje
Trema micrantha	Ixpepel
Bauhinia variegata	Pata de cabra
Ipomen arborescens	Patancán
Acacia angustissima	Huizache
Styrax glabrescens	Zapotillo

## ESTRATO ARBUSTIVO

Calliaudna houstoni	Guajillo
Litsea glaucescens	Laurel
Piper auritum	Acuyo
Sambucus mexicana	Sauco

<i>Cridoscolas aconitifolias</i>	Mala mujer
<i>Datuna suaveoleus</i>	Floripondio
<i>Eupatorium daleoides</i>	Rosa blanca
<i>Acacia Sphaerocephala</i>	Cornizuelo
<i>Nopalea dejecta</i>	Nopal
<i>Agave lophantha var</i>	Ixtle

## ESTRATO HERBACEO

<i>Amaranthus spinosas L.</i>	Quelite
<i>Anoda cristata</i>	Pata de gallo
<i>Calea urticifolia</i>	Jarilla
<i>Calea zacatechichi</i>	Zacatechichi
<i>Campelia zonia</i>	Matlalin
<i>Clerodendrum</i>	Hierba hedionda
<i>Cammelina diffusa</i>	Matlali
<i>Cyrtomium remotesponum</i>	Helecho
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Epazote
<i>Desmodium affine</i>	Pega pega
<i>Erodium moranense</i>	Alfilerillo
<i>Lycopersicum escaletum</i>	Tomatillo
<i>Melampodium microcephallum</i>	Mozote
<i>Mimosa albida</i>	Vergonzosa
<i>Miriabilis jalapa</i>	Maravilla
<i>Ocimum micranthum</i>	albacar cimarrona
<i>Portulaca pilosa</i>	Verdolaga
<i>Rumex obtusifolius</i>	Lengua de vaca

Sida acuta	Lengua de vaca
Tarbixacum	Diente de león
Triumfetta lappula L.	Cadillo
Urera canacasana	Mal hombre

#### 1.1.6. Suelos.

Portilla en 1980 (28), clasificó a los suelos alrededor de Xalapa según los sistemas de clasificación de la FAO/UNESCO y 7a. aproximación. Apreciamos en la Fig. 2 que los suelos de la región de Apazapan son de tipo rendzina el cual se caracteriza debido a su elevado contenido de arcilla, son suelos de difícil manejo por su dureza sobre todo en condiciones de sequía.

Vásquez M.J.\* clasifica también a estos suelos como Rendzina que se desarrollan en zonas ó lugares donde hay una marcada precipitación durante el año generalmente menos de 1000 milímetros anuales y con un período muy marcado de sequía.

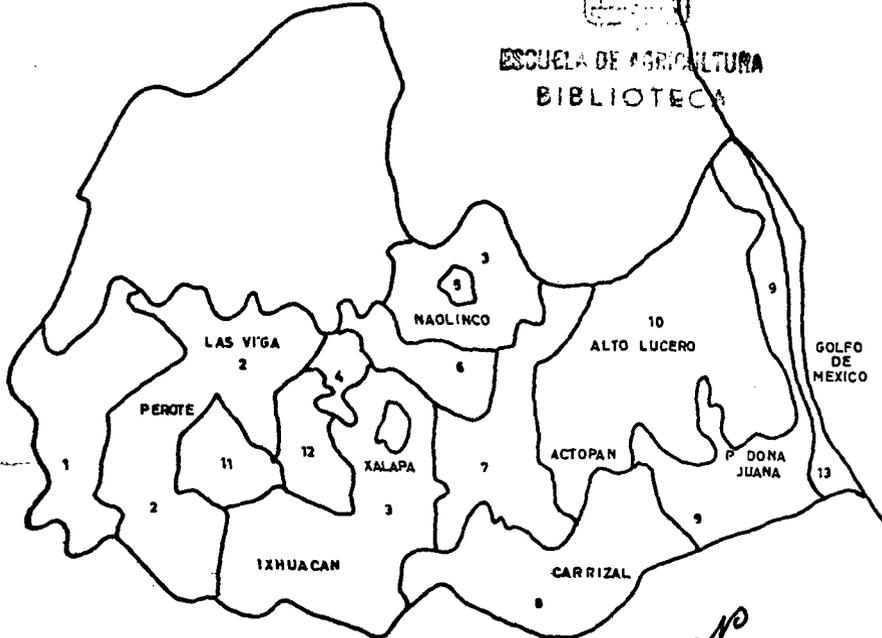
Por sus características físicas son suelos de color negro y grises; generalmente delgados que pueden tener un perfil blanquisco como subsuelo por las altas cantidades de carbonato de calcio y magnesio que contienen, lo que ocasiona que generalmente tengan un pH arriba de 8 es decir se trata de suelos alcalinos. En ocasiones el subsuelo está formado por toba volcánica de color blanco sucio que la gente de campo llama "tepetate" ó "Choy" esto hace que los suelos sean

---

\* Jefe del Laboratorio de Suelos de Agricultura del Estado en Xalapa, Ver. Comunicación personal.

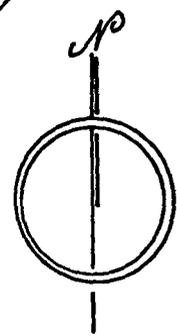


ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



TIPO DE SUELO

- 1. ALUVIAL - LITOSOL
- 2. REGOSOL
- 3. LATOSOL PARDO AMARILLO
- 4. ANDOSOL - LITOSOL
- 5. ANDOSOL - ACATLAN
- 6. ALUVIAL 2 LITOSOL
- 7. DURIPAN - TEPETATES
- 8. RENZINA - ALUVIAL - S
- 9. ALUVIAL - 17
- 10. PLANOSOL - COLUVIAL
- 11. RANKEO - REGOSOL
- 12. LATOSOL ROJO - LATOSOL PARDO AMARILLO
- 13. ARENOSOL



MAPA DE SUELOS DE LA REGION XALAPA SEGUN - FAO-UNESCO 1977 Y 7ª APROXIMACION U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 1960 FUENTE: PORTILLA 1980.

Fig. 2 Mapa de suelos.

muy difícil de mecanizar y por lo tanto sólo se trabaja en forma manual ó con yunta de bueyes y arado de vertedera.

El análisis físico-químico practicado en el sitio experimental, nos revela las siguientes propiedades: El contenido de arena es del 66%, el de limo de 24% y arcilla del 10% la Materia Orgánica es de 2.50% el rango de nitrógeno total es de 0.1253% y el pH de 6.6. Los contenidos de nutrientes asimilables son: para fósforo 6.25 Kg/Ha., para calcio 9500 Kg/Ha. para magnesio de 310 Kg/Ha. Estos valores corresponden a una profundidad de 0-30 cms.

## 1.2. Marco de Referencia Socio-económico.

### 1.2.1. Población.

En el censo de 1970 la población era de 3,230 habitantes estimándose para 1976 en 3428 y se calculaba para 1980 en 3,468 considerándose una tasa de crecimiento anual del 1% inferior a la media nacional.

El % de familias que saben leer es de 90% y el 10% de analfabetas, el 90% de las familias trabajan en el campo y el 10% son obreros.

La densidad de población promedio para la región es de 53 personas por kilómetro cuadrado que contrasta respecto al promedio nacional que es de 24.5 habitantes por kilómetro cuadrado.

### 1.2.2. Tenencia de la Tierra.

De las 2,300 Has. dedicadas al cultivo anual el 92.13% -  
de ellas son tierras ejidales (2120 Has.) mientras que 181 --  
Has. corresponde a pequeña propiedad.

### 1.2.3. Cultivos principales.

El área comprendida en este trabajo es de temporal el --  
100%, donde los cultivos principales son el maíz, frijol y --  
chile aunque estos dos últimos en proporción mínima.

El rendimiento medio de maíz que se tiene es de 1700 ---  
Kgs/Ha. mientras que para frijol es de 600 Kgs/Ha. y chile no  
hay reportes bien cuantificados.

### 1.3. Tecnología Tradicional de Producción.

Para conocer las prácticas de producción que los agricult  
tores realizan en la zona, se ha venido haciendo recorridos -  
en las parcelas de cada uno de ellos.

En la región, en forma general se distingue una sola con  
dición bajo la cual se produce maíz que es la de siembra de -  
temporal.

#### 1.3.1. Siembras de Temporal.

Estas siembras se efectúan cuando se inician las lluvias,  
esto ocurre en los meses de mayo, junio y julio, el período -  
que más utilizan es 1°. de Junio al 31 de Julio. La semilla -  
que utilizan para sembrar es un criollo blanco de buen tamaño  
que le llaman "Americano" y que está bien adaptado a la re --

gión, esta semilla la utilizan en un 70% ya que el resto se utiliza semilla híbrida H-507, H-503 ó la variedad V-524 --- "Tuxpeñito", dependiendo cual de estas se encuentre en el mercado.

La siembra la hacen en surcos aproximadamente de 80 a -- 90 cms. La densidad de población que usan, va de 25,000 a -- 40,000 plantas/ha. dependiendo del tipo de semilla que utilizan y si van o no a aplicar fertilizante. La mayor parte de los agricultores acostumbran fertilizar. La fertilización se realiza antes de la segunda labor a los 45 días después de la siembra. Por lo regular se acostumbra dar dos labores de cultivo que sirvan para eliminar las malezas, la primera de ellas la hacen con herbicida y la segunda manual cuando pasan la -- yunta para aporcar que ellos denominan "atierre". En lo que respecta a plagas y enfermedades no se consideran un problema principal ya que por medio de asistencia técnica solucionan -- inmediatamente su problema.

En el mes de octubre, cuando el maíz llega a la madurez fisiológica, doblan la planta para que más rápidamente seque el grano. Posteriormente en el mes de noviembre y diciembre se procede a la cosecha.

#### 1.4. El problema y su definición.

En México aproximadamente el 82% de la superficie labo -- rable del país son terrenos de temporal (15). Cerca del 80% -- de la población rural de México, que representa el 40% de la

población nacional, practica este tipo de agricultura (21). según Laird (21) el progreso lento de la agricultura de temporal en contraste con la agricultura de riego, se ha debido a varias razones: 1) La agricultura de temporal es fundamentalmente de subsistencia y los agricultores no tienen un incentivo económico para buscar mejores niveles de producción. 2) Estos agricultores tienen poca educación formal. 3) El tamaño de las parcelas en la agricultura de temporal es pequeño y la posibilidad de mecanización son muy limitadas. 4) Los agricultores de temporal tienen capital muy restringido y la mayor parte de ellos, solo podrían usar insumos caros como fertilizantes si existiera la posibilidad de crédito.

Por lo concerniente a los tres primeros puntos anteriores se observa que en la zona persisten esos problemas entre los agricultores de la región de estudio, pero en cuanto al último de ellos que se refiere al crédito se ha superado notablemente ya que el 50% de la superficie dedicada a maíz de temporal cuenta con crédito por parte de la banca oficial (Banco de Crédito Rural del Golfo).

Por otro lado el mismo autor (21) menciona que la agricultura de temporal en contraste con la de riego, los niveles de producción se pronostican con menor precisión debido a la variabilidad climática. Esto hace que los agricultores temporales no empleen insumos que requieran capital adicional por la incertidumbre respecto al resultado final.

En cuanto al aspecto de tecnología agrícola, el elemento

to principal para lograr un aumento en la productividad de -- los terrenos que se dediquen al cultivo del maíz es el uso de fertilizantes. (dosis, oportunidad, método y fuente). Aunque existen otros componentes como lo es la densidad de población -- el uso de variedades mejoradas, el control de insectos, etc.

La política de la distribución de los insumos (fertilizantes) por parte de la Banca Oficial es entregar el fertilizante necesario para lograr obtener el tratamiento 80-40-0 -- que corresponde al tratamiento que se distribuye nacionalmente al cultivo de maíz, no importando la fuente del fertilizante ya que entregan el que haya en existencia.

Debido a que en esta zona jamás se habían realizado trabajos de investigación de fertilización que apoyen al agricultor para mejorar sus rendimientos e ingresos netos por consiguiente, se propuso la realización de este trabajo de ensayos de fertilizantes en el cultivo del maíz.

### III. REVISION BIBLIOGRAFICA.

#### 1. Respuesta del Cultivo de Maíz a la fertilización.

El problema metodológico para determinar las dosis es -- muy complejo (22) y es una de las funciones más importantes -- de la experimentación agrícola, ya que con facilidad y constantemente cambian las respuestas de los cultivos a la aplicación de fertilizantes (20) debido a las fluctuaciones en la -- cantidad y distribución de la precipitación, presencia de -- vientos fuertes, heladas, granizo, etc.

En México, los métodos para diagnosticar las necesidades de fertilizantes se han utilizado diversos enfoques metodológicos que han servido para definir agrosistemas los cuales -- son: a) extrapolación de las experiencias de otras regiones. - b) Recomendaciones basadas en los análisis de suelos, c) --- agrupación indiscriminada. d) agrupación por agrosistemas. e) ecuación empírica generalizada y f) levantamiento fisiográfico.

En todos los casos excepto en (a) se conducen experimentos de campo en los que se prueban diferentes niveles de aplicación de los elementos minerales limitantes, y generalmente N y P calculándose la DOE con los rendimientos respectivos.

Puente et al (29) condujo veintiseis experimentos de productividad en el período de 1952 a 1956 en las regiones tropicales del Estado de Veracruz con el objeto de determinar las prácticas de fertilización más adecuadas y el número óptimo de plantas de maíz por hectárea capaces de producir altos rendimientos encontrando que en las localidades de San Rafael y Martínez de la Torre el TOE fué de 80-00-00 y para la localidad del campo Experimental Coatxtla fué de 60-00-00; la DOE para densidad de población fluctuó de 34,000 a 39,000 pts/ha. para niveles intermedios y altos de productividad respectivamente.

La densidad óptima de población, es decir el número de plantas por unidad de superficie, influye grandemente en la producción de maíz. La relación entre la densidad de pobla --

ción y el rendimiento, bajo condiciones diferentes de suelo, variedad y clima ha sido discutida por varios investigadores Krantz (17), Laird (18) y Miller (24). Para una variedad de maíz cultivado bajo condiciones determinadas de suelo y clima existe una densidad de población que produce un rendimiento mayor que cualquier otra. Esta densidad de población se llama densidad óptima de población. Con una densidad de población mayor que la óptima, por lo general se producen mazorcas de tamaño medio más pequeño y el rendimiento disminuye. Con una población de densidad más baja, por lo general se producen mazorcas de tamaño medio mayor y el rendimiento también disminuye.

Se ha demostrado que la densidad óptima de población -- para una determinada variedad de maíz, se incrementa al aumentar la productividad del suelo. (11) Por lo tanto para determinar la densidad óptima de población en un terreno determinado, hay que calcular el rendimiento que espera conseguir el agricultor, tomando en consideración las características del suelo, tratamiento de fertilizante que va a ser empleado y las prácticas de cultivo empleadas generalmente.

## 2. Procedimientos para determinar deficiencias nutritivas.

Hay dos procedimientos para determinar deficiencias nutritivas en los suelos: a) la medida directamente en el campo, de la respuesta del cultivo a las adiciones de elementos nutritivos y b) la estimación indirecta de las deficiencias del suelo, empleando los resultados de pruebas químicas ó --

biológicas efectuadas en muestras de suelo en cuestión.

El método de campo es lento y costoso, pero como han indicado Arvizu y Laird (1) es el único procedimiento confiable en ausencia de métodos indirectos que estén altamente correlacionados con los resultados de experiencias de campo del área de estudio.

Antes de tratar la interpretación de los datos de la respuesta a los fertilizantes y los factores limitantes de rendimiento en términos de recomendaciones de fertilizantes, es -- conveniente definir el concepto de sistema de producción. Un sistema de producción dado Baum (5) Jenny (16) y Laird (19), - se define como un medio ecológico determinado, dedicado a la producción de un cultivo específico, dentro del cual los respectivos factores exógenos de productividad (características - del suelo, planta, clima, manejo y tiempo que no son controla bles por el hombre) son de índole lo suficientemente uniforme para que pueda considerarse como componentes de una unidad ho mogenea. Dicho sistema generalmente se describe en términos - de una familia de funciones matemáticas de respuesta y sus -- respectivas probabilidades.

Las funciones de respuestas obtenidas en diferentes expe rimentos pueden emplearse como características diferenciales, que permiten determinar si los diferentes sitios experimenta les estudiados pertenecen o no a un mismo sistema de produc - ción. Si un cultivo específico se ha desarrollado bajo condi - ciones ecológicas cercanas a las óptimas en los diversos si --

tios, los máximos rendimientos obtenidos y de las pendientes de las curvas de rendimiento en puntos de las mismas que corresponden a idénticos valores de rendimientos determinados, deberán ser parecidos, en caso de que los sitios experimentales pertenezcan al mismo sistema de producción.

Si en contraste, el rendimiento fuera conducido apreciablemente por influencia de uno ó más de los factores de producción, la función obtenida bajo estas condiciones pueden corresponder a otro miembro de la familia de funciones de respuesta del mismo sistema de producción ó pertenecen a otro sistema de productividad diferente, Laird y Rodríguez (20).

La agricultura en México está dividida en dos enfoques: a) de gran visión y b) de pequeña visión o detalle.

La primera se refiere a aquellas áreas agrícolas homogéneas ecológicamente es decir, que no hay variabilidad grande en cuanto a clima, suelo y manejo, correspondiendo estas a las localidades al norte del país en las que cuentan con sistemas de riego, maquinaria e insumos (semilla mejorada, fertilizantes etc.) tipo revolución verde.

Y la segunda se refiere a áreas agrícolas con problemas edáficos, tenencia de tierra y de manejo, en donde la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes es muy variada. Estas áreas se encuentran bajo condiciones de temporal, generalmente de autoconsumo.

Volke y Villa (33) indican algunas de las características de la agricultura de temporal-subsistencia las cuales

son: a) bajo uso de insumos variables y bajos rendimientos en los cultivos; b) la presencia de riesgo de tipo climático para producir, debido principalmente a la escasez y deficiente-distribución de las lluvias, lo cual determina incertidumbre sobre los rendimientos de los cultivos; c) un predominio de agricultores pequeños y d) una parte importante de la producción agrícola se dedica al autoconsumo o subsistencia familiar.

### 3. Selección del Modelo para las Funciones de Respuesta a Fertilización.

La primera disyuntiva que se presenta en la selección de un modelo matemático para expresar datos de respuesta a fertilización es, si tal modelo debe ser discreto o continuo (Laird 23). Si se elige el modelo discreto, las comparaciones se hacen solamente entre los promedios de los tratamientos y el investigador escoge como dosis óptima una de las combinaciones de niveles de fertilizantes usada como tratamiento. Si se elige el modelo continuo los datos de rendimiento se usan para estimar los parámetros correspondientes a una ecuación matemática específica y se calculan las dosis óptimas de fertilizantes basándose en la función que resulta. El uso del modelo continuo ofrece varias ventajas, a saber: (a) puede aumentarse la precisión de estimación de los rendimientos producidos a diferentes niveles de fertilización, (b) la ecuación de predicción proporciona un medio apropiado para calcular la dosis óptima de fertilización, y (c) la experiencia en el uso de

fertilizantes, adquirida durante el período de varios años y expresada en forma de ecuaciones debe eventualmente ser de utilidad en la definición de la verdadera función de respuesta para sistemas de producción específica.

De éstos dos modelos para el presente estudio se escogería el primero denominado discreto.

4. Métodos para determinar las dosis óptimas económicas de tratamientos con fertilizantes.

El criterio económico más apropiado para generar tecnología agrícola sería el de "capital limitado" por lo menos para aquellos agricultores para quienes el cultivo de la tierra fuese una buena alternativa económica.

El criterio económico de "minimización de los costos para un nivel de producción determinado" sería apropiado para racionalizar la tecnología tradicional que usan aquellos agricultores que trabajan preferentemente fuera de la finca y en ella producen básicamente a un nivel subsistencia, al menos en forma provisional, mientras la actividad agrícola en sus fincas llegue a ser competitiva para ellos.

Aveldaño y Volke (3) compararon cuatro métodos para estimar dosis económicas de fertilizantes, los cuales fueron los siguientes: 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).

El primero consiste básicamente en un análisis económico que aplica diferentes conceptos de marginalidad, resulta útil cuando la interpretación de los experimentos no se puede hacer de una manera gráfica. Es útil cuando el espacio de exploración es reducido y la matriz utilizada es eficiente respecto al sesgo.

El segundo método fué propuesto por Laird en 1976. Es una combinación del método de Perrin et al y el gráfico. Laird propone usar toda la metodología del análisis económico marginal de Perrin et al para todos los tratamientos del experimento, con la finalidad de encontrar el que tenga mayor tasa de retorno marginal (TRM).

El tratamiento seleccionado servirá para escoger la causa donde se determinará las dosis óptimas económicas (DOE). Después éstas se comparan con las tasas de retorno mínimo esperadas (TRME) las cuales son fijadas por el investigador de acuerdo a las condiciones económicas de la región bajo estudio.

De esta manera el tratamiento seleccionado será aquel cuya tasa marginal sea la mayor y sobre pase el valor definido.

Finalmente, para la interpretación gráfica se calcularán las relaciones costo del insumo/valor del producto para tasa de retorno marginal de los factores de estudio.

El tercer método gráfico modificado por Turrent analizará los efectos factorial totales determinados si existe signifi-

cancia para los mismos y luego pasa al método gráfico que determina la dosis óptima económica (DOE) por medio de la construcción del triángulo constituido por la relación costo del insumo/valor del producto. Este método aumenta la precisión de la estimación de la DOE y se utiliza principalmente cuando no se tiene acceso a computadora.

Por último el método de Stepwise Martínez Garza consiste en seleccionar un modelo de regresión partiendo de un modelo completo que puede ser cuadrático, o raíz cuadrada, o bien -- uno mixto.

Se selecciona utilizando la regla D'Amico, que consiste en considerar todas las combinaciones de exponentes cuadráticos y de raíz cuadrada de los factores en estudio o de estos modelos se selecciona el mejor y se toma como base la raíz -- cuadrada, la suma de cuadrados de residuales y los signos de los coeficientes de regresión que estiman el efecto de cada variable. Posteriormente se selecciona el modelo final reducido mediante un proceso de selección de variables, con una presión de entrada de 20% y 10% de permanencia.

Una vez que se ha seleccionado el modelo mediante la técnica de regresión por pasos (Stepwise) se procede a estimar la DOE mediante el empleo de la técnica propuesta por Martínez Garza en 1972, que consiste en buscar dentro de todo el espacio de exploración el punto que representa el mayor ingreso neto. Esta exploración generalmente se realiza de 5 en 5 kg. El tratamiento que resulte con el mayor ingreso neto, es-

el que se define como la DOE de capital ilimitado.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## OBJETIVOS.

Los objetivos del presente trabajo son:

- 1.- Obtener las dosis óptimas económicas (DOE) de fertilizante nitrogenado y fosfórico para el cultivo del maíz.
- 2.- Usar el criterio económico en la aplicación de fertilizantes utilizando el método de Perrin et al.

## HIPOTESIS.

Para alcanzar los objetivos arriba mencionados se plantearon las siguientes hipótesis:

- 1.- Las dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica aplicadas por el productor de maíz en la región son manejadas a un nivel subóptimo.
- 2.- Los ingresos del agricultor de la región aumentarán al aplicar el Tratamiento Optimo Económico generado por el método de Perrin et al.

## SUPUESTOS.

- 1.- La variedad de maíz criollo está perfectamente adaptada a la región, ya que los híbridos no se han adaptado a las condiciones de la misma, pero cualquier variación de clima ó manejo de cultivo puede modificar la respuesta a la fer-

tilización.

- 2.- Las dosis óptimas económicas de fertilizante nitrogenado y fosfórico estarán dentro del espacio de exploración utilizados.

## V. MATERIALES Y METODOS.

### 1. Experimentación desarrollada en campo.

Para lograr los objetivos y comprobar la hipótesis planteada fué necesario llevar a cabo el experimento de campo. Se hace notar que de acuerdo a las posibilidades con que se contaron nada más se pudo hacer un solo experimento, de antemano sabemos que con la información que se obtuvo en un solo sitio, para un solo año es mejor que nada, pero no es suficiente, incluso cuando se espéra formular recomendaciones para el predio donde se llevó a cabo el experimento, pero posteriormente se seguirá trabajando sobre este estudio tan importante.

El estudio del presente escrito se llevó a cabo en el Municipio de Apazapan, Ver., en la cabecera municipal de este lugar llamado Apazapan (Fig.3) en el mes de junio de 1981 que corresponde al inicio del Temporal en esta región. Este municipio está localizado dentro del área de influencia del distrito Agropecuario y Forestal de Temporal No. 1 en el Área Técnica No. 13.

La principal razón de establecer un experimento de fertilización en el cultivo del maíz en esta zona, es que casi el-

DISTRITO AGROPECUARIO Y FORESTAL DE TEMPORAL NUM.1  
MPIO. DE APAZAPAN, VER.

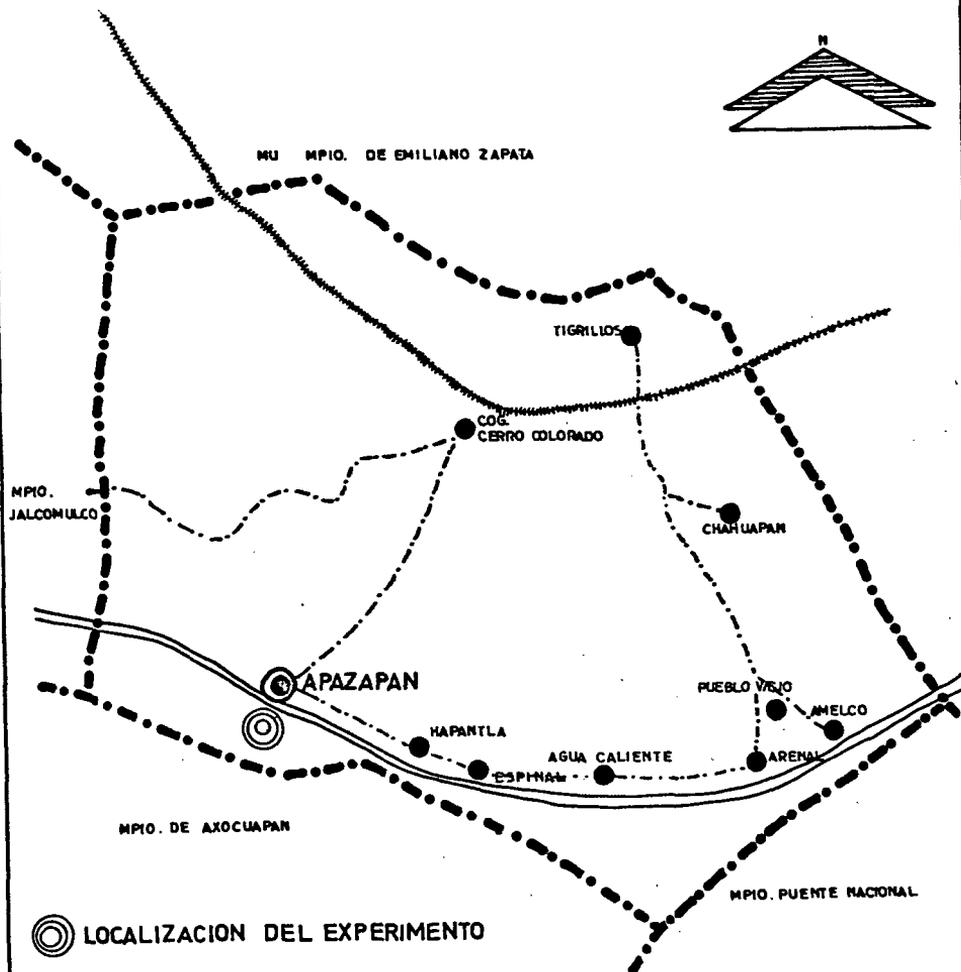


Fig. 3 Localización del experimento.

100% de sus habitantes se dedican a este cultivo y para contar con un trabajo de investigación de este tipo para la región.

Por medio de muestreos directos de cosechas y encuestas se obtuvo información detallada de los patrones anuales de cultivo y su tecnología de producción además de algunos factores que estarían afectando el rendimiento (en especial niveles de fertilización óptimas).

## 2. Factores de estudio y espacio de exploración.

El trabajo comprende el establecimiento de un experimento basado en probar diferentes niveles de aplicación de nitrógeno y fósforo en un solo sitio representativo del área maicera de la región.

Los niveles y unidades de cada factor de estudio se especifican a continuación:

### NIVELES Y UNIDADES DE LOS FACTORES A ESTUDIAR

FACTORES	NIVELES	UNIDADES
Nitrógeno	0-120	KgN/Ha
Fósforo	0- 60	KgP/Ha
Densidad de Población.	41,000	Plantas/Ha.

## 3. Diseño experimental.

El diseño experimental que se utilizó fué el de bloques -

al azar con cuatro repeticiones, el tamaño total de la parcela fué de 4 surcos por 8 metros de largo.

Los tratamientos utilizados fueron 11 más un testigo absoluto (0 N, 0 P, 0 K) Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, la densidad de población de maíz fué de 41,000 plantas/Ha., manteniéndose constante en todos los tratamientos -- (veáse cuadro 2.1.).

El tamaño de la parcela útil cosechada consistió de 2 -- surcos centrales eliminando los surcos de la orilla y 50 centímetros de las cabeceras.

#### 4. Muestreo de suelos y análisis de laboratorio.

En el lugar donde se llevó a cabo el experimento se co - lectó una muestra de suelo de 0-30 cms. que provenía de va -- rias muestras tomadas del terreno en zig - zag., para después juntarlas y mandarlas al laboratorio.

Las variables que se midieron en el sitio experimental -- así como los métodos de obtención analizados en el laborato - rio de suelos de Agricultura del Edo. de Veracruz fueron los siguientes:

- a) Propiedades físicas del suelo % textura (% de arena y arci lla) método hidrómetro de Boyoucos (6) color (en húmedo y seco).
- b) Propiedades químicas del suelo: El pH se obtuvo por el mé - todo electrométrico utilizando el potenciómetro Beckman en

CUADRO 2.1.- DISEÑO DE TRATAMIENTOS.

No.	N Kg/Ha.	P Kg/Ha.	D.P. Pt/Ha.
1	120	60	41,000
2	80	40	.
3	100	40	.
4	120	40	.
5	100	60	.
6	40	20	.
7	80	00	.
8	80	20	.
9	100	30	.
10	120	20	.
11	140	60	.
12	0	0	.

una suspensión del suelo con relación agua: suelo 2:1. (29);  
Materia Orgánica se determinó por el método de Walkley y --  
Black (34).

- c) Morfología del suelo: profundidad del suelo (cms) utilizando un barreno y haciendo los muestreos en zig - zag, pendiente está fué en % y se utilizó un nivel de mano.
- d) Clima: precipitación (mm).
- e) Manejo: fechas de siembra.

El nitrógeno total se cuantificó por el método de --- Kjeldhal (4).

Para la determinación del fósforo se utilizó el método de Peech y el de Carolina del Norte (8).

El potasio, calcio y magnesio se cuantificaron por me - dio del espectrofotómetro de absorción atómica de Bechman, - extrayendo el K, Ca y Mg. con acetato de Amonio 0.1 N con -- pH=7, haciéndose en este extracto la lectura con el aparato de absorción atómica.

Para el color, se saco por comparación de muestras de - suelos en húmedo y en seco por medio de las tablas de color - ó de Munsell (25).

##### 5. Siembra y conducción del experimento.

La siembra del experimento se realizó de acuerdo a las - fechas tradicionales de los agricultores de la región que -- fluctúa del primero de junio al 31 de julio. En este trabajo se sembró el 27 de junio a "espeque" ya que el terreno se en - contraba con buena humedad. La semilla que se utilizó fué -- criolla seleccionada y desinfectada de la región denominada "Americana" que se sembró depositando 3 granos por golpe a - una distancia de 60 centímetros entre matas y de 80 cms., en - tre surcos.

Para la fertilización se utilizó como fuente de nitróge - no la Urea 46% N. y como fósforo el difosfato diamónico --- (18-46-0), la aplicación de estos fertilizantes se hizo depo

sitando todo el 18-46-00 y el 50% de la urea al momento de la siembra y el resto del nitrógeno en el aporque ó "atierre" -- aproximadamente a los 40 días posteriores a la siembra. El agricultor realizó las labores posteriores a la siembra ó -- "limpias".

Durante el ciclo de desarrollo del experimento se visitó regularmente la parcela y se tomaron datos sobre los siguientes factores: 1) Fechas de siembra y cosecha; 2) Fecha de labores culturales; 3) Momentos fenológicos; 4) Respuesta vegetativa a los tratamientos de fertilización; 5) Daños de vientos fuertes e infestación de malezas e insectos; 6) Variedad empleada; 7) Profundidad del suelo; 8) Altura sobre el nivel del mar; 9) Sequía; 10) Pendiente.

Para la cosecha del maíz se pesaron las mazorcas de las cuales se tomaron muestras para la determinación del porcentaje de grano y humedad del mismo. Se cuantificó también el número de mazorcas perdidas, matas y plantas cosechadas, plantas estériles, porcentaje de pudrición, daños por insectos y fallas en la polinización.

El rendimiento del maíz fué ajustado al 14% de humedad del grano y expresado en rendimiento comercial. (al rendimiento experimental se le multiplicó por el factor de conversión-0.8).

## 6. Análisis estadístico de los experimentos de campo.

### 6.1. Análisis de varianza.

El rendimiento experimental de maíz en grano limpio y al 14% de humedad se le practicó el análisis de varianza con el fin de conocer la significancia de las repeticiones y de los tratamientos, así como la variación aleatoria de los datos -- de rendimiento (Cuadrado medio del error experimental).

#### 6.2. Análisis económico para determinar el tratamiento.

Según el análisis de varianza (Cuadro 7) observamos que no hay significancia para tratamientos pero revisando los rendimientos medios de maíz se nota que hay variación en los mismos, si transformamos los rendimientos en ingresos posiblemente se encuentre algún tratamiento que sea atractivo para el agricultor siendo esto el objetivo del análisis económico.

Después de conocer los efectos significativos para repeticiones y tratamientos se procedió a realizar el análisis -- económico por el método de evaluación económica de Perrin et al para determinar el máximo ingreso neto y la máxima tasa de retorno de capital variable y así obtener los tratamientos óptimos económicos para capital ilimitado.

##### 6.2.1. Costos de los insumos variables.

Los costos de los insumos variables considerados en la presente investigación (fertilizante nitrogenado, fosfatado y semilla de maíz criolla), corresponden en el caso de los fertilizantes a los más usados en la región que son urea (46-00-00) y el fosfato diamónico (18-46-0) y a la semilla de maíz criolla que es la que más utiliza el agricultor.

Los precios de los fertilizantes se dan el cuadro 3 dados por Fertiver a los cuales se les restará un 30% de descuento por concepto de la política del Sistema Alimentario Mexicano (SAM).

Los costos reales por unidad de nitrógeno y fósforo se obtuvieron sumando los precios de mercado de los insumos, costo de transporte, costo de aplicación, costo de interés bancario del fertilizante nitrogenado y fosfórico y el costo del seguro agrícola. El costo del transporte por tonelada fué de \$250.00.

Para obtener el costo de aplicación de los fertilizantes se partió de las consideraciones siguientes: una persona aplica 150 Kg. de fertilizante por día y de que el costo de mano de obra del jornal es de \$200.00, se calcularon los siguientes costos de aplicación de los fertilizantes: Nitrógeno en forma de urea y fósforo del fosfato diamónico (18-46-0) fué de 2.90 para ambos.

CUADRO 3.- PRECIO DE MERCADO DE LOS PRODUCTOS.

FUENTE	CONCENTRACION	PRECIO POR TON. \$ M.N	PRECIO POR UNIDAD \$ M.N
Urea	46 % de N.	4,539.0	9.87
18-46-0	(18-46-0)	6,509.0	10.17
Maíz criollo		8,850.0	8.85

NOTA: No tienen el 30% de descuento del S.A.M.

El costo de los intereses bancarios sobre el crédito se estima en un 12% y el del seguro agrícola en un 3% ambos debido al objetivo del Sistema Alimentario Mexicano (S.A.M.).

A partir de la información anterior se calcularon los costos reales de los insumos variables, nitrógeno y fósforo que se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO 4. COSTOS REALES ESTIMADOS PARA NITROGENO Y FOSFORO-POR KILOGRAMO Y FUENTE.

	N	P
	UREA	18-46-0
Precio de mercado*	6.91	7.12
Costo de transporte	0.25	0.25
Costo de aplicación	2.90	2.90
Costo de interés bancario (12%).	0.83	0.85
Costo del seguro agrícola (3%).	0.20	0.21
Costo Real total de 1 Kg. (\$).	11.10	11.33

\* Se hace notar que el precio de mercado ya lleva el 30% de descuento del Sistema Alimentario Mexicano (SAM).

El precio de garantía del maíz a partir del 17 de junio de 1982 fué de 8,850 la tonelada; sin embargo los costos de cosecha, desgranado, encostalado y transporte deben ser deducidos del valor del producto en el mercado, por lo que el precio neto del producto (maíz) por kilogramo será como sigue: (véase Cuadro 5).

CUADRO 5.- PRECIO NETO DE 1 KILOGRAMO DE MAIZ.

C O N C E P T O.	PRECIO/Kg. DE MAIZ
Precio de garantía.	\$ 8.85
COSTOS:	
Cosecha (3 días-hombre/Ton.)	0.60
Transporte a la casa (1 día-hombre/ /Ton.).	0.20
Desgranar olote (3 días-hombre/Ton.)	0.60
Encostalado (0.5 día-hombre/Ton.)	0.10
Costos reales.	1.50
<b>PRECIO NETO REAL</b>	<b>7.35</b>

FUENTE: Volke (1977).

Jornal de \$200.00

### 6.3. Cálculo de los tratamientos óptimos económicos.

Una de las principales funciones de los especialistas en productividad de agrosistemas es generar recomendaciones de prácticas mejoradas mediante el estudio integrado de los factores de la producción agrícola. Tales recomendaciones deben ser adecuadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas del agricultor. La elección de una recomendación, por parte del agricultor de subsistencia que siembra bajo condiciones de temporal, implica mayor responsabilidad del técnico, dado que si se genera una recomendación sesgada aumenta el riesgo de producción de este tipo de agricultura.

Diversos investigadores han buscado metodologías que les permitan generar prácticas de producción óptimas con un alto grado de confiabilidad. Ellos han tomado en cuenta el nivel económico y las metas de producción de los agricultores, dado que un óptimo económico de fertilizantes difiere entre la agricultura de tipo comercial y la de subsistencia.

Algunos de los métodos utilizados para estimar dosis óptimas económicas (DOE) han sido los siguientes: Método de Evaluación Económica de Perrin; Método de Evaluación Económica, modificado por Laird; Método Gráfico Modificado; Método propuesto por Martínez Garza; Método Matemático y Método Gráfico.

El método que se utilizó en este trabajo fué el primero "Evaluación Económica de Perrin et al" debido a que los tratamientos estudiados no se pueden graficar.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 1. Rendimientos medios de maíz de los tratamientos del experimento.

Los rendimientos comerciales de maíz de los tratamientos se pueden apreciar en el Cuadro 6 observando que los rendimientos mayores fueron 80-40-0 y 120-60-0 con 3.35 y 3.26 Ton/Ha. respectivamente.

Por otro lado comparando el rendimiento mayor de estos dos tratamientos 80-40-0 y 120-60-0 con el testigo absoluto

2.70 Ton/ha. observamos que hay una diferencia de 0.65 Ton/ha. para el primero y 0.56 Ton/ha. para el segundo, observando -- también que no hay una diferencia muy marcada entre uno y -- otro siendo que el segundo (120-60-0) es un tratamiento que - lleva 40 unidades más de nitrógeno y 20 más de fósforo que el primero por lo que se ve que el cultivo ya no responde a do - sis más altas de nitrógeno y fósforo.

En cuanto a los rendimientos más bajos que presentaron - los tratamientos 140-60-0 y 120-20-0 con un rendimiento de -- 1.46 Ton/ha. y 1.81 Ton/ha. respectivamente. Se observará que hay una diferencia negativa hacia el testigo absoluto de me - nos 1.24 Ton/ha. y 0.89 Ton/ha.

CUADRO 6.- RENDIMIENTOS MEDIOS DE MAIZ EN GRANO

TRATAMIENTOS N P K Kg/Ha.	DENSIDAD DE POBLACION.. PLANTAS/Ha.	RENDIMIENTO TON/Ha.
120 -60 - 0	41,000	3.26
80 -40 - 0	41,000	3.35
100 -40 - 0	41,000	1.88
120 -40 - 0	41,000	2.26
100 -60 - 0	41,000	2.50
40 -20 - 0	41,000	2.90
80 -00 - 0	41,000	3.00
100 -30 - 0	41,000	2.22
120 -20 - 0	41,000	1.81
140 -60 - 0	41,000	1.46
0 - 0 - 0	41,000	2.70

## 2. Análisis de varianza.

El análisis de varianza nos está indicando que no hubo significancia para las repeticiones, esto quiere decir que -- hubo un buen bloqueo en la heterogeneidad del suelo. Tampoco bajo significancia para los tratamientos o sea que estadísticamente todos los tratamientos son iguales y que en este caso el agricultor puede o no fertilizar. (Cuadro 7).

CUADRO 7.- ANALISIS DE VARIACION DE LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ.

FACTOR DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS.	CUADRA DOS MEDIOS.	F.CALCULADA.	FT	
					0.05	0.01
Repeticiones	3	12.23	4.0767	2.40 NS*	2.90	4.46
Tratamientos	11	15.91	1.4464	0.85 NS*	2.10	2.86
Error Experimental.	33	55.90	1.6939			
Totales:	47	84.04				

$$CV = (S/7) \times 100 = \%$$

\* NS = No significativo.

$$DMS_{5\%} = t \frac{2CM_{error}}{r}$$

## 3. Determinación del tratamiento óptimo económico para capital ilimitado (TOECI).

Para obtener el TOECI se utilizó el método de Perrin et al el cual consiste básicamente en un análisis económico que aplica diferentes conceptos de marginalidad. Los incrementos-

se calculan en relación al tratamiento inferior en beneficio neto. Fué propuesto por Perrin et al (27) en 1976. El método consiste en lo siguiente:

1. Principalmente se hace un presupuesto parcial de los da - tos medios de los tratamientos cuadro 8. Para ello se cal - cula el beneficio neto (BN) de cada uno de ellos, que con - siste en restar a los beneficios brutos los costos varia - bles (CV). Se ordenan los tratamientos en orden decrecien - te, en cuanto a beneficios netos, utilizando todos los -- tratamientos de la matriz experimental incluyendo al tes - tigo.
2. En este listado se realiza un análisis de dominancia, el - cual consiste en tomar el tratamiento de mayor BN y compa - rar su CV con el inmediato inferior; si los CV del inne - diato inferior son mayores, éste será un tratamiento "do - minado". Se recorre el listado hacía abajo hasta encon - trar un tratamiento que tenga un menor CV que el de la -- referencia (el de mayor BN), y éste se compara con el tra - tamiento con el cual se va a comparar el resto de los tra - tamientos (Cuadro 9). Finalmente los tratamientos que no - hayan sido dominados serán los que entren en la siguiente etapa. Estos datos se pueden expresar gráficamente, tal - como se observa en la Figura 4.
3. Análisis marginal. Este se realiza con los tratamientos - que no fueron dominados. Los tratamientos se enlistan en - orden decreciente de beneficios netos, incluyendo al tes - tigo.

CUADRO 8.- LISTA DE TRATAMIENTOS, CON SUS DENSIDADES DE POBLACION, RENDIMIENTOS MEDIOS, COSTOS VARIABLES Y BENEFICIOS NETOS.

NUM DEL TRA TAMIENTO.	TRATAMIENTOS			DENSIDAD DE POBLA CION. Miles pt/ha	RENDIMIENTOS MEDIOS kg/ha	COSTOS VARIABLES pesos/ha.	BENEFICIOS NETOS pesos/ha.
	N	P	K				
1	120	60	0	41	3,260	2,011.80	21,949.20
2	80	40	0	41	3,350	1,341.20	23,281.30
3	100	40	0	41	1,880	1,563.20	12,254.80
4	120	40	0	41	2,260	1,785.20	14,825.80
5	100	60	0	41	2,500	1,789.80	16,585.20
6	40	20	0	41	2,900	670.60	26,644.40
7	80	0	0	41	3,000	888.00	21,162.00
8	80	20	0	41	2,920	1,114.60	20,347.40
9	100	30	0	41	2,220	1,449.90	14,867.10
10	120	20	0	41	1,810	1,558.60	11,744.90
11	140	60	0	41	1,460	2,233.80	8,497.20
12	0	0	0	41	2,700	0	19,845.00

\* Los costos variables resultan del costo real del N y P/Kg. de N y P/ha.

\*\* Los beneficios netos resultan del precio neto del maíz/rendimiento medio menos los costos variables.

CUADRO 9.- LISTA DE TRATAMIENTOS ORDENADOS DE MAYOR A MENOR BENEFICIO NETO. ANALISIS DE DOMINANCIA.

NUMERO DE TRATAMIENTO.	N P K			DENSIDAD DE POBLACION. miles Pt/ha.	BENEFICIO NETO pesos/ha	COSTOS VARIABLES. pesos/ha
	Kg/ha					
2	80	40	0	41	23,281.30	1,341.20/
1	120	60	0	41	21,949.20	2,011.80*
7	80	0	0	41	21,162.00	888.00/
6	40	20	0	41	20,644.40	670.60/
8	80	20	0	41	20,347.40	1,114.60*
12	0	0	0	41	19,845.00	0 /
5	100	60	0	41	16,585.20	1,789.80*
9	100	30	0	41	14,867.10	1,449.90*
4	120	40	0	41	14,825.80	1,785.20*
3	100	40	0	41	12,254.80	1,563.20*
10	120	20	0	41	11,744.90	1,558.60*
11	140	60	0	41	8,497.20	2,233.80*

\* Tratamientos dominados.

/ Tratamientos dominantes.

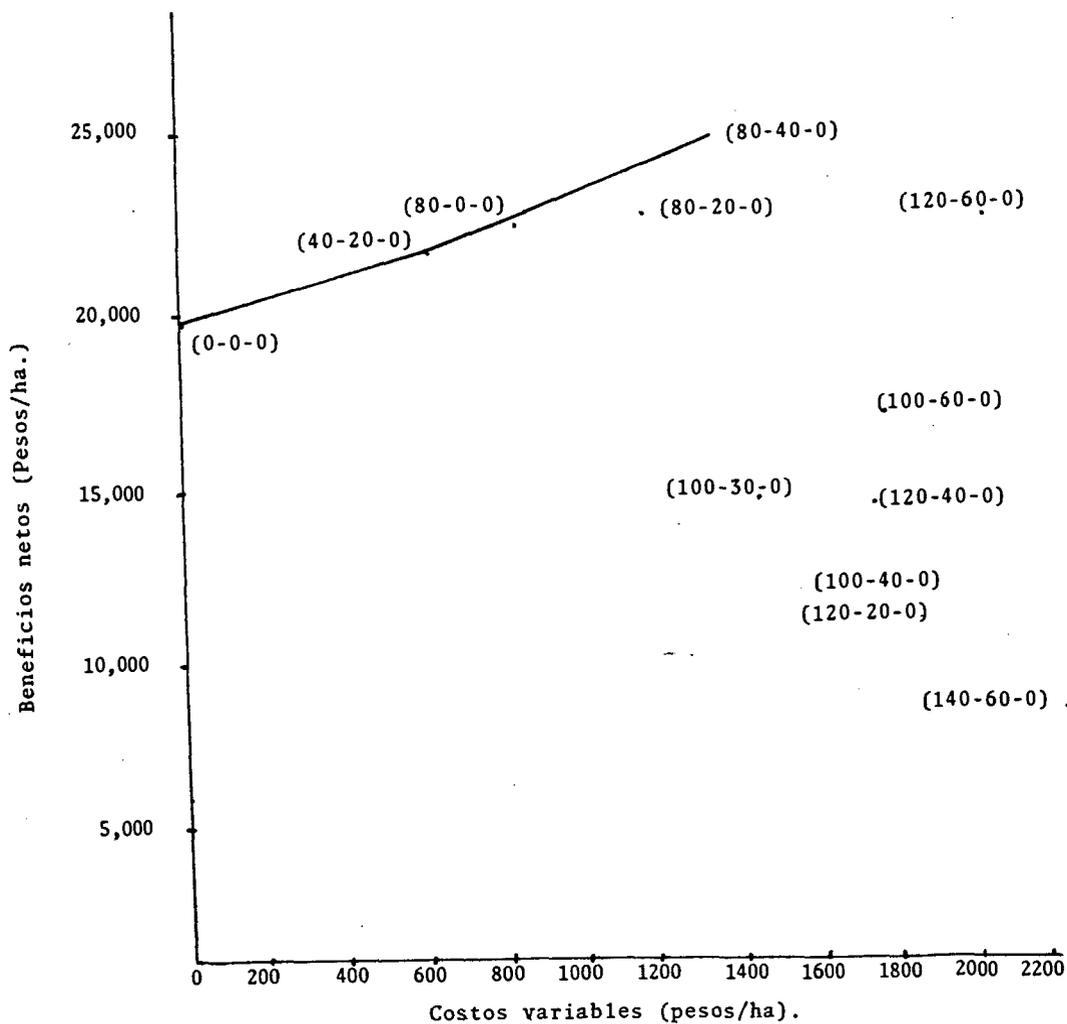


Figura 4. Curva de beneficios netos máximos como función de los costos variables para el experimento de fertilización (los números entre paréntesis representan Kg/ha. de nitrógeno, y fósforo (18-46-0)).

tigo Cuadro 10. Se procede después a estimar el incremento marginal en beneficio neto (IMBN), que en el trabajo - para el primer caso sería de 797.40 pesos el cual se calcula de la siguiente manera: se resta el BN del tratamiento en cuestión del tratamiento próximo inferior:  $(20,644.40 - 19,847.0 = \$ 797.40)$  (IMBN). Se procede de la misma manera para el resto de los tratamientos dominados. Para obtener el incremento marginal en costos variables (IMCV), - se procede de la misma manera  $(670.60 - 0 = \$ 670.60)$ ; para el siguiente tratamiento se tendrá  $888 - 670.40 = \$ 217.40$  y así sucesivamente hasta llegar al tratamiento superior). - Una vez que se tienen las dos columnas se procede a obtener la tasa de retorno marginal que es igual a  $IMBN/IMCV$ ; para el caso de mi trabajo se tendrá  $2,119.30/453.20 = 4.68$  ó 468%.

4. Enseguida de acuerdo a Perrin et al, se procede a fijar - una tasa de retorno marginal (TRM) "mínima", que el investigador en esta caso yo, fijare de acuerdo a las condiciones económicas de la región. A partir de dicha tasa de -- justifica para un agricultor invertir en la compra de insumos. En este trabajo se utiliza una TRM de 25% según -- Aveidaño y Volke (3).
5. El tratamiento que tenga el mayor BN y que sobrepase la - TRM esperada será el tratamiento óptimo económico (TOE) - para capital ilimitado. En este trabajo se puede observar que el tratamiento fué el 80-40-0 (Kg/ha. de Nitrógeno y-

CUADRO 10.- ANALISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS NO DOMINADOS.

NUMERO	TRATAMIENTOS			D.P.	B.N.	C.V.	I.B.N.*	I.M.C.V.**	TASA DE- RETORNO- MARGINAL
	N	P	K						
	(Kg/ha.)			(miles pt/ ha.)	(pesos/ ha.)	(pesos/ ha.)	(pesos/ ha.)	(pesos/ ha.)	%
2 +	80	40	0	41	23,281.30	1,341.2	2,119.3	453.20	468
7	80	00	0	41	21,162.00	888.0	517.60	217.40	238
6	40	20	0	41	20,644.40	670.60	797.40	670.60	190
12	0	0	0	41	19,847.00	0	--	--	--

\* IMBN = Incremento marginal en beneficio neto.

\*\* IMCV = Incremento marginal en costos variables.

+ TOECI = Tratamiento óptimo económico para capital ilimitado.

Fósforo).

#### 4. Discusión de resultados.

##### 4.1. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de Nitrógeno.

Para poder apreciar la respuesta del cultivo a la aplicación del nitrógeno escogieron 10 tratamientos en cuatro grupos en presencia de bajas y altas dosis de fósforo. Dichas respuestas las podemos apreciar en las siguientes figuras:

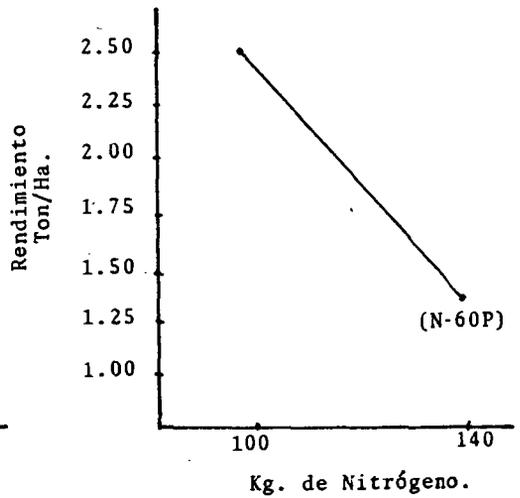
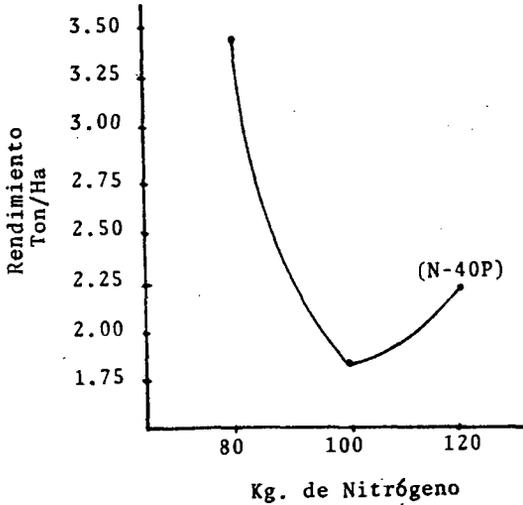
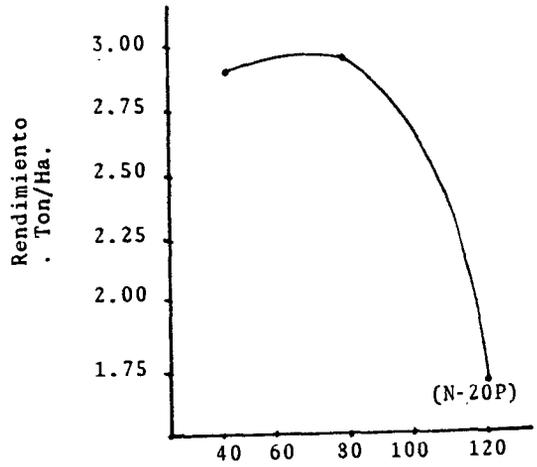
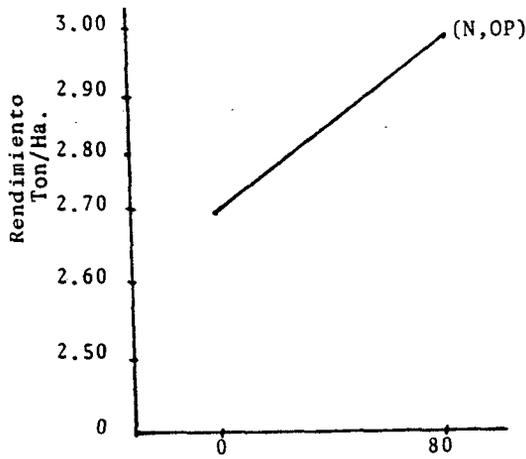


Figura 5. Curvas de respuesta del cultivo de maíz a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado.

Se aprecia que en forma general en la figura 5., el cultivo de maíz responde a las aplicaciones de nitrógeno; obteniendo los rendimientos más altos a la aplicación de 80 kilogramos de nitrógeno por hectárea y que el cultivo sufre un decremento en el rendimiento cuando rebasa a esta dosis.

#### 4.2. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de fósforo -- ro.

Para apreciar la respuesta del cultivo a la aplicación -- del fósforo se tomaron en consideración 6 tratamientos para ha cer dos grupos sobre curvas de respuesta. Estas respuestas se aprecian en las siguientes figuras:

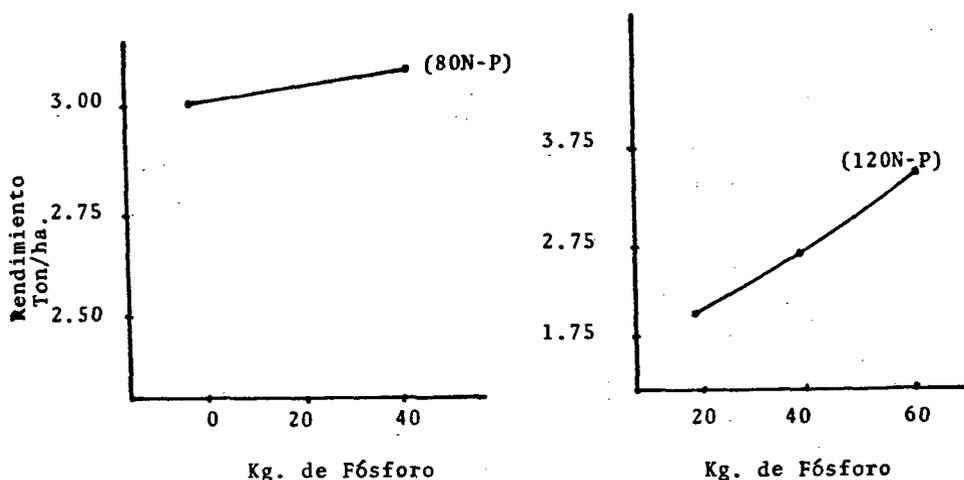


Figura 6. Curvas de respuesta del cultivo de maíz a las aplicaciones de fertilizante fosfórico.

En las dos gráficas de la figura 6 nos está indicando que los niveles estudiados para fósforo fueron insuficientes para detectar la máxima respuesta del cultivo de maíz a este nutrimento, ya que a medida que se adicionan mayores cantidades de fósforo, el rendimiento aumenta. En este caso para el presente estudio las dosis óptimas de respuesta fueron: utilizando 80 Kg. de N en forma constante el máximo rendimiento del cultivo del maíz en presencia de 40 Kg. de fósforo/ha. fué de 3.35 ton/ha. En cambio utilizando 120 kg. de N. en forma constante el máximo rendimiento de maíz en presencia de 60 Kg. de P/ha. fué de 3.26 ton/ha.

#### 4.3. El tratamiento óptimo económico para capital ilimitado (TOECI).

De acuerdo al análisis marginal de los tratamientos no dominados Cuadro el tratamiento óptimo económico para capital ilimitado (TOECI) correspondió al tratamiento 80-40-0 con un beneficio neto de \$ 23,281.30 por hectárea y una tasa de retorno marginal de 468% muy superiores a los tratamientos más cercanos en estos datos. Esta tasa de retorno es adecuada para garantizar la inversión del agricultor.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En relación con los objetivos de la presente investigación:

De acuerdo con los objetivos planteados de obtener las dosis óptimas de fertilizantes nitrogenado y fosfórico y de usar el criterio económico en la aplicación de fertilizante-- si cumplió ya que se obtuvo que la dosis óptima económica fué la 80-40-0 teniendo un rendimiento de 3.35 ton/ha.

En relación a la hipótesis:

- 1.- Las dosis de fertilización (N y P) de acuerdo con el estudio si son manejadas a nivel sub-óptimo ya que ellos no utilizan la cantidad adecuada de fertilizantes para el cultivo del maíz y además no se aplican en el momento oportuno dichos productos.
- 2.- Que efectivamente si se aumentaran los ingresos del agricultor de la región utilizando el TOE generado por Perrin et al ya que se obtuvo un beneficio neto de 23,281.30 pesos/ha.

En cuanto a los supuestos:

- 1.- El genotipo de maíz criollo está bien adaptado a las condiciones ecológicas de la región dado que rindió 3.35 ton/ha superior a la media de la región que es de 2.0 ton/ha. Por lo que respecta a la DOE de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos están dentro del espacio de exploración-- utilizados.
- 3.- Como recomendación general se debe tomar este trabajo como punto de partida para próximas investigaciones debido--

a la variación de sitios que existen en la región ya que como se mencionó al iniciar este trabajo, sólo se utilizó un solo lugar y no es suficiente.



## VII. BIBLIOGRAFIA.

1. Arvizu R. Zeferino y Laird R.J. 1958 Fertilización del trigo en el Valle del Yaqui. Folleto Técnico No. 26 0. E.E. S.A.G. México.
2. Aguilar Figueroa Pablo 1978. Formulación de recomendaciones para el cultivo asociación maíz-frijol en el -- área del Plan Puebla. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
3. Aveldaño y Volke 1980. Agricultura Técnica en México volumen 6 número 2 "Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizante y densidades de población para maíz de temporal en -- Tlaxcala, México.
4. Association of official agricultural chemists 1965. Official methods of analysis of the association of agricultural chemists. Eighth Edition.
5. Baum, EL. Earl O. Heady and Jhon Blackmore Editors 1956.- Methodological procedures in the economic analysis - of fertilizer use data. The Iowa State College --- Press Ames Iowa Chap. 1.
6. Bouyoucos, G.S. 1951. A recalibration of the hidrometer - method for making mechanical analysis of soils. --- Agronom. y 43: 434-438.

7. C.I.M.M.Y.T. 1972. Informe anual sobre el mejoramiento de maíz y trigo. México.
8. Cajuste L.J. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Rama de suelos Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
9. Dirección General de Estadística 1972. V Censo Agrícola - Ganadero y Ejidal 1970. México.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations - (F.A.O.) 1971. Production year book 1970. Vol. 24.- F.A.O.
11. Folleto técnico de la S.A.G. Agosto 1955 Fertilizantes -- comerciales y densidades óptimas de población de -- maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán- México.
12. García E. 1975. Modificaciones al sistema clasificación - climatológica de Koppen. Instituto de Geografía U.- N.A.M.
13. Gómez-Pompa A. 1978. Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz. Editorial CESSA. México.
14. Jiménez Sánchez L. 1976. Primera plana en el C.P. informa- tivo semanal 156. Colegio de Postgraduados Chapingo México.
15. Jiménez S.L. 1970. El Plan de Puebla. Un programa regio -

- nal para aumentar los rendimientos de maíz entre agricultores con pequeñas explotaciones. Documento presentado en "Estrategías para aumentar la productividad en zonas de minifundio. "Puebla México. p-13-20.
16. Jenny Hians 1941 Factors of soil Formation. Mac Graw-Hill Book Co. Inc. New York Chap. VII.
  17. Krantz B.A. 1949 Fertilize corn for nigher yeields North Carolina Agr. Exp. Sta. Bal. No. 366.
  18. Laird, R.. Et al 1954. Fertilizantes y prácticas para la producción de maíz en la parte central de México.- Folleto técnico No. 13 D.E.E. S.A.G. Méx.
  19. Laird R.J. y Héctor. Lizarraga H. 1959. Fertilizantes y población óptima de plantas para maíz de temporal en Jalisco. Folleto técnico No. 35 O.E.E. S.A.G. - México.
  20. Laird R.J. y J.Horacio Rodríguez G. 1962-63 Fertiliza -- ción de maíz de temporal en regiones de Guanajuato Michoacán y Jalisco. México p 1-17 (Folleto técni-- co No. 50).
  21. Laird, R.J. 1971 La contribución del edafólogo en el de-- sarrollo futuro de la agricultura de temporal. Bo-- letín informativo de la Sociedad Mexicana de la -- Ciencia del Suelo. sin número, p.34-49.

22. Laird, R.J. Ruíz B.A. Rodríguez G.J. y Cady F.B. 1969. -  
Análisis combinado de resultados de experimentos -  
con fertilizantes y obtención de una ecuación gene-  
ral que permite estimar recomendaciones específi-  
cas para prácticas de fertilización. SAG-INIA Méxi-  
co. P. 1-59 (Folleto Técnico No. 55).
23. Laird R.J. Metodología empleada para estudiar las necesi-  
dades de los fertilizantes. En temas selectos de -  
fertilidad de suelos y génesis, morfología y clasi-  
ficación de suelos. Sociedad Mexicana de la Cien-  
cia del Suelo. México p. 157-172.
24. Miller Eilif V. et al 1950. Population density of unirra-  
gated maize and its influence upon fertilizer effi-  
ciency in the Central México.
25. Munsell 1975. Munsell soil color charts. Macheth division  
of Kollmorgen Corporation, 2441 North Colvert ---  
street Baltimore, Mariland 21218.
26. Proc. Soil Sci Soc. Amer 1949 14: 270-275.
27. Perrin et al 1976. Formulación de recomendaciones a par-  
tir de datos agronómicos: Un manual metodológico de  
evaluación económica. CIMMYT, México.
28. Portilla Ochoa F. 1980 Suelos en la región de Xalapa y su  
relación con la productividad. Tesis de licenciatu-  
ra, Universidad Veracruzana.

29. Puente, et al. 1963. Prácticas de fertilización y población óptima para siembra de maíz en las regiones tropicales de Veracruz. Folleto Técnico No. 45. SAG-INIA. México p. 1-53.
30. Richards, L.A. 1954 Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y alcalinos. Manual de Agricultura No. 60. U.S.D.A.
31. Sistema Alimentario Mexicano (SAM), 1980, Estrategias del SAM.
32. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Rama Suelos, Chapin go, México.
33. 1979. El Sistema Agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México Rama Suelos del Colegio de Postgraduados. Coordinación Nacional de Investigación Agrícola. Documento de Circulación interna.
34. Volke y Villa 1979. Criterios económicos para optimizar niveles de insumos variables bajo condiciones de Agricultura de temporal. Folleto Técnico No. 36. Chapin go México.
35. Voss, R.E. Hauwag, J.J. and Dameril L.C. 1970 Relations hips Between grain yeild and leaf N,P and K Concen

tation for corn (zea mays L.) to N,P and K fertili -  
zer. Agronomy Journal 62: 736-740.

36. Zola Baez M.G. 1980 Estudio de la vegetación de los alrededo  
dores de Xalapa, Veracruz. Tesis de Licenciatura en-  
Biología, Universidad Veracruzana.