

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Efecto de la Fertilización sobre el Rendimiento y Volumen de Expansión en el Maíz Palomero (*Zea mays* L. Sub-especie everta B.) en el Valle de Guadalajara.

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

ORIENTACION EN FITOTECNIA

P R E S E N T A

JOSE LUIS OROZCO

GUADALAJARA, JALISCO, 1975

## DEDICATORIA

A mi madre que con su amor y cariño me dió la esperanza de formarme.

A Rogelio por la confianza que me brindó.

A mis hermanos a quienes tanto quiero.

A la memoria de mi abuela.

A la escuela que me formó.

A CANDE:

COMITE PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS

ING. M.C. RAYMUNDO ACOSTA S.

ASESORES

ING. BONIFACIO ZARAZUA C.

ING. RAFAEL ORTIZ MONASTERIO

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. M.C. J. Francisco Villalpando I. por la sugerencia y plantamiento del presente trabajo.

Al Dr. Hermilo H. Angeles A. por haber facilitado el procesamiento de los datos experimentales.

Al Ing. J. Jesús Sánchez G. por su decidida cooperación en la elaboración del presente trabajo.

A los compañeros que en una forma u otra colaboraron en la realización de los trabajos de campo.

Al Ing. M.C. Raymundo Acosta consejero de la presente tesis.

# CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Índice de Contenido	III
Índice de Cuadros	IV
Índice de Figuras	V
Índice del Apéndice	VI
I Introducción	1
II Revisión de Literatura	2
III Materiales y métodos	8
Situación geográfica y características climáticas del sitio experimental.	8
Características de los suelos.	9
Técnica experimental.	11
1.- Diseño de tratamiento.	11
2.- Diseño experimental	12
3.- Establecimiento del experimento.	12
4.- Fertilización y siembra del lote experimental.	14
5.- Observaciones de campo.	14
5a.- Emergencia del material.	14
5b.- % de malas hierbas.	14
5c.- Ataque de plagas y enfermedades.	14
6.- Mediciones efectuadas.	15
6a.- Rendimiento de grano.	15
6b.- Peso hectolítrico.	15
6c.- Volumen de expansión.	15
6d.- Grano sin reventar.	16
6e.- Altura final de planta.	16

	Pág.
7.- Análisis estadístico	16
IV Resultado y Discusión.	18
1.- Rendimiento de grano.	18
a) Respuesta a nitrógeno.	21
b) Respuesta a fósforo	21
c) Interacción NxP.	21
2.- Volumen de expansión.	23
a) Respuesta a nitrógeno.	26
b) Respuesta a fósforo.	26
c) Interacción NxP.	26
3.- Prueba de (F) para los 2 modelos: "completo" y reducido.	28
4.- Cálculo de la Ósis Optima Económica.	29
V Conclusión.	33
VI Resumen	35
VII Bibliografía	37
VIII Apéndice.	40

## INDICE DE CUADROS

- CUADRO 1 Rendimiento de grano y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.
- CUADRO 2 Análisis de regresión para la variable rendimiento de grano, con los cuatro modelos aproximativos del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.
- CUADRO 3 Volumen de expansión y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.
- CUADRO 4 Análisis de regresión para la característica volumen de expansión, para los cuatro modelos aproximativos del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.
- CUADRO 5 Prueba de (F) para calcular el valor de la interacción de un modelo reducido del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1.- Respuesta a nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento bajo el modelo Raíz Cuadrada, establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.

FIGURA 2.- Respuesta a nitrógeno y fósforo sobre el volumen de expansión, bajo el modelo mixto, Raíz cuadrada cuadrático en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.

## INDICE DEL APENDICE

CUADRO I.- Precipitación y temperatura media mensual para Zapopan, Jal.

FIGURA I.- Comparación entre la precipitación media mensual, promedio de 12 años y la del año de estudio, en el período de junio a octubre en el Valle de Zapopan, Jal.

FIGURA II.- Comparación entre las temperaturas medias mensuales, promedio de 5 años y las del año de estudio, en el período de junio a octubre en el Valle de Zapopan, Jal.

CUADRO II.- Análisis de regresión para la característica volumen de expansión, sin incluir la interacción; del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara, Jal.  
Ciclo primavera-verano 1972.

FIGURA III.- Respuesta a N y  $P_{25}O_5$  sobre el volumen de expansión, sin incluir la interacción NxP; en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.

CUADRO III.- Datos promedio sobre días a floración, peso hectolitrico y grano sin reventar.

CUADRO IV.- Distribución de parcelas y tratamientos en el lote experimental de fertilización en el maíz palomero establecido en el Valle de Guadalajara.  
Ciclo primavera-verano 1972.

## INTRODUCCION.

La zona central de Jalisco es una región temporalera por excelencia y es la zona donde más se cultiva el maíz. Siendo por ese aspecto el lugar ideal a la introducción del maíz palomero (*Zea mays* L. sub-especie *verta B.*) como fuente de mejores ingresos al agricultor de esta zona.

En el mejoramiento de las plantas cultivadas, ha adquirido importancia el uso de modelos matemáticos adecuados que permiten detectar los aumentos sobresalientes del material en estudio, con la deducción de estos modelos, se puede conocer el grado de desarrollo logrado en la experimentación de dos factores en estudio, como en el caso de resultados obtenidos con genotipo y fertilización.

Los objetivos del presente estudio son:

1. medir el efecto de la aplicación de nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento y la característica volumen de expansión del grano en el maíz palomero bajo condiciones de suelo y clima específicos.

2. Encontrar el modelo matemático que describa mejor la función de respuesta a los factores en estudio que son nitrógeno y fósforo.

3. Determinar la dosis óptima económica de nitrógeno y fósforo a partir del mejor modelo matemático.

## II REVISION DE LITERATURA.

La presente revisión de literatura se relaciona en primer término al mejoramiento genético del volumen de expansión y posteriormente al estudio del aumento de volúmenes, desde el punto de vista Físico.

Cabe señalar que no se encontró literatura que implique la fertilización con el volumen de expansión en el maíz palomero.

STURTEWANT en 1894(21) considera que el maíz reventador es una especie distinta y la designa como (*Zea everta*) y al maíz cristalino como (*Zea indurata*) quedando el maíz palomero como una especie Botánica.

Estas 2 especies son reducidas al rango de sub-especie por Boiley.

1. Variedad everta Boiley (*Zea, everta St.*) maíz reventador de grano pequeño de base y apice puntiaguda, de endosperma duro, que revienta y expande con el calor; de planta y mazorca pequeña.

2. Variedad indurata Boiley (*Zea indurata St.*) maíz cristalino de grano duro y de corona lisa, de mazorca larga y delgada en su mayoría de café-amarillento, son plantas de tamaño medio.

BRUNSON en 1948(4) Indica que el maíz palomero puede cultivarse en cualquier suelo donde se produzca bien el cultivo pero siendo necesaria la rotación del cultivo por ser una planta pequeña que no sombrea bien el terreno para impedir la germinación de las malezas.

Su siembra y labores culturales son similares a las que se efectúan en el cultivo del maíz en general solo con ligeras modificaciones respecto a la fertilización en la que se aplica el fósforo en dosis adecuada, son ventajosas para acelerar el desarrollo de la planta y permite uniformidad en la madurez.

BRUNSON Y WILLER en 1937(3) Opinan que las propiedades de expansión están estrechamente relacionadas con las proporciones de almidón cornea, en el endosperma y que contiene un corazón suave cerca del centro.

BRUNSON en 1937(3) reporta que trabajando con una variedad de maíz palomero (Super Gold) encontró una distribución con tendencia a lo normal - en la que los granos de mazorca mejor conformados dieron alrededor del doble de volúmenes de expansión, esto sugiere un tipo de herencia cuantitativa. Este mismo autor considera que por la selección en masa, se incrementa la expansión en 19 volúmenes originales en 6 años.

ROBLES Y COVARRUBIAS en 1970(20) reportan un aumento en volumen de expansión altamente significativo con el método de Selección recurrente.

BRUNSON en 1937(3), GRISSON, WAVER Y THOMPSON: Indican que la capacidad de expansión es un carácter de herencia cuantitativa controlado por un número variable de genes y que ese número es menor que el que condiciona el contenido de proteínas o aceite.

Estos autores consideran que el número mínimo es de tres - pares de genes, alguno de los cuales es de efecto aditivo, otros son dominancia y algunos de efecto epistático y que por lo tanto este tipo de herencia compleja y la interacción del medio ambiente dificulta el contenido genético de este carácter.

CLARY en 1954 (7) Encontró que los genes responsables de la expansión están localizados en el brazo largo de los cromosomas (1,4,5 y 6) como en el brazo corto de las cromosomas (1,3 y 10) este mismo autor menciona que el gene (6) es el que más influencia tiene para determinar el grado de expansión.

MATZ citado por BRUNSON en (1948) (4); expone que el maíz palomero tiene un contenido más alto de proteínas que las variedades dentadas y que la relación de amilasa y amilopectina en el tamaño de la molécula y longitud de las ramificaciones y la forma del grano de almidón son casi iguales en el maíz palomero y en el que no expande.

Desde otro punto de vista algunos autores consideran a la expansión como un fenómeno físico.

BRUNSON entre otros en 1948 (4) dice que la expansión ocurre por la presión súbita del vapor generado dentro del grano y que la fuente de este vapor es la humedad contenida en éste.

ALDREDGE Y LEYERLY en 1943 (1) BRUNSON Y RICHARSON (4), Indican que la expansión se debe a que la humedad contenida en el grano al someterla al calentamiento forma un vapor y que al descargarse la presión repentinamente, causa la expansión.

BRUNSON NEU 1949 (4) Dice que la expansión está en función a tres condiciones:

- a) Inherente a la estructura del grano.
- b) A su contenido de humedad.
- c) Y a una aplicación adecuada del calor.

La medida de éste carácter se ha estudiado como la relación entre el volumen inicial de maíz antes de la expansión el volumen resultante después de la expansión.

$V.E = \frac{\text{Vol. de "Rositas" después de la expansión}}{\text{Vol. de maíz antes de la expansión.}}$

Vol. de maíz antes de la expansión.

Este mismo autor señala que se ha adoptado una escala para pruebas del mejoramiento del volumen de "Rositas" de el maíz palomero.

ESCALA DE PODER EXPANSIVO	
VOLUMENES	CALIF.
I - 25 vol. ó/menos	Calidad pobre
II - 25-30 Vol.	" regular
III - 30-35 vol.	" buena
IV - 35 ó/más	" excelente

Indicando con esta escala que un aumento de volúmenes de 25-30 sobre la expansión original es de una calidad regular.

El aumento del rendimiento del grano se basa exclusivamente a parte del genotipo, de la aplicación adecuada de fertilizante.

LAIRD R. Y RODRIGUEZ J. H en 1965 (16) reportan que los aumentos en el rendimiento en maíz es atribuible a la aplicación de nitrógeno y fósforo ya que todos los experimentos llevados a cabo en 32 sitios de la parte occidental de El Bajío reportan un aumento considerable, selvo en aquellos lotes donde las condiciones de climas fueron adversas.

El estudio de los incrementos totales o parciales de un material en estudio se ha hecho cada vez más posible su deducción ya que

se cuenta en la actualidad con modelos matemáticos que se aplican en el estudio de la ciencia biológica.

El uso de los modelos matemáticos se inicia con: Mitscherlich en 1909 citado por National Academy of Sciences 1961 quien propuso una forma exponencial de la función que tiende a describir la relación existente entre el agregado de cantidades progresivas de un nutrimento y los rendimientos.

Según Méndez en 1967(17) el carácter aleatorio de los fenómenos biológicos, es debido principalmente a las siguientes causas:

a) Imposibilidad en poder definir con suficiente precisión el estado inicial de un fenómeno lo que no permite por consiguiente determinar de manera única el estado final del mismo.

b) Incidencia de las leyes materiales involucradas, que por su complejidad no son conocidas ni pueden ser analizadas en forma exacta como para conocer el estado final del fenómeno.

c) Desconocimiento de la totalidad de los factores que gobiernan a los fenómenos en estudio, y por ende imposibilidad de conocer la ley natural que los rige.

ANDERSON en 1957(2) al comparar diferentes funciones tales como la de Mitscherlich, Cobb-Douglas, cuadrática, raíz cuadrada, mixta cuadrática-raíz cuadrada, encontró un mejor ajuste de los datos cuando se eliminaron los testigos en el análisis; esto permite una mejor variación en la dosis óptima económica encontrada, en los diferentes modelos.

BROWN et al. en 1956(5) Obtuvieron un buen ajuste con una función bivariada en la que utilizaron el modelo cuadrático para potasio, y el modelo

raíz cuadrada para el nitrógeno en la fertilización del maíz.

FALKS, citado por Escobar en 1967 (12) considera que los diseños son comparables, cuando ambos presentan sus puntos dentro del mismo espacio de exploración.

### III MATERIALES Y METODOS.

#### SITUACION GEOGRAFICA Y CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL.

El trabajo experimental fué realizado durante el ciclo Primavera-Verano (1971-72) en los terrenos de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, Jal. en el municipio de Zapopan, Jal.

Teniendo por coordenadas el paralelo 20°43' de latitud Norte y el meridiano 103°23' de longitud Oeste.

Su elevación sobre el nivel del mar es de 1700 m

Según la clasificación de Thornthwite modificado por Contreras Arias en 1942 (10) el Valle de Guadalajara tiene un clima:

C (oip) B' (a')

Que significa:

C = Semi-seco

(oip) = Con otoño, invierno y primavera seco

B'1 = Semi-cálido.

La precipitación media anual de los últimos 12 años para el municipio de Zapopan, Jal. ha sido de 906.1 mm registrándose el 90% en los meses de junio a octubre.

La precipitación mínima ha sido de 409 mm; fué registrada el año de 1957, en tanto que la máxima ocurrió el año de 1958 y se registraron 1419.2 mm.

La temperatura media anual de los últimos 5 años para el municipio de Zapopan, Jal. ha sido de 23.5°C.

Los vientos durante el ciclo vegetativo (junio-octubre) alcanzan una velocidad media mensual de 8 km/hr.

Durante los meses de agosto-septiembre estadísticamente ocurren de 2-3 tempestades ocasionando el acame de algunos maíces.

Estadísticamente también ocurren de 1-2 granizadas fuertes por año durante los meses de julio-septiembre.

En el cuadro ( I ) del apéndice aparecen los valores medios mensuales de precipitación y temperatura en los últimos 12 y 5 años respectivamente.

En la Figura (II) del apéndice se presentan en forma gráfica los valores medios de precipitación para los meses de junio-octubre haciendo una comparación con los ocurridos durante el año de estudio.

#### CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS.

La palabra Jalisco se deriva de Xalli que en lengua azteca significa Arena y que seguramente fué escogido por las condiciones arenosas que forma el Valle de Guadalajara.

El material Madre del que se deriva tiene su origen en emisiones del volcan Colli.

Las características más notable de estos suelos es su capacidad de retener un alto contenido de humedad, no obstante que en la mayoría de los casos presentan textura muy gruesa de arena o migajón arenoso.

Esto se debe a la cantidad de poros que contiene la Piedra Pómez sobre la cual descansan los suelos y de la cual se ha originado.

Ya que cada partícula arenosa es como una pequeña esponja que conserva el mismo carácter poroso de la toba.

La humedad que llena los poros de las arenas puede ser aprovechada muy fácilmente por la planta, ya que es en gran parte agua libre no retenida a tensión por las partículas del suelo, además como gran parte de los huecos no se saturan totalmente, ésta porción seca, es capaz de contener un abundante espacio poroso muy propicio para una buena aireación radicular.

Todos los suelos presentan una reacción que va de ligeramente ácida a ácida (pH 6.5 - 5.4); son pobres en materia orgánica siendo su contenido generalmente menor de 2%, extraordinariamente ricos en potasio y pobres en nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio.

TECNICA EXPERIMENTAL.

El experimento se estableció el 2 de julio de 1972 en el ciclo primavera-verano, el material empleado fue formado en el Campo Agrícola Experimental de Roque, Gto. zona en que ha mostrado muy buena adaptación a las condiciones ecológicas. Dicho material constituye el primer maiz híbrido palomero comercial mexicano.

Genealogía del material empleado:

Neb.I(S.B)-18xPAL.MTR.I<sub>1</sub> Maiz p.(367p).

1.- Diseño de tratamiento.

El diseño de tratamiento utilizado fue el "Cuadrado Doble" el cual forma parte de los llamados factoriales parciales que consiste en un factorial 5x5 del cual se eligen sistemáticamente 13 de las combinaciones originales.

Una de las ventajas de los factoriales parciales es que proporciona la respuesta de los cultivos a cualquier nivel de fertilización dentro de la región de exploración considerada, y permite la estimación de la interacción NxP en el modelo matemático; además de que la "Ecuación de Predicción" proporciona un medio adecuado para calcular la dosis óptima económica de fertilización. Este diseño de tratamiento se ha desarrollado especialmente para ser usado conjuntamente con el modelo "polinomial de segundo grado cuadrático", el cual es uno de los empleados con mayor frecuencia para establecer relaciones funcionales, dado que son las funciones continuas más conocidas, de gran facilidad y flexibilidad de su manejo y los cálculos son un poco más sencillos.

Las 13 combinaciones empleadas tienen un cubrimiento uniforme de la región de exploración incluye el tratamiento testigo y permite la interpretación de la interacción NxP en el modelo.

## TRATAMIENTOS ESTUDIADOS:

TRATAMIENTOS	NITROGENO kg/ha	FOSFORO kg/ha	POTASIO kg/ha
1	0	0	0
2	0	40	0
3	0	80	0
4	60	20	0
5	60	60	0
6	120	0	0
7	120	40	0
8	120	80	0
9	180	20	0
10	180	60	0
11	240	0	0
12	240	40	0
13	240	80	0
*14	160	40	40
*15	160	40	80

\* Tratamientos adicionales de potasio.

2.- Diseño experimental.

Se utilizó el diseño experimental "Bloques al Azar" con cuatro repeticiones, su distribución se muestra en la Fig. (IV) del Apendice.

3.- Preparación del terreno.

La preparación del terreno en el lote experimental se efectuó siguiendo el sistema acostumbrado por los agricultores para sus siembras: barbecho, rastreo, cruzo y surcado.

4.- Establecimiento del experimento.

Las parcelas experimentales fueron delimitadas por estacas e hilos, dejando 2 metros de calle entre repetición y repetición, el tamaño de la parcela experimental fué de 2 surcos de 7 m de largo con una separación entre surcos de .76 m el total de la parcela experimental fue de  $10.64 \text{ m}^2$

La interpretación estadística es la siguiente

$$Y = b_0 + b_1 N + b_2 P + b_3 N^2 + b_4 P^2 + b_5 NP$$

en donde:

Y = Rendimiento estimado.

$b_1$  = término constante (rendimiento a nivel codificado 0-0 de nitrógeno y fósforo.

$b_2$  = Efecto lineal del nitrógeno.

$b_3$  = Efecto lineal del fósforo.

$b_4$  = Efecto cuadrático de nitrógeno.

$b_5$  = Efecto cuadrático del fósforo.

$b_6$  = Efecto de la interacción lineal x lineal de nitrógeno y fósforo.

Los niveles de nitrógeno ensayados fueron: 0-240 kg/ha con intervalos de 20 kg/ha

Los niveles de fósforo fueron: 0-80 kg/ha con intervalos de 20 kg/ha.

Con el objeto de medir el efecto del fertilizante potásico - se incluyeron dos tratamientos adicionales de potasio, tratamiento 14 y 15 respectivamente.

La fuente del fertilizante empleada fué.

Nitrato de Amonio - 33.5% de nitrógeno

Superfosfato triple - 46% de fósforo

Cloruro de potasio - 60% de potasio.

#### 4 - Fertilización y siembra del lote experimental.

El fertilizante se distribuyó a mano en banda, al fondo del surco, por lo cual se asignó una bolsa con la cantidad de fertilizante que le correspondía de acuerdo al respectivo tratamiento, se aplicó todo el fósforo y la mitad de nitrógeno a la siembra, la otra mitad de aplicó en la segunda escarda 21 de junio.

La siembra se efectuó depositando 3-4 semillas por "golpe" una vez emergida, se dejó llegar a una altura de 15 cm para luego aclarar a 2 plantas para dejar una población de 60,000 plantas/ha.

En la figura (IV) del apéndice se muestra el sorteo y distribución de las parcelas como el de los tratamientos en el lote experimental.

#### 5 - Observaciones de campo.

El lote experimental fue visitado periódicamente en el cuál se efectuaron las observaciones siguientes:

5a - La emergencia ocurrió a los 8 días de la siembra, notándose una marchitez inicial por causa de una mala aplicación del fertilizante.

5 b- % de malas hierbas.

Se observó una infestación muy marcada de "coquillo" problema principal mientras que las hierbas de hoja ancha no presentaron problema.

5c - Ataque de plagas y enfermedades.

El ataque de plagas se controló con Dipterex granulado al 25 % - ya que fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el que más problemas causó, en tanto que el de enfermedades fue el —

*Mistrosphorium turcicum* la que más se manifestó pero no fue significativa.

Cabe hacer notar que el material obtenido no fue del todo puro, a la característica expansiva, la floración se llevó a cabo durante los meses - de agosto-septiembre presentando una homogenidad, por ser un solo genotipo el experimentado. Además se tomaron datos a nivel de parcela para las siguientes variables.

G.- Mediciones efectuadas.

Ga.-Rendimiento de grano.

El rendimiento de grano, se obtuvo de los 2 surcos centrales, pesándose y obteniéndose el % de humedad contenido en el grano se ajustó por fallas, con la fórmula:  $Fc = \frac{M - (0.3)F}{M - F}$

en donde

Fc = Factor de corrección de fallas.

F = Fallas.

M = Número total de plantas por parcela

0.3 = constante.

Se dejó secar el grano en forma natural para después efectuar las - otras determinaciones.

#### Gb Peso Hectolitrico.

Una vez seco el grano (12% de humedad constante) se determinó el peso Hectolitrico del grano en cada una de las parcelas de los tratamientos, en el cuadro VI del apéndice muestra el promedio del peso hectolitrico de los tratamientos estudiados.

#### Gc Volumen de Expansión.

La medición de esta característico del maíz palomero se llevó a cabo en el laboratorio; se midió en una probeta de 1000 ml; 100 ml de grano de cada una de las parcelas, se efectuó la expansión en una olla - - -

apropiada, con una temperatura de mechero constante, se le aplicó en todos los casos la misma cantidad de aceite vegetal (15 - 20 ml); una vez que se obtuvieron las "Rositas" se procedió a medir la expansión del maíz y se contó la cantidad de grano que no había reventado.

#### 6d Grano sin Reventar.

La cantidad de grano sin reventar, probablemente se debió a que en algunos de los casos el maíz seleccionado provenía de polen extraño, cosa que se refleja al efectuarse la expansión.

#### 6e Altura final de Planta:

La altura de planta se midió a los 80 días de la siembra, siendo esta homogénea considerando que el material en estudio provenía de un mismo genotipo, por lo tanto no resultó con diferencia significativa.

### 7.- Análisis Estadístico.

Una vez cosechado el experimento se procedió a analizar estadísticamente los resultados obtenidos, dándole mayor importancia a la variable agronómica rendimiento de grano y a la característica "Volumen de expansión", siendo estas 2 variables en las cuales se concentró todo el estudio.

Los resultados estadísticos obtenidos se procesaron en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Posgraduados Chapingo, - México, ENA .

El proceso estadístico a las variables en estudio, consistió en hacer un análisis de varianza, y análisis de regresión probando diferentes modelos matemáticos para elegir aquel que describiera mejor la respuesta a los factores en estudio.

Los modelos probados según la regla de Berardo D'Amico (6)

fueron:

- 1.- Cuadrático puro
- 3.- Mixto cuadrático - Raíz cuadrada
- 2.- Raíz cuadrada
- 4.- Mixto raíz cuadrada - cuadrático.

El criterio propuesto por Berardo (6) para elegir el mejor

modelo es:

- 1.- Aquel modelo que tenga el cuadrado medio de desviación de regresión más bajo (C.M.E.E)
- 2.- Y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) más alto

### IV RESULTADO Y DISCUSION.

Los resultados que se obtuvieron del lote experimental ciclo primavera-verano (1972) resultan de 1 año de prueba por lo que deberán tomarse con ciertas medidas en su aplicación, aunque conviene señalar que el lugar de prueba constituye un lugar relativamente estable ya que no presenta grandes variantes climáticas de un año a otro.

#### 1. Rendimiento de Grano.

En el cuadro número (1) se presentan el rendimiento de grano del maíz obtenido en los diferentes tratamientos estudiados en el lote experimental 1972, se puede observar también los tratamientos 14 y 15 adicionales, conteniendo potasio así mismo se presenta el análisis de varianza para el rendimiento cuya F.c resulta significativa para el factor, tratamiento; resulta lógico ya que la variación de los diferentes tratamientos trae consigo una diferencia entre ellos.

CUADRO 1

RENDIMIENTO DE GRANO Y ANALISIS DE VARIANZA DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA CICLO PRIMAVERA-VERANO 1972.

No. de Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	REPETICIONES				SUMA	PROMEDIO
				I	II	III	IV		
1	0	0	0	5.200	4.200	3.900	1.200	14.50	3.625
2	0	40	0	4.800	4.600	4.750	6.600	20.75	3.187
3	0	80	0	5.500	6.500	5.576	5.550	23.12	5.780
4	60	20	0	5.700	6.200	4.950	5.200	22.02	5.512
5	60	60	0	6.700	5.000	6.700	6.500	24.90	6.225
6	120	0	0	4.300	5.500	6.100	6.500	22.40	5.600
7	120	40	0	5.800	6.200	5.150	4.900	22.06	5.515
8	120	80	0	3.600	6.200	5.300	6.850	21.90	5.475
9	180	20	0	4.600	4.800	6.200	5.000	20.60	5.150
10	180	60	0	5.800	5.700	6.450	5.350	23.30	5.825
11	240	0	0	5.500	6.550	5.100	6.300	23.45	5.862
12	240	40	0	5.400	6.000	5.050	5.150	21.60	5.400
13	240	80	0	4.800	5.700	4.300	5.200	20.00	5.000
* 14	160	20	40	4.700	6.600	5.900	5.850	23.05	5.762
* 15	160	60	80	5.000	6.200	6.300	5.200	22.70	5.676

\* Tratamientos adicionales con potasio.

## ANALISIS DE VARIACION

FACTOR DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO.	F.C.	F.T.	
					.05	.01
REPETICIONES	3	2157677.4	719225.79	1.1109	2.83-4.29	
TRATAMIENTOS	14	17292831.9	1235202.28	1.9068*	1.90-2.50	
ERROR	42	27206412.6	647771.73			
TOTAL	59	46656921.8				

C.V. = 15%

D.M.S. = 1148.50

\* Significancia al 5% de probabilidad

## CUADRO 2

ANALISIS DE REGRESION PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO, CON LOS CUATRO MODELOS APROXIMATIVOS DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA. CICLO PRIMAVERA-VERANO 1972.

MODELO CUADRATICO				MODELO RAIZ CUADRADA			
COEFICIENTE	VALOR DE t	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		COEFICIENTE	VALOR DE t	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	
B <sub>0</sub>	3562.09	9.73	0.0001	B <sub>0</sub>	3501.67	9.66	0.0001
B <sub>1</sub>	14.26	2.94	0.0053	B <sub>1</sub>	-8.15	-1.78	0.0780
B <sub>2</sub>	33.00	2.26	0.0264	B <sub>2</sub>	3.89	0.28	0.7750
B <sub>3</sub>	-0.03	-1.65	0.1013	B <sub>3</sub>	257.49	3.39	0.0018
B <sub>4</sub>	-0.12	-0.75	0.5419	B <sub>4</sub>	200.52	1.52	0.1303
B <sub>5</sub>	-0.13	-3.39	0.0018	B <sub>5</sub>	-19.78	-3.73	0.0008

R<sup>2</sup> = 0.29R<sup>2</sup> = 0.34

C.M.E.E = 659688.22

C.M.E.E. = 618728.87

## CONTINUACION:

MODELO MIXTO				MODELO MIXTO			
CUADRATICO	RAIZ CUADRADA	RAIZ CUADRADA	CUADRATICO	RAIZ CUADRADA	RAIZ CUADRADA	CUADRATICO	
COEFICIENTE	VALOR DE t	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE	VALOR DE t	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE	
B <sub>0</sub>	3562.09	9.73	0.0001	B <sub>0</sub>	3501.67	9.66	0.0001
B <sub>1</sub>	16.76	3.22	0.0027	B <sub>1</sub>	-7.98	-1.74	0.0845
B <sub>2</sub>	0.83	0.06	0.9509	B <sub>2</sub>	33.82	2.32	0.0232
B <sub>3</sub>	-0.03	-1.72	0.0884	B <sub>3</sub>	238.19	3.17	0.0030
B <sub>4</sub>	207.96	1.58	0.1162	B <sub>4</sub>	-0.09	-0.61	0.5487
B <sub>5</sub>	-1.31	-3.68	0.0009	B <sub>5</sub>	-2.15	-3.53	0.0013

$$R^2 = 0.316$$

$$C.M.E.E. = 641910.99$$

$$R^2 = 0.328$$

$$C.M.E.E. = 630355.57$$

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de regresión para la prueba de modelos aproximativos, en el cual puede observarse, para cada modelo; los coeficientes de regresión, valores de la prueba de t y nivel de significancia de estos coeficientes, así como el (C.M.E.E) cuadrado medio del error experimental y el valor del coeficiente de determinación para elegir el mejor modelo aproximativo.

De acuerdo con Berardo (6) el modelo que describe mejor la función de respuesta será aquel que tenga el menor C.M.E.E. y mayor el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para el caso de la variable rendimiento, de grano el mejor modelo como se puede observar que el Raiz Cuadrada puro, del cual se presenta el análisis de regresión en el cuadro 2 puede observarse también que la regresión es altamente significativa en tanto que el coeficiente de determinación fué de 0.34 mayor que todos los demás modelos expuestos.

La ecuación de regresión para el modelo raiz cuadrada queda como sigue:

$$Y = 3410.76 - 8.1570N + 3.8933P + 2.5749N^{0.5} + 200.5290^{0.5} - 19.7842N^{0.5}P^{0.5}$$

Sobre esta ecuación que es la que mejor se ajusta a descubrir la función de respuesta, se discutirán los resultados.

a) Respuesta a Nitrógeno.

El efecto lineal a nitrógeno fue negativo y altamente significativo, mientras que el efecto de raíz cuadrada fue positivo y altamente significativo, como puede observarse en el cuadro del análisis de regresión, la representación gráfica de los valores observados se encuentra en la — figura 1.

b) Respuesta a Fósforo.

El efecto lineal a fósforo fue positivo y significativo como también fue positivo el efecto de raíz cuadrada, como se puede observar en el cuadro del análisis de regresión, la representación gráfica de los valores observados se encuentran en la figura 1.

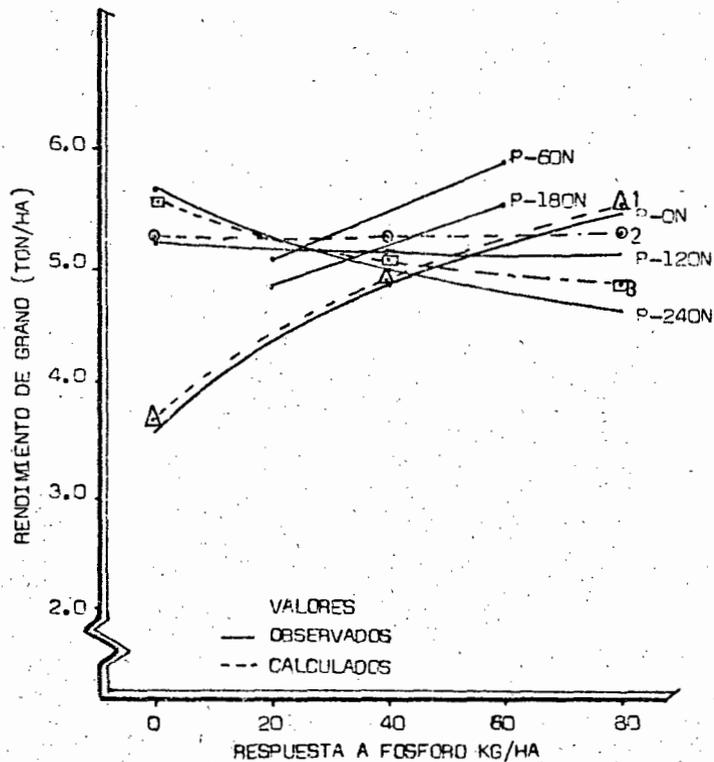
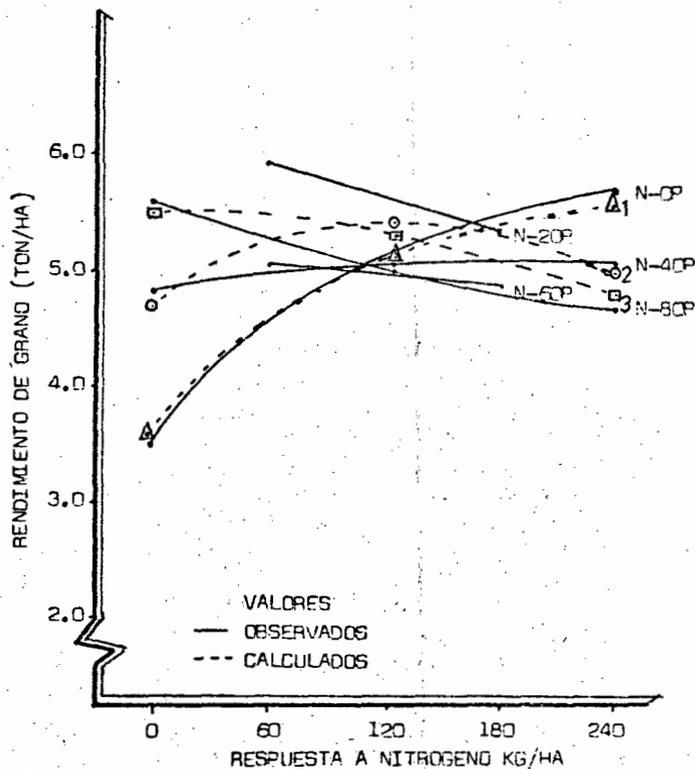
c) Interacción NxP.

En el análisis de regresión puede observarse que el efecto de la — interacción NxP es negativo y altamente significativo, esto se comprueba — gráficamente observando la figura 1 donde las curvas de la respuesta a N y P se cruzan indicando que a medida que se aplica más nitrógeno habrá que — aplicar más fósforo. Se demuestra con esto el clásico fenómeno de interacción negativo de 2 factores.

FIG. 1  
 EFECTO DEL N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO, EN EL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA. CICLO (1972)

$$Y=3410,7683-8,1570N+3,8933P+257,4908NH+200,5290PP-19,7842NRPR$$

"MODELO RAIZ CUADRADA"



## 2.- Volumen de expansión.

En el cuadro número 3 se presenta el resultado del volumen de expansión del maíz palomero obteniendo en los diferentes tratamientos, cuyo promedio nos muestra un aumento considerable del volumen de "rositas" en comparación a los testigos, este aumento se puede considerar en la escala de volúmenes como regular-a-buena por ser un material nuevo al mercado, ya que el utilizar maíces introducidos provoca que no se adapten a las condiciones climáticas y por consiguiente un descenso en el rendimiento.

Se puede observar también los tratamientos 14 y 15 con potasio, adicionales, así mismo se presenta el análisis de varianza para la característica volumen de expansión, cuya prueba de (F) resulta al rendimiento de grano, ya que nos muestra que es altamente significativo para el factor tratamiento, o variaciones en la dosis de fertilizante.

### CUADRO 3.

VOLUMEN DE EXPANSION DEL MAIZ PALOMERO EXPRESADO EN ml Y ANALISIS DE VARIANZA DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA CICLO - - (1972).

No. de Trat.	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O			REPETICIONES					
	Kg/ha.			I	II	III	IV	SUMA	PROMEDIO
1	0	0	0	15.00	16.00	18.25	18.50	67.75	16.93
2	0	40	0	16.50	16.60	16.50	27.75	77.35	19.33
3	0	80	0	15.50	19.00	15.00	15.80	65.30	16.57
4	60	20	0	18.50	17.50	12.50	21.80	70.30	17.57
5	60	60	0	16.00	20.10	19.50	19.90	75.50	18.87
6	120	0	0	11.50	16.25	16.00	16.25	60.00	15.00
7	120	40	0	17.50	18.60	15.60	18.50	70.20	17.55
8	120	80	0	10.00	13.00	17.75	13.00	53.75	13.43
9	180	20	0	21.00	21.00	24.00	20.00	86.00	21.50
10	180	60	0	22.00	17.40	20.00	24.50	83.90	20.97
11	240	0	0	15.00	20.10	13.50	20.20	68.80	17.20
12	240	40	0	22.00	18.50	20.10	26.50	87.10	21.77
13	240	80	0	11.75	21.50	16.50	15.40	65.15	16.28
*14	160	40	40	21.00	23.00	20.00	20.00	84.00	21.00
*15	160	40	80	24.50	14.50	24.40	200.00	83.40	20.85

\* Tratamientos adicionales de potasio.

## ANALISIS DE VARIANZA

FACTOR DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS.	CUADRADO		
			MEDIO.	F.C.	F.T. 05 01
REPETICIONES	3	57.57	19.19	2.047	2.83-4.29
TRATAMIENTOS	14	365.23	26.08	2.782 **	1.90-2.50
ERROR	42	393.73	9.37		
TOTAL	59	816.54			

C.V. = 18%

D.M.S. = 4.36 ml

\*\* Significativo al 1% de probabilidad.

## CUADRO 4.

ANALISIS DE REGRESION PARA LA CARACTERISTICA VOLUMEN DE EXPANSION, PARA LOS CUATRO MODELOS APROXIMATIVOS DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA, CICLO (1972)

MODELO CUADRATICO				MODELO RAIZ CUADRADA			
COEFICIENTE	VALORES DE t	NIVEL DE SIGNIFICAN CIA		COEFICIENTE	VALORES DE T	NIVEL DE SIGNIFICAN CIA.	
B0	16.029	11.88	0.0001	B0	16.484	10.79	0.0001
B1	-0.021	-1.15	0.1532	B1	0.042	2.30	0.0240
B2	0.222	3.95	0.0005	B2	-0.236	-4.23	0.0003
B3	0.0001	1.76	0.0006	B3	-0.605	-1.96	0.0521
B4	0.0028	-4.48	0.0002	B4	2.063	3.87	0.0006
B5	0.0003	-0.23	0.8108	B5	0.004	0.21	0.8243

 $R^2 = 0.33$  $R^2 = 0.31$ 

C.M.E.E = 9.815

C.M.E.E = 10.156

## CONTINUACION

MODELO MIXTO				MODELO MIXTO			
CUADRATICO	- RAZ CUADRADA			RAIZ CUADRADA	- CUADRATICO		
COEFICIENTE	VALORES DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		COEFICIENTE	VALORES DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	
B0	16.232	11.05	0.0001	B0	16.205	11.417	0.0001
B1	-0.025	-1.30	0.1959	B1	0.040	2.285	0.0254
B2	-0.229	-4.11	0.0003	B2	0.227	3.992	0.0005 **
B3	0.0001	1.79	0.0765	B3	-0.531	-1.808	0.0736
B4	2.0151	3.82	0.0007	B4	-0.002	-4.596	0.0001 **
B5	0.0002	0.15	0.8752	B5	-0.000	-0.208	0.8304

$R^2 = 0.30$	$R^2 = 0.34$
C.M.E.E = 10.343	C.M.E.E = 9.656

Los resultados obtenidos de los análisis de regresión, para la prueba de modelos aproximativos se presenta en forma condensada en el Cuadro 4 en el cual puede observarse para cada uno de los modelos, los coeficientes de regresión, Valores de t y Nivel de significancia de estos coeficientes, así como el Cuadrado medio del Error Experimental (C.M.E.E) así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para el mejor modelo aproximativo de acuerdo a la regla de Berardo (6) el modelo que describe mejor la función de respuesta, será el que tenga el menor C.M.E.E y mayor  $R^2$ .

Para el caso de la característica Volúmen de expansión el mejor modelo fue el Mixto raíz cuadrada - Cuadratico del cual se presenta el análisis de regresión en el Cuadro 4.

Puede observarse que la regresión es altamente significativa el coeficiente de determinación fue de 0.34 mientras que el cuadrado medio del Error experimental fué de 9.65 con lo cual se ajusta a las con-

diciones expuestas por Berardo D' amico (6).

La ecuación de Regresión obtenida fué:

$$Y = 16.2054 + 0.0409N + 0.2275P - 0.5315N^{0.5} - 0.0029P^2 - 0.0004N^{0.05}P$$

a) RESPUESTA A NITROGENO.

El efecto lineal del Nitrógeno fué positivo y altamente significativo, mientras, que el efecto de raíz cuadrada fué negativo y significativo, como puede observarse en el cuadro 4 del análisis de regresión la respuesta gráfica de los valores observados se presenta en la gráfica 2.

b) RESPUESTA A FOSFORO.

El efecto lineal del fósforo fué positivo y altamente significativo, mientras que el efecto cuadrático resulta negativo y altamente significativo, como puede observarse en el cuadro 4 del análisis de regresión, la representación gráfica de los valores se presenta en la figura 2.

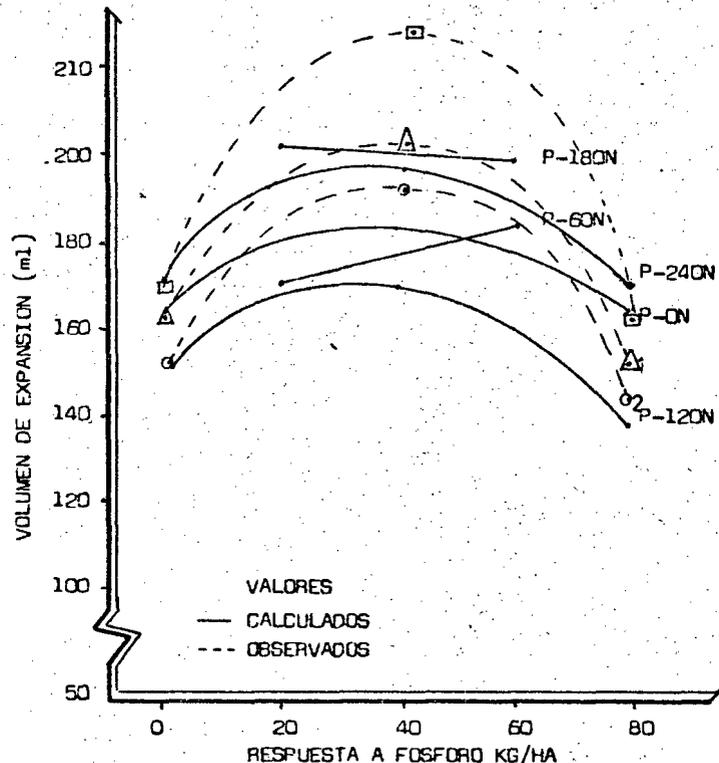
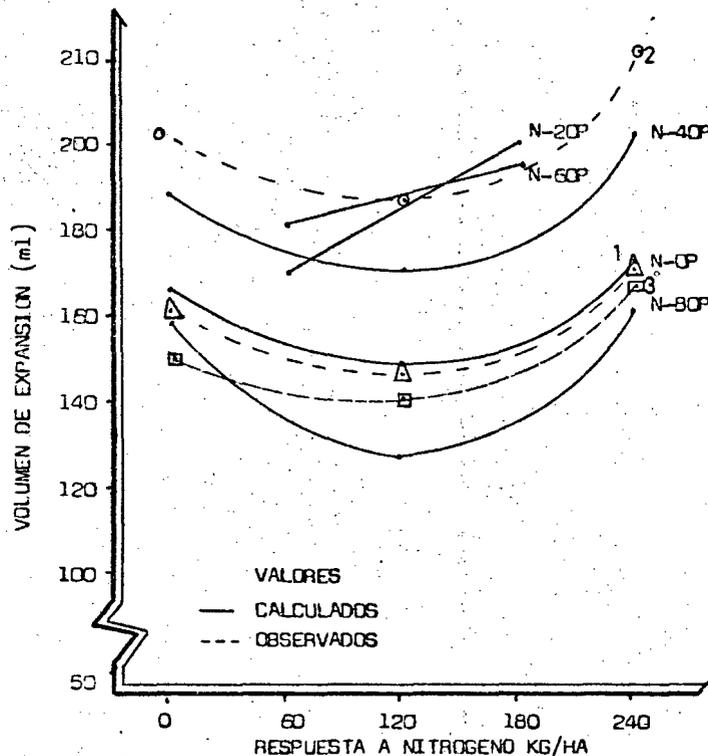
c) INTERACCION N x P

En el análisis de regresión puede observarse que el efecto interacción N x P es negativo y no es significativo, esto se comprueba graficamente observando la figura 2 donde la curva de respuesta a Nitrógeno y a fósforo no se cruzan observándose que a medida que se aumenta el Nitrógeno y fósforo - la curva decae manteniéndose a su máxima altura cuando se aplican 40 Kg/ha de fósforo más 240 Kg/ha de Nitrógeno.

EFFECTO DEL N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SOBRE EL VOLUMEN DE EXPANSION, EN EL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA. CICLO (1972)

$$Y = 16.2054 + 0.0409N + 0.2275P - 0.5315NR - 0.0029P^2 - 0.00004NRP$$

MODELO MIXTO RAIZ CUADRADA - CUADRATICO



PRUEBA DE (f) PARA DOS MODELOS; REDUCIDO Y COMPLETO.

Una vez que se obtuvo la ecuación de regresión para los modelos en estudio, se procedió a graficar los valores observados y los calculados, observándose que la interacción del  $N \times P$  tendía a cruzarse en todos los casos, dando con ello idea de un caso típico de interacción negativa de dos factores. Como comprobación se obtuvo la prueba de (f) para los 2 modelos, aduciendo como modelo completo aquel que en el estudio continuaba afectado por la interacción  $N \times P$  y como Modelo Reducido aquel que no era afectado, por la interacción; como se puede observar en el cuadro 5.

CUADRO 5.

PRUEBA DE (F) PARA CALCULAR EL VALOR DE LA INTERACCION DE UN MODELO COMPLETO Y REDUCIDO DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA, CICLO (1972)

MODELO CUADRATICO						MODELO RAIZ CUADRADA					
F.V.	S.C.	C.M.	R <sup>2</sup>	S.C.	F.C.	F.V.	S.C.	CM	R <sup>2</sup>	S.C.	F.C.
E.	E.	E.E.		Ex. Res.		E.	E.	E.E.		Ex. Res.	
M.C.451.50		9.81	0.33	0.538	0.054	M.C. 46718	10.15	0.1313	0.474		467.3
M.R.452.01		9.62	0.33			M.R. 467.65	9.95	0.312			

MODELO MIXTO CUADRATICO - RAIZ CUADRADA						MODELO MIXTO RAIZ CUADRADA - CUADRATICO					
F.V.	S.C.	C.M.	R <sup>2</sup>	S.C.	F.C.	F.V.	S.C.	C.M.	R <sup>2</sup>	S.C.	F.C.
E.	E.	E.E.		Ex. Res.		E.	E.	E.E.		Ex. Res.	
M.C. 475.80	10.34	0.30	0.237	0.022		M.C. 444.21	9.65	0.337	0.418	0.043	
M.R.476.03	10.12	0.30				M.R.444.63	9.46	0.336			

## CALCULO DE OPTIMOS ECONOMICOS.

Para calcular la Dosis óptima económica (D.O.E) sin restricciones de capital para la variable rendimiento de grano y su característica Volúmen de expansión, se eligió el procedimiento de cálculo que a continuación se describe:

## DOSIS OPTIMA ECONOMICA PARA RENDIMIENTO DE GRANO.

Partiendo de la ecuación de regresión:

$$\hat{Y} = 3410.76 - 8.1570N + 3.8933P + 257.4908\sqrt{N} + 200.5290\sqrt{P} - 19.7842\sqrt{N}\sqrt{P} \quad (1)$$

Se obtiene la primera derivada del rendimiento Y con respecto a N y a P y se iguala con la relación sobre el precio de un kg de producto (maíz), de la forma:

$$\frac{dy}{dn} = -8.1570 + \frac{128.7454}{\sqrt{N}} - \frac{9.8921\sqrt{P}}{\sqrt{N}} = \frac{5.50}{6.00} \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dn} = 3.8933 + \frac{100.2645}{\sqrt{P}} - \frac{9.8921\sqrt{N}}{\sqrt{P}} = \frac{5.50}{6.00} \quad (3)$$

Siguiendo el álgebra:

$$-8.157\sqrt{N} + 128.7454 - 9.8921\sqrt{P} = .916\sqrt{N} \quad (4)$$

$$3.8933\sqrt{P} + 100.2645 - 9.8921\sqrt{N} = .916\sqrt{N} \quad (5)$$

$$-7.2410\sqrt{N} - 9.8921\sqrt{P} = -128.7454 \quad (6)$$

$$2.9770\sqrt{P} + 9.8921\sqrt{N} = -100.2645 \quad (7)$$

Finalmente Multiplicando por (-1) la ecuación (6) el sistema de ecuaciones simultáneas para N y P puede resolverse por diversos pro

cedimientos. Aquí se usó la regla de Kramer (utilizando determinantes) -- para calcular el óptimo económico para N y P.

El procedimiento de cálculo es sencillo de manejar; a continuación se explica en detalle:

1a. Se ordenan las ecuaciones (6) y (7) con respecto a N y P.

$$+7.2410 \sqrt{N} + 9.8921 \sqrt{P} = 128.7454 \text{ ----- (8)}$$

$$-9.8921 \sqrt{N} + 2.9770 \sqrt{P} = 100.2445 \text{ ----- (9)}$$

2a. Para resolver por determinantes se sigue el siguiente arreglo.

$$\begin{pmatrix} 7.2410 + 9.8921 \\ -9.8921 + 2.9770 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \sqrt{N} \\ \sqrt{P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 128.7454 \\ -100.2646 \end{pmatrix}$$

3a. Resolviendo para  $\sqrt{N}$

$$\sqrt{N} = \frac{(128.7454 \times 2.9770) - (-100.2646 \times 9.8921)}{(7.2410 \times 2.9770) - (-9.8921 \times 9.8921)}$$

$$\sqrt{N} = \frac{383.2750 + 991.8174}{21.5564 + 97.8516}$$

$$\sqrt{N} = \frac{1375.0850}{119.40}$$

$$\sqrt{N} = 11.51$$

$$N = 132.63 \text{ kg}$$

4a. Para encontrar la Dosis óptima económica para P, puede hacerse de la misma manera como se calcula la dosis de N, o bien sustituyendo N en cualquiera de las ecuaciones (8) ó (9), se despeja P y se encuentra la dosis óptima.

Haciendo los cálculos en la ecuación (8).

$$7.2410 \times \sqrt{132.63} + 9.8921 \sqrt{P} = 128.7454$$

$$83.3439 + 9.8921 P = 128.7454$$

$$\sqrt{P} = \frac{128.7454 - 83.3439}{9.8921}$$

$$\sqrt{P} = \frac{45.4015}{9.8921}$$

$$\sqrt{P} = 4.5496$$

$$P = 21.06 \text{ Kg}$$

#### DOSIS ÓPTIMA ECONOMICA PARA VOLUMEN DE EXPANSION.

La ecuación de regresión resultante para la característica volumen de expansión fué:

$$\hat{Y} = 16.3856 + 0.0409N + 0.2230P - 0.5514 \sqrt{N} - 0.0029 P^2$$

Resulta claro observar en esta ecuación, que la interacción  $N \times P$  no resultó significativa y es por ello que se omite.

Otras observaciones es que para el coeficiente de regresión para  $N$ , ésta es de signo negativo, lo cual no permite calcular un óptimo, matemáticamente para  $N$ .

Para calcular el óptimo económico para  $P$  se hizo de la misma forma descrita anteriormente y resultó ser de 127 kg., pero como este valor no fué ensayado, lo que debería recomendarse será el máximo nivel ensayado, en este caso 80 kg de  $P_2O_5$ /Ha.

Sin embargo cabe razonar un poco, acerca de modificar la (D.O.E) de  $N$  y  $P$  con tal de tener un mayor volumen de grano es por su peso, no conviene elevar la dosis, pero si además del peso de grano se paga la calidad (V.E) entonces si resulta atractivo económicamente elevar la fertilización.

Por último, se reporta el volumen de expansión (V.E) que se tendría aplicando la (D.O.E) para N y P que fué calculada con la ecuación de regresión para rendimiento de grano (1) y que fué:  $132-21-0$ ; substituyendo en dicha ecuación:

$$V.E = 16.3856+0.0409(132)+0.2230(21)-0.5514 \cdot 132-0.0029 \times (21)^2$$

$$V.E = 16.3856+5.399+4.683-6.346-1.279$$

$$V.E = 18.84 \text{ ml.}$$

## V CONCLUSION.

Las conclusiones obtenidas en el presente estudio proceden de solo un año de estudio por lo que estan sujetas a ser modificadas ó -- reafirmadas por otros años de ensayo.

Teniendo como objetivo el aumentar el Volúmen de expansión y el rendimiento de grano en el maíz palomero.

1o.- Se inició el presente trabajo, bajo un diseño de tratamiento "Polinomio de segundo grado" base del diseño "Cuadrado Doble" cuya ecuación de regresión no resultaba del todo clara en los resultados obtenidos para la D.O.E de hecho las deducciones matematicas son mas sencillas.

2o.- La ecuación de regresión del modelo "Raíz Cuadrada" para la variable en estudio (Rendimiento de grano) fué la que mejor se ajusto, según reglas de Berardo, la cual nos dice que debe de aplicarse una fertilización nitrogenada de 132.6 kg/ha mientras que para el fósforo se necesita una cantidad de 21.06 kg/ha por consiguiente resulta un tanto -- económico la aplicación de esta fórmula para un buen rendimiento.

3o.- En tanto que para la característica Volumen de Expansión (V.E), el Nitrógeno resulta negativo por lo que no se puede calcular una dosis óptima económica adecuada, mientras que para el elemento fosforado resulta significativo, siendo necesario una aplicación de 127 kg de  $P_2O_5$ , cantidad mayor que la estudiada, por tal motivo se aconseja se aplique 80 kg de  $P_2O_5$ , que fué la mayor ensayada.

4o.- El estudio de la interacción Nitrógeno por Fósforo resulta negativa por tal motivo siempre se encontrara problemas en su deducción gráfica y matemática.

Cabe razonar que si se desea tener una mayor cantidad de grano no conviene aumentar la fertilización, pero si además de peso, se pretende elevar la calidad (textura), entonces si resulta económico elevar la fertilización al máximo en estudio.

Se recomienda como ya se había expresado anteriormente, continuar explorando los datos aquí encontrados; ya que la fórmula arrojada en el estudio sería la 140-40-0 como la más recomendada, si se piensa en el rendimiento de grano, más si también se requiere calidad, se aconseja aumentar la cantidad de fósforo.

## VI RESUMEN.

El año de 1972 se llevó a cabo un estudio sobre fertilización del maíz palomero, en los terrenos experimentales de la Escuela de Agricultura durante el ciclo Agrícola Primavera-Verano.

El material con el cual se trabajó fué obtenido en el Campo Agrícola Experimental de Roque, Gto. que constituye un compuesto de líneas de Nebraska. (367-p) el cual forma el primer híbrido de maíz palomero mexicano.

El estudio estuvo enfocado hacia tres objetivos principales.

- 1.- Medir el efecto de la aplicación de Nitrógeno y Fósforo, sobre el rendimiento y la característica Volumen de expansión.
- 2.- Encontrar el Modelo Matemático adecuado que describa mejor la respuesta a los factores en estudio.
- 3.- Determinar la D.O.E. del Nitrógeno y Fósforo a partir del mejor modelo seleccionado.

El terreno donde se estableció el experimento se tomaron muestras de suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm para obtener las características Físico-Químicas.

El diseño experimental que se empleó fué el de Bloques al Azar de Fisher con 4 repeticiones bajo un diseño de tratamiento "Cuadrado Doble" polinomio de segundo grado con 13 tratamientos de Nitrógeno y Fósforo más 2 tratamientos adicionales de Potasio.

Los niveles de Nitrógeno ensayados fueron: 0-240 kg de N/ha con intervalos de 60 kg/ha.

Los niveles de Fósforo fueron: 0-80 kg/ha con intervalos de 20 kg/ha.

La fertilización se realizó a mano en banda abajo del surco

para luego sembrarse.

Se emplearon de 3-4 semillas por "golpe" para luego aclarar a 2 plts. dejando una población de 60,000 plts./ha.

La parcela útil fué de 2 surcos de 7 mts. de largo por 76 - cm. de ancho.

Se efectuaron visitas periódicas del lote con el fin de - - efectuar las mediciones siguientes; la emergencia, infestación de malas - hierbas, % de plagas y enfermedades. Así como tomar datos a la respuesta vegetativa.

A la cosecha se midieron el % de grano podrido, rendimiento de grano, peso hectolitrico, y Volúmen de Expansión.

La selección del mejor modelo, se hizo en base a las Reglas de Berardo D'Amico.

Pensando que la interacción N x P podría afectar al resultado de la ecuación de regresión se procedió a procesar los datos sin la interacción obteniendo con ello una ecuación de regresión similar a las estudiadas, con los modelos comparados.

La dosis óptima económica obtenida pretende señalar los requerimientos necesarios para aumentar, tanto como el rendimiento de grano como el de Volúmen de Expansión.

## VII BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Aldredge J.C. and Lyerly P.I. (1943) pop corn agric. exp. Est. -  
Iowa, Bolletin.
- 2.- Anderson, R.L. (1957) Some Statistical problems. In the analysis -  
of fertilizer response data in Baun, The Iowa State Colle  
ge. press, Inc.
- 3.- Brunson, M. A. (1937) pop corn breeding. Yearbook of Agriculture.  
pp. 395-404.
- 4.- \_\_\_\_\_ and Smit, G.L. 1948, pop corn. Bul. No.1679 Agric. Exp. -  
Sta. Purdue University U.S. Dept. of Agriculture.
- 5.- Brown W. G. E. O. Pesek J.T. et al (1956) Productions, Isoquant, -  
Isoclines and economic optima. In corn fertilization for  
experiment. With and thee variable nutrientes.  
Iowa agric. Exp. Sta. Res. Bull. 441
- 6.- Berardo D' Amico A. (1972) Estudio Empirico de la contribución de  
algunos modelos y matrices experimentales sobre el sesgo  
el aproximar supefficies de respuesta con 2 factores. Tesis  
M.C. sin publicar. Biblioteca C.P. E.N.A. Chapingo, México.
- 7.- Clary G. A. (1954) A study of the in he ritage of expansión in pop  
corn pH Dr. Tesis Purdue University.
- 8.- Cady F.B. and larird R. J. (1969) Bias Error in Yield Functions as  
Influences by Incatment. Design and postulated model. Soil  
Science Society of America Proceeding Vol. 33 No.2 p.p.  
282-286.

- 9.- Cochran W. G. y Cox G. M. 1957 Diseños experimentales Ed. trillas - México.
- 10.- Contreras, A. A. (1942) Mapa de las provincias climatológicas de la Republica Mexicana. Sria. Agri. y Fomento Dirección de Geografía meteorología e hidrología.
- 11.- De la Loma J.L. (1966) Experimentación Agrícola U.T.H. L.A 2a. Edición México.
- 12.- Escobar G. J. (1967) Metodología para el estudio de una superficie de respuesta en base de diseño "Cuadrado Doble" C.E.C. Colegio de Post-graduados E.N.A. Chapingo, México.
- 13.- \_\_\_\_\_ (1966) Introducción al estudio de la superficie de respuesta, diseño de primer y segundo orden, seminario presentado en la rama de estadística del C.P. E.N.A. Chapingo, México, copia mimeografiadas.
- 14.- Lysterly P.J. Sowe genetic and Morphologic Characters Affecting the popping expansion of pop corn. Journal of the Americ. Soc. of Agronomy Vol. 34 pp. 386-999.
- 15.- Laird R. J. (1968) Tecnicas de campo para experimentos con fertilizante. Folleto de investigación No.9 C.I.M.M.Y.T. México.
- 16.- \_\_\_\_\_ y Rodriguez J.H. (1965) Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacan y Jalisco Folleto técnico No.50 INIA-SAG. Méx.

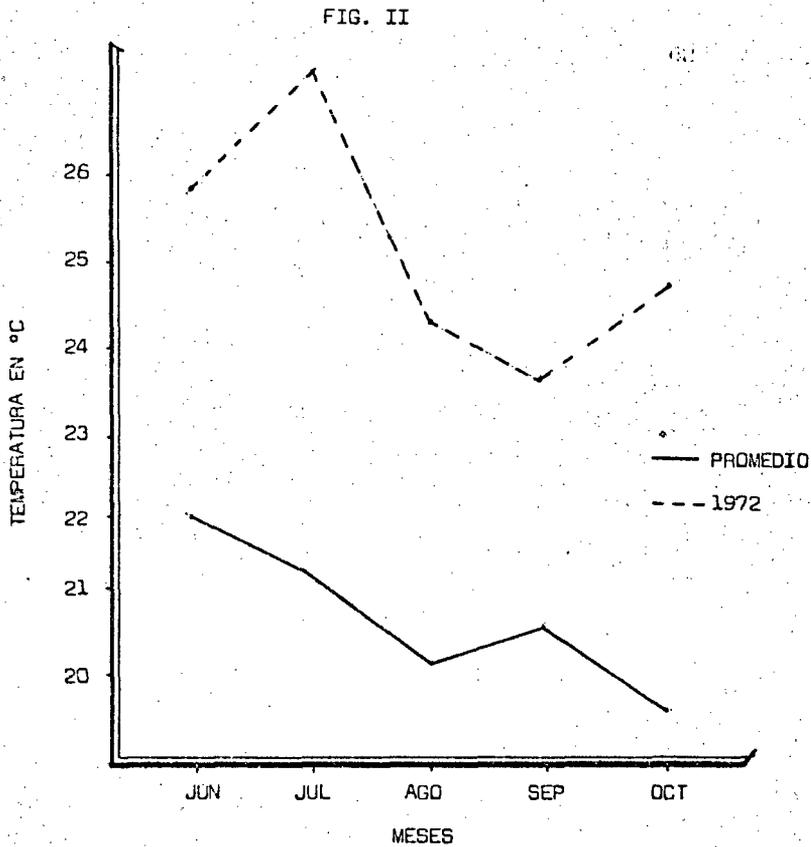
- 17.- Mendez R.J. (1967) El concepto del modelo lineal en la enseñanza de la metodología estadística tesis de M.C. Biblioteca - E.N.A. Chapingo, México.
- 18.- Martínez G.A. (1971) Aspectos económicos del diseño y análisis de experimentos. Centro de Estadística y Cálculo. C.P. - E.N.A. Chapingo, México.
- 19.- Pansa V. G. y Sukhatme P.V. (1963) Metodología Estadística para investigadores agrícolas. Fondo de cultura económica.
- 20.- Robles R. y Covarrubias R. mejoramiento de la capacidad de expansión en maíces palomeros. Agrociencia c.p. Serie No. A 1970 Chapingo, México.
- 21.- Sturtevant, E.L. (1894) Notes on maize turrey. Bot. Club Bol.21 p.p. 324.
- 22.- Torres, B.M. y Ortega, T.E. (1969) Fertilización del trigo en el Valle del Mayo Folleto técnico No.54 INIA-SAG Chapingo, México.
- 23.- Turrent, F.A y Laird. J.R, (1975) Escritos sobre la metodología de investigación en productividad de suelo. Matrices Plan Puebla Rama de Suelos C.P. E.N.A. Chapingo, México.
- 24.- Villalpando I. J. Fco. (1972) Efecto de la fertilización sobre el rendimiento de grano y algunas características del cultivo de girasol (*Helianthus Annus*) en el Valle de Guadalajara tesis profesional Escuela de Agricultura de la U. de G.

## A P E N D I C E

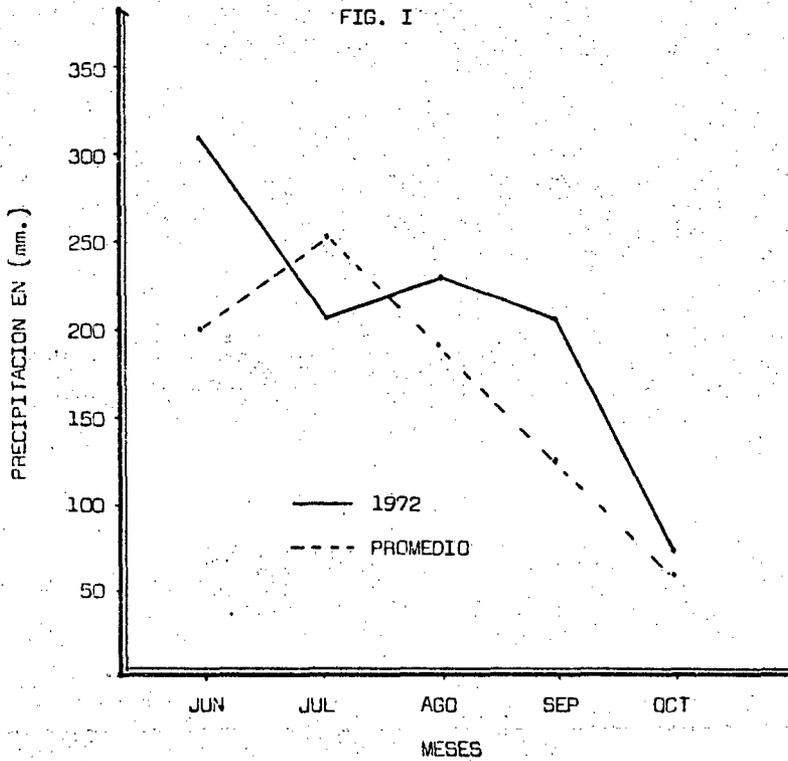
## CUADRO I.

PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIAS MENSUALES  
PARA ZAPOPAN, JAL.

MES	PRECIPITACION MEDIA (mm) PROMEDIO DE 12 AÑOS	TEMPERATURAS MEDIAS (°C) PROMEDIO DE 5 AÑOS
ENERO	13.6	19.9
FEBRERO	4.3	20.8
MARZO	0.2	22.7
ABRIL	4.3	25.3
MAYO	24.8	27.0
JUNIO	189.2	25.8
JULIO	250.9	26.7
AGOSTO	192.6	24.0
SEPTIEMBRE	126.2	23.1
OCTUBRE	74.4	24.0
NOVIEMBRE	10.1	21.4
DICIEMBRE	15.5	20.8
ANUAL	906.1	23.5



COMPARACION ENTRE LAS TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES, PROMEDIO DE 5 AÑOS Y LAS DEL AÑO DE ESTUDIO, EN EL PERIODO DE JUNIO A OCTUBRE EN EL VALLE DE ZAPOPAN, JAL.



COMPARACION ENTRE LA PRECIPITACION MEDIA MENSUAL, PROMEDIO DE 12 AÑOS Y LA DEL AÑO DEL ESTUDIO, EN EL PERIODO DE JUNIO A OCTUBRE EN EL VALLE DE ZAPOPAN, JAL.

## CUADRO II.

ANALISIS DE REGRESION PARA LA CARACTERISTICA VOLU-  
MEN DE EXPANSION, SIN INCLUIR LA INTERACCION  $N \times P$ ;  
DEL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE  
GUADALAJARA, CICLO 1972.

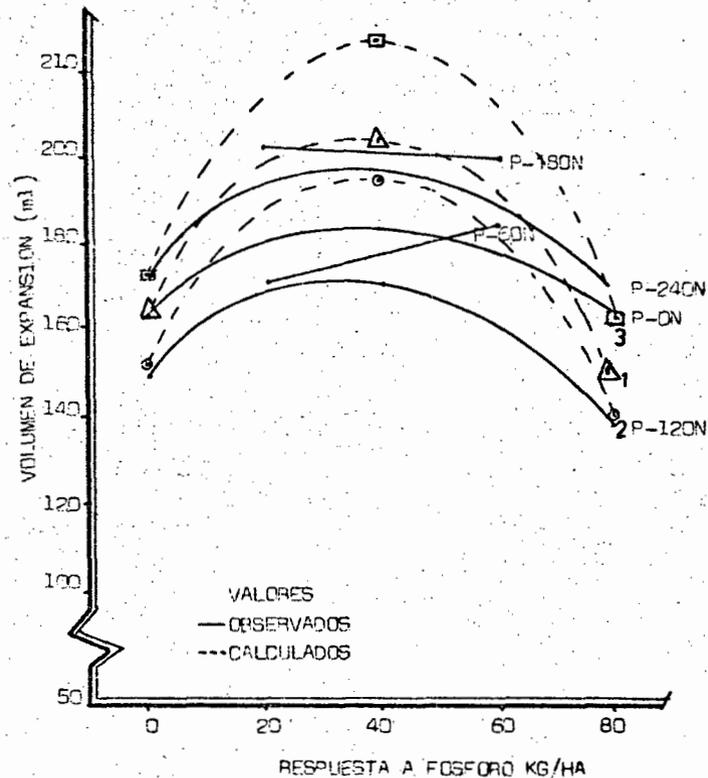
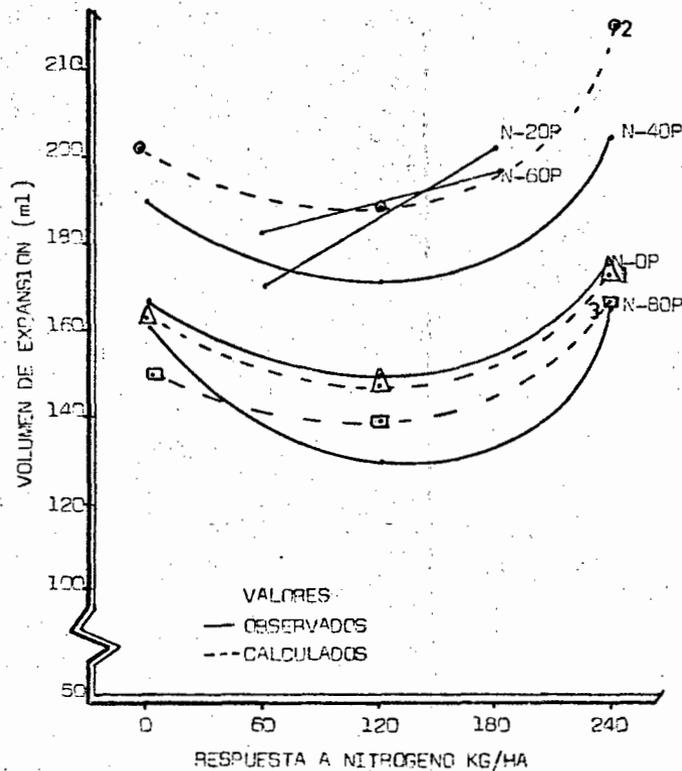
MODELO CUADRATICO				MODELO RAIZ CUADRADA			
COEFICIENTE	VALOR DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE	VALOR DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		
B0	16.207	14.68	0.0001	B0	16.272	14.06	0.0001
B1	-0.023	-1.32	0.188	B1	0.012	2.33	0.0225
B2	0.217	4.16	0.0003	B2	-0.235	-4.28	0.0002
B3	0.0001	1.78	0.0774	B3	-0.582	-2.04	0.0441
B4	-0.002	-4.53	0.0001	B4	2.104	4.26	0.0002
$R^2 = 0.33$				$R^2 = 0.31$			
C.M.E.E. =				C.M.E.E. =			

MODELO MIXTO CUADRATICO - RAIZ CUADRADA			MODELO MIXTO RAIZ CUADRADA - CUADRATICO				
COEFICIENTE	VALOR DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE	VALOR DE T	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		
B0	16.096	13.98	0.0001	B0	16.385	14.72	0.0001
B1	-0.024	-1.36	0.1765	B1	0.040	2.30	0.0239
B2	-0.229	-4.15	0.0005	B2	0.223	4.27	0.0002
B3	0.0001	1.80	0.0733	B3	-0.551	-2.00	0.0481
B4	2.041	4.13	0.0003	B4	-0.002	-4.64	0.0001
$R^2 = 0.30$			$R^2 = 0.34$				
C.M.E.E. =			C.M.E.E. =				

FIG. III  
 EFECTO DEL N y  $P_2O_5$  SOBRE EL VOLUMEN DE EXPANSION SIN INCLUIR LA INTERACCION N/P; EN EL LOTE EXPERIMENTAL ESTABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA. CICLO 1972.

$$Y = 16.3856 + 0.0409N + 0.2230P - 0.5514NR - 0.0029P^2$$

MODELO MIXTO RAIZ CUADRADA - CUADRATICO

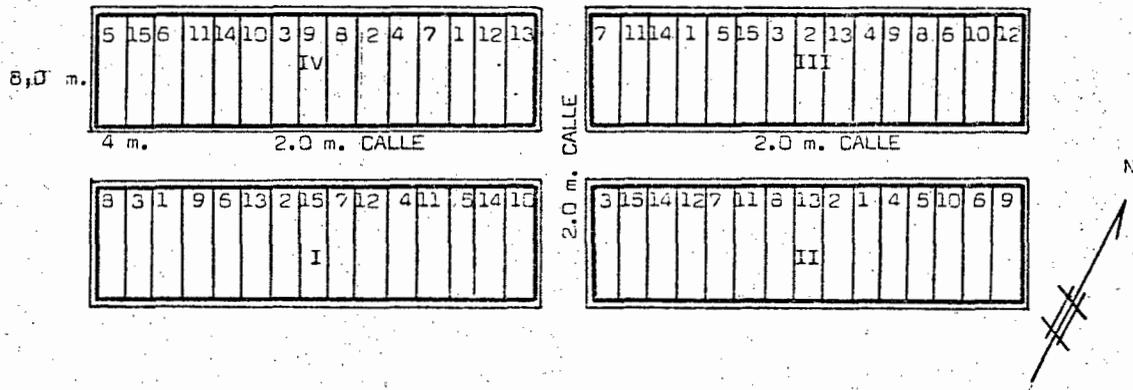


## CUADRO III.

DATOS PROMEDIO SOBRE: DIAS A FLORACION,  
PESO HECTOLITRICO, GRANO SIN REVENTAR.

TRATAMIENTO	DIAS A FLORACION	PESO HECTOLITRICO	GRANO SIN REVENTAR
0-0-0	58.5	85.15	25
0-40-0	54.0	82.99	23
0-80-0	54.7	83.17	33
60-20-0	54.5	83.36	66
60-60-0	54.0	83.86	34
120-0-0	56.0	85.37	56
120-40-0	53.5	83.25	42
120-80-0	56.5	84.47	88
180-20-0	57.0	83.10	18
180-60-0	55.5	84.32	29
240-0-0	55.0	84.85	21
240-40-0	55.0	84.37	25
240-80-0	55.5	83.25	66
160-40-40	55.0	84.32	22
160-40-80	54.0	85.21	35

FIG. IV



DISTRIBUCION DE PARCELAS Y TRATAMIENTOS EN EL LOTE  
 EXPERIMENTAL DE FERTILIZACION EN MAIZ PALOMERO ES-  
 TABLECIDO EN EL VALLE DE GUADALAJARA (1972)