



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

DETERMINACION DE DENSIDAD DE POBLACION Y DOSIS DE
FERTILIZACION OPTIMAS PARA EL HIBRIDO DE MAIZ H-30.
EN LOS REYES, TEXCOCO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA

JOSE LUIS ANIMAS VARGAS

ASESOR: ING. EDGAR ORNELAS DIAZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN S. A. M.
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

SECRETARIA DE EDUCACION
PUBLICA

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

ATN: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe de Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Determinación de densidad de población y dosis de fertilización orgánica
para el híbrido de maíz H-30, en Los Reyes, Texcoco.

que presenta el pasante: Jose Luis Aninos Vargas
con número de cuenta: 7748000-4 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mé. D. F. a 18 de agosto de 1997

PRESIDENTE	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>
VOCAL	<u>Ing. Cesar Marcotte Morales</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Guillermo Rosente Guzmán</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Javier Vega Martínez</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Roberto Guerrero Agado</u>

JURADO

PRESIDENTE

ING. EDGAR ORNELAS DÍAZ.

VOCAL

ING. CESAR MAYCOTTE MORALES.

SECRETARIO

ING. GUILLERMO BASANTE BUTRON

PRIMER SUPLENTE

ING. JAVIER VEGA MARTINEZ.

SEGUNDO SUPLENTE

ING. ROBERTO GUERRERO AGAMA.

DEDICATORIAS

Con todo mi cariño y respeto para mis padres, Silvia y Cristobal, por su apoyo siempre presente y su ejemplo de trabajo y dedicacion.

Con todo mi amor y cariño para mi compañera en la vida, Alma Lucia, por su alegría y entusiasmo para seguir adelante.

Para mis queridos pequeñines: Axel, Amilcar y Quetzali. Por darle sentido a mi existencia.

A mi hermano Héctor, por su apoyo constante y por ser un ejemplo de lucha y tenacidad.

A mis hermanas Vita y Lety, por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A los Maestros en Ciencias Margarita Gisela Peña Ortega y Juan Martínez Solís, por todo el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Edgar Ornelas Díaz, por su atinada dirección y su entusiasmo siempre motivante.

A los Ingenieros Cesar Maycotte Morales y Guillermo Basante Butrón, por sus valiosas sugerencias y observaciones.

A los Ingenieros Javier Vega Martínez y Roberto Guerrero Agama, por su apoyo brindado en la revisión del trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por su amplia y generosa obra educativa, que a todos nos beneficia.

A todas aquellas personas, que con su voluntad y esfuerzo contribuyeron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	PAGINA
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS EN EL TEXTO	III
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	4
Objetivos	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Componentes De Rendimiento.	7
2.2. Efectos De Densidad De Población En El Rendimiento Y Sus Componentes.	7
2.3. Efecto De La Fertilización Mineral En El Rendimiento Y Sus Componentes.	14
2.3.1. Efecto Del Nitrógeno.	14
2.3.2. Efecto Del Fósforo.	20
2.3.3. Efecto Del Potasio.	23
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización Del Experimento Y Condiciones Climáticas.	26
3.2. Tipo De Suelo.	26
3.3. Factores Estudiados Y Espacio De Exploración.	27

3.4. Diseño Experimental Y De Tratamientos.	27
3.5. Parcela Experimental Y Parcela Útil.	29
3.6. Fuentes De Fertilización.	29
3.7. Conducción Del Experimento.	29
3.8. Características De Los Genotipos.	31
3.9. Descripción De Variables Estudiadas.	32
3.10. Análisis Estadístico.	35
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	36
4.1. Matriz Plan Puebla I.	36
4.2. Factorial Completo.	45
4.3. Análisis Canónico De La Superficie De Respuesta.	53
4.4. Prueba De Contrastes.	60
4.4.1. Tratamiento De La Matriz Plan Puebla I.	60
4.4.2. Tratamiento Del Factorial Completo.	62
4.4.3. Tratamientos Opcionales.	65
V. CONCLUSIONES.	67
VI. BIBLIOGRAFÍA.	69

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS.

	PAGINA	
FIGURA 1.	ARREGLO DE TRATAMIENTOS N.P Y DP DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I.	28
CUADRO 1.	RELACION DE TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I. Y TRATAMIENTOS OPCIONALES.	30
CUADRO 2.	ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, PARA LOS TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I	36
CUADRO 3.	PRUEBA DE SEPARACION DE MEDIAS DE DUNCAN PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, PARA LOS TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I	40, 41
CUADRO 4.	ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, PARA LOS TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL COMPLETO	41
CUADRO 5.	PRUEBA DE SEPARACION DE MEDIAS DE DUNCAN PARA RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, PARA LOS TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL COMPLETO	41
CUADRO 6.	SIGNIFICANCIA DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA FACTORES PRINCIPALES Y SUS INTERACCIONES PARA EL FACTORIAL COMPLETO	51
CUADRO 7.	ANALISIS CANONICO DE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES, PARA LOS TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I	54
FIGURA 2.	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL HIBRIDO DE MAIZ H-30, A LA DENSIDAD DE POBLACION Y LA FERTILIZACION NITROGENADA	57
FIGURA 3.	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL HIBRIDO DE MAIZ H-30, A LA FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA.	58
FIGURA 4.	SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL HIBRIDO DE MAIZ H-30, A LA DENSIDAD DE POBLACION Y LA FERTILIZACION FOSFORICA	59
CUADRO 8.	PRUEBA DE CONTRASTES PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO, CONSIDERANDO LOS TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I	60
CUADRO 9.	CONTRASTES SIGNIFICATIVOS PARA LAS VARIABLES EVALUADAS CONSIDERANDO LOS 20 TRATAMIENTOS	62
CUADRO 10.	PRUEBA DE CONTRASTES PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO CONSIDERANDO LOS TRATAMIENTOS OPCIONALES.	65

RESUMEN

Se estableció un experimento con el objetivo de determinar los niveles de Nitrogeno, Fosforo y Densidad de Población óptimos para la obtención del mayor rendimiento de grano del híbrido de maíz H-30, para las condiciones ambientales de Los Reyes San Salvador, Municipio de Texcoco en el Estado de Mexico; dentro del área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural III. De igual forma se exploró el efecto de la fertilización potásica y su comparación con los genotipos de maíz, VS-22 y Criollo Regional.

Los niveles de fertilización y Densidad de Población que se usaron fueron: de 100 a 160 Kg ha de Nitrogeno, de 40 a 100 Kg ha de Fosforo y de 40 a 70 mil plantas ha .

En base a los niveles de fertilización y Densidad de Población se generaron 14 tratamientos de acuerdo al arreglo experimental Matriz Plan Puebla I, que se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. Así mismo se generaron 6 tratamientos opcionales que incluyeron el uso del Potasio y los genotipos antes mencionados. Las variables que se cuantificaron fueron el rendimiento de grano y sus componentes.

Se realizaron análisis de varianza y prueba de separación de medias de Duncan, considerando los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I y los que constituyen el factorial completo. Se realizó la prueba de contrastes de los tratamientos opcionales para diferenciar los efectos de los factores principales. Así también se estimaron las funciones de respuesta de cada variable, representando gráficamente las superficies de respuesta.

De los resultados obtenidos destacan los siguientes:

Bajo el arreglo de tratamientos de la Matriz Plan Puebla I los componentes de rendimiento del híbrido de maíz H-30, que presentan diferencia significativa son

número de hijos por parcela (NH), número de plantas por parcela (NP) y número de mazorcas por parcela (NM). Esta respuesta se asocio directamente con los niveles de Densidad de Poblacion utilizados.

La mejor expresion del rendimiento de grano del H-30, 6120.98 Kg ha , se produjo con los niveles de 120 Kg ha de Nitrogeno, 80 Kg ha de Fosforo y 60 mil plantas ha .

El rendimiento de grano del hibrido de maiz H-30, no mostro diferencia significativa para los tratamientos de la Matrix Plan Puebla I. Lo cual no ocurrio para los tratamientos ortogonales del factorial completo.

Para ambos arreglos de tratamientos, solamente la variable numero de hijos por parcela(NH) presento diferencia significativa.

El componente numero de mazorcas por parcela (NM) mostro ser el mas activo en el ajuste del rendimiento de grano. Sin embargo, el componente que contribuye en mayor medida al incremento del rendimiento de grano es el peso de grano.

La densidad de poblacion resulto ser el factor principal que mas influye en los componentes altura de planta (AP), numero de hijos por parcela (NH), numero de plantas por parcela (NP) y en el propio rendimiento de grano (RG). Siendo el nivel de 60 mil plantas ha , la densidad optima para el hibrido de maiz H-30.

Las funciones de respuesta de las variables obtenidas , en el experimento, no permitieron determinar la formula de produccion optima. Solamente la variable numero de hijos por parcela (NH) , encontro como solucion un minimo.

Al aumentar la densidad de poblacion en 20 mil plantas ha , aumenta el rendimiento de grano por unidad de area en un 29 %, no obstante que el rendimiento de plantas individuales disminuye, esto debido a un efecto compensatorio.

Se encontro que al disminuir en un 100 % la dosis de Nitrogeno (de 120 a 60 Kg ha) manteniendo constante el

nivel de Fosforo (en 60 Kg ha) e incrementando la densidad de poblacion a 70 mil plantas, el numero de mazorcas por parcela (NM) disminuyo en un 25 %, debido principalmente a una mayor presencia de plantas jorras.

La variedad sintetica VS-22 muestra una mayor eficiencia en la expresion del componente numero de granos por mazorca (NG), que el hibrido H-30 y el Criollo local. No obstante la variedad criolla presenta mayor adaptabilidad al medio, que la variedad VS-22, al expresar mejor los componentes altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM).

El maiz ha sido historicamente y en la actualidad sigue siendo, el principal cultivo del pais. Anualmente se cultivan alrededor de 7.5 millones de hectareas, de las cuales mas del 85% se localizan en areas de temporal, con rendimientos promedios nacionales de 1.2 a 1.8 toneladas por hectarea.

En las ultimas decadas, el consumo nacional aparente de maiz creció mucho mas rapidamente que la produccion, lo que ha provocado un aumento considerable en las importaciones y con ello, un mayor grado de dependencia alimentaria.

La tasa media anual de incremento de la poblacion ha sido de 2.4%, mientras que la produccion crecio a una tasa promedio de 1.6%, por lo que las importaciones aumentaron en 2.8% anual. Para 1991, se importaron cerca de 4 millones de toneladas de maiz; de lo cual se deduce la urgente necesidad de aumentar la produccion de este grano basico.

Mas aún, con la presion de satisfacer una demanda anual interna de 15 millones de toneladas y la exigencia de elevar los indices de produccion y productividad frente a la competencia que representa la firma del TLC, a partir de 1994 y en un periodo de 15 años nuestro pais debe contar con la autosuficiencia necesaria para recuperar y mantener su soberania alimentaria.

Por orden de importancia despues de Jalisco, el Estado de México es el segundo productor de este cereal con 725 mil hectareas, una produccion de 2,310,000 toneladas y un rendimiento promedio de 3.1 toneladas por hectarea. No obstante este rendimiento, es comun que en extensas regiones del estado con condiciones favorables para el cultivo, se obtengan bajos rendimientos (SARH, 1987).

Con el Programa Especial de Produccion de Maiz (PEPMA) en 1990 se alcanzaron en promedio 6.1 toneladas por hectarea

en los dos Distritos de Desarrollo Rural (Toluca y Atlacomulco) donde inicio. En 1991, dicho programa atendio en el Distrito de Desarrollo Rural III Texcoco, 5000 hectareas distribuidas en 15 municipios de la region, de los cuales Atenco, Chalco y Texcoco tienen la modalidad de riego (Rodriguez y De la Cruz, 1995).

En los paquetes tecnologicos comprendidos en el PEPMA, se encuentra el uso de variedades mejoradas (VS-22, H-28, H-30, H-34 y H-137), la utilizacion de altas densidades de poblacion y el uso racional de fertilizantes y pesticidas.

La utilizacion de variedades mejoradas ofrecio la perspectiva de un rapido y considerable aumento en la produccion agricola. Debido a las diferencias geneticas que presentan los distintos materiales mejorados, la tecnologia de produccion que debe emplearse para optimizar los rendimientos tiene que ser diferente.

Por lo anterior, se reconoce la necesidad de estudiar las diferentes practicas de cultivo que permitan la expresion del potencial de rendimiento de cada material en una zona de produccion determinada, siendo la densidad de poblacion y la fertilizacion del suelo las practicas de manejo mas importantes.

Con este proposito se establecen los siguientes objetivos:

1.- Determinar los niveles de Nitrogeno, Fosforo y Densidad de Poblacion optimos para la obtencion del mayor rendimiento de grano del hibrido de maiz H-30, para las condiciones de Los Reyes San Salvador, Texcoco, Estado de Mexico.

2.- Explorar el efecto del Potasio, la comparacion con otros genotipos (VS-22 y Criollo Regional) y el uso de formulas extremas de fertilizacion y Densidad de Poblacion.

Las hipótesis consideradas en este experimento son:

- 1.- Existe un nivel óptimo de Nitrogeno, Fosforo, Potasio y Densidad de Poblacion para la obtencion del mayor rendimiento de grano del híbrido de maiz H-30.
- 2.- El rendimiento de grano y sus componentes morfológicas, responden diferencialmente a la fertilización y densidad de población.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Componentes del rendimiento.

Los componentes del rendimiento son aquellos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos de la planta, que se pueden identificar y que regulan la producción de grano. Los componentes morfológicos son aquellos relacionados con los órganos aéreos y subterráneos de la planta. Dentro de los más estudiados se encuentran: altura de planta, peso de planta (ya sea fresco o seco), número y tamaño de las hojas, rendimiento de grano por planta, área foliar por planta, peso y dimensiones de la mazorca, así como número de hileras y de granos (Lang, 1954).

La expresión e influencia de cada componente en el rendimiento de grano está determinada por las prácticas de manejo del cultivo y su interrelación con los procesos fisiológicos de cada genotipo. Para el híbrido de maíz H-30, Martínez (1987), reporta que el peso de mazorca, peso de grano y peso de 100 granos son los componentes de mayor relevancia en el rendimiento de grano.

2.2. Efectos de la densidad de población sobre el rendimiento y sus componentes.

En los últimos 30 años, los rendimientos de maíz se han incrementado sobre el 70%, debiéndose gran parte de este incremento al mejoramiento genético (Duvick, 1977; Russell, 1984), el cual ha estado asociado con un incremento en la tolerancia al estrés, lo cual ha incrementado su competitividad (Tollenaar et al., 1994); así como a la mejora de las condiciones agrícolas, particularmente el uso de fertilizantes y altas densidades de población (Prior y

Russell, 1975). Se ha señalado que en la agricultura altamente desarrollada, los mayores rendimientos de grano en maiz en su mayor parte podran obtenerse por efectos de interacción, por lo que investigadores y agricultores deben estar preparados para probar combinaciones de dos o mas practicas (Cooke, 1975).

Arellano (1976), encontro que los maices hibridos superan a los criollos regionales en cuanto a rendimiento, siempre y cuando no hubiera un factor limitante como el agua y las heladas.

Las diferencias geneticas entre hibridos juegan un importante papel en la respuesta del rendimiento a diferentes practicas de manejo (Linag,1992). Para que los hibridos mejorados puedan expresar todo su potencial de rendimiento, los componentes ambientales deben ser los adecuados (Carlone y Russell, 1987). De acuerdo con Allard y Bradshaw (1964), dichos componentes ambientales se pueden clasificar en no predecibles (temperatura, precipitacion, plagas y enfermedades) y predecibles (fertilidad del suelo, densidad de poblacion, fecha de siembra y riego). Por lo que el agricultor debe considerar los factores no predecibles cuando selecciona el nivel de un componente predecible. Al respecto, algunos investigadores han considerado que la velocidad de desarrollo del maiz esta influenciada predominantemente por la temperatura (Tollenaar et al . 1979), deficiencia de nitrogeno (McCullough et al., 1994) y el estres hidrico.

La densidad de poblacion requerida para una completa utilizacion del ambiente esta influenciada por la seleccion del hibrido, ya que algunos hibridos son capaces de compensar las bajas densidades de poblacion produciendo varias mazorcas por planta (prolificidad) o incrementando el

tamaño de las mazorcas individuales cuando las condiciones son favorables (mazorcas plasticas), (Dorieux et al., 1993)

Las respuestas reproductivas del maiz a la densidad de poblacion han mostrado que generalmente los rendimientos de plantas individuales disminuyen conforme se incrementa la densidad de poblacion, mientras que el rendimiento por unidad de area se incrementa (Duncan y Ohlrogge, 1958), lo cual sucede por la compensacion del gran numero de plantas (Prine y Schroder, 1964). Tetio-Kagho y Garder (1988) estimaron que a altas densidades el rendimiento se incrementa 2.5 veces mas rapidamente por unidad de area que la perdida de rendimiento por planta.

Ramirez (1985), al analizar la respuesta del rendimiento de grano del hibrido de maiz H-30 en funcion de la densidad de poblacion, encontro un incremento de 38.5 al pasar de 40 a 80 mil plantas ha .

En relacion al comportamiento del rendimiento de grano, se ha dicho que sigue una tendencia parabolica, ya que aumenta conforme se incrementa la densidad de poblacion por arriba de un punto determinado, por ejemplo 50,000 plantas por hectarea y luego comienza a decrecer con posteriores incrementos en la densidad de poblacion (Duncan y Ohlrogge, 1958; Giesbrecht, 1969; Prior y Russell, 1975; Tetio-Kagho y Gardner, 1988).

Hoyt y Bradfield (1962) señalan que a altas densidades el rendimiento deja de aumentar en proporcion al numero de plantas, debido a la competencia por los nutrientes y la humedad del suelo y por los cambios en otros factores como son la reduccion de la intensidad de luz en las hojas inferiores de la planta. Se ha sugerido que el mayor contacto de la raiz con el suelo en condiciones de altas

densidades de poblacion, incrementa la evapotranspiracion bajo condiciones de temporal, incrementando con ello las condiciones de estres para la planta (Fulton, 1970).

Se ha encontrado un comportamiento diferencial del rendimiento de grano de los hibridos de maiz, al incremento en la densidad de poblacion, dependiendo de su prolificidad. Se ha observado que los hibridos prolificos son mas alométricos que los no prolificos, ya que tienen la capacidad de cambiar proporcionalmente las distintas partes de la planta con los cambios en la densidad de poblacion (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). A su vez Prior y Russell (1975), tambien encontraron que los hibridos prolificos produjeron mas grano por planta que los no prolificos, a bajas densidades de poblacion, por lo que proponen como una importante contribucion para incrementar el rendimiento, la identificacion de hibridos que tienen el potencial genetico para producir mas grano en respuesta a mejores practicas agricolas.

Se ha mencionado tambien que los hibridos prolificos son superiores a los no prolificos para resistir la infertilidad a altas densidades de poblacion o durante condiciones de sequia (Duvick, 1974:). No obstante, el incremento en la densidad de poblacion produce que en los hibridos prolificos disminuya el numero de mazorcas por planta, los hibridos plasticos responden a los cambios en la densidad de poblacion modificando la longitud de la mazorca, lo cual solo se manifiesta en condiciones de estres hidrico, ya que cuando existe suficiente humedad los cambios en densidad de poblacion para los hibridos prolificos, no tuvieron efecto alguno en el tamaño de la mazorca (Miller et al., 1995).

Adicionalmente, se ha visto que para la determinacion

de la densidad de poblacion optima para la obtencion de los mayores rendimientos, es importante tambien considerar el arreglo topologico. Existen evidencias de que al aumentar la cuadratura de las distancias de las plantas entre y dentro del surco, se incrementan las densidades de poblacion optimas para conseguir el maximo rendimiento. 11

Se ha encontrado que al incrementar la densidad de poblacion en maiz, generalmente disminuyen todos los componentes de rendimiento de las plantas (Duncan, 1975). Se reducen significativamente la altura de planta (Collins, 1965; El-Lakani y Russell, 1971), altura de insercion de la mazorca (Collins, 1965), numero de mazorcas por planta (Downey, 1973; Prior y Russell, 1975; El-Lakani y Russell, 1977; Tsai y Chung, 1987), longitud y ancho de las hojas (Collins, 1965; Aguila et al., 1971), peso de la mazorca (Aguila et al., 1971; Baenziger y Glover, 1979) y peso de grano por planta (Lang et al., 1956; Collins, 1965) y la longitud y diametro de mazorca del hibrido de maiz H-30 (Ramirez, 1985).

Altas densidades de poblacion tambien pueden provocar otros efectos como son el incremento en el numero de plantas jorras (Collins, 1965), principalmente debido a un incremento en el intervalo entre la dehiscencia de las anteras y la aparicion de los estigmas, lo cual no permite que se efectue la polinizacion y por lo tanto la formacion de grano (Alvarado, 1977; Tollenaar et al., 1994), ocasionando el aborto de las mazorcas inferiores (Harris et al., 1976), ya que el llenado de grano puede carecer de fotoasimilados como resultado del sombreado mutuo que se produce a altas densidades (Bauman, 1960). Otros efectos observados son el aumento de la materia seca por m² (Gentor y Camper, 1973) y el retraso en la senescencia de las hojas (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). Adicionalmente, al

12
incrementarse la densidad de poblacion se incrementa el indice de area foliar (Tollenaar, 1992) y disminuye el efecto de la interferencia de las malezas en el rendimiento de maiz (Tollenaar et al., 1994).

Rubio (1994), al estudiar la distribucion de la radiacion fotosinteticamente activa en el dosel de tres genotipos de maiz (H-30, L-Mock y L-Zopilote) y su efecto en la productividad y produccion a altas densidades de poblacion (60 y 90 mil plantas ha⁻¹), encontro que los doseles del hibrido H-30 interceptaron el 95% de la radiacion incidente, expresando valores altos de la tasa de crecimiento de cultivo y del rendimiento de grano, respecto a las dos lineas probadas.

Al parecer, el numero de mazorcas por planta es una de las estrategias mas sensibles de ajuste del rendimiento de maiz a la densidad de poblacion (Prior y Russell, 1975; Tetio-Kagho y Gardner, 1988), disminuyendo linealmente conforme se incrementa la densidad de poblacion (Tsai y Chung, 1987).

Aguiña et al., (1971) señalan maximos rendimientos de grano de maiz a 60,000 pl ha⁻¹, arriba de lo cual observaron un retraso de la floracion y la polinizacion, mayor porcentaje de acame, reduccion en el diametro del tallo y la mazorca, asi como en su longitud.

De igual forma, el ahijamiento y la proliferacion en la planta de maiz son afectados por la densidad de poblacion, incidiendo asi en el rendimiento de grano. Avila et al, (1995) señalan que la presencia de hijos compensa la reduccion de biomasa acumulada por planta en altas densidades de poblacion y asegura, por lo menos, el desarrollo de las mazorcas 1 y 2 del tallo principal en la

variedad prolifica Cuatero-UACH.

En relacion al numero de hileras de la mazorca, este permanece relativamente estable sobre un amplio rango de densidades de poblacion en el caso de la mazorca principal, por lo que rara vez ajusta el rendimiento (Stringfield y Thatcher, 1947; Tetio-Kagho y Gardner, 1988); mientras que en el caso de las mazorcas inferiores resulta ser un componente del rendimiento muy activo en el ajuste de este (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). En este sentido Espinoza (1985), encontro que para el hibrido de maiz H-30 el numero de hileras por mazorca, el peso seco del tallo y de las hojas, y el peso seco total por planta determinaron el 92% del rendimiento de grano.

El numero de granos por mazorca es el mas importante componente en el ajuste del rendimiento de la planta. Sin embargo, a altas densidades, el numero de granos de la mazorca es esencialmente una funcion del numero de granos por hilera, ya que el numero de hileras es relativamente estable (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). Al respecto, el hibrido de maiz H-30 expreso una alta eficiencia a 60 mil plantas ha⁻¹, al desarrollar 550 granos por mazorca de un total de 562 ovulos (Espinoza, 1985).

Se ha visto que el peso de grano es una variable que se ve mas influenciada por la densidad de poblacion que por el vigor hibrido o el nivel de nitrogeno en el suelo (Lang et al., 1956). Altas densidades de poblacion ocasionan un decremento en el peso de grano (Downey, 1973; Tanaka y Yamaguchi, 1977). Alternativamente, Tetio-Kagho y Gardner (1988) encontraron que el peso de grano de la mazorca principal y secundaria fue un componente de rendimiento que permanecio constante en un amplio rango de densidades de poblacion, no asi en el caso de la tercera mazorca, teniendo

esta variable poco peso en el ajuste del rendimiento en ¹⁴
maiz.

Martinez (1987), al evaluar seis genotipos de maiz en Calimaya, Edo. de Mexico, bajo diferentes formulas de produccion encontro que en el hibrido de maiz H-30, el peso de 100 granos se incremento significativamente con una densidad de 75 mil plantas ha, mientras que el resto de los componentes disminuyeron su expresion. Determino el nivel de 65 mil plantas ha como el optimo para la mejor expresion del rendimiento de grano y de sus componentes.

Para el caso de otras variables, Tetio-Kagho y Gardner (1988) encontraron que el porcentaje de desgrane tambien se mantuvo constante a diferentes densidades de poblacion, mientras que el indice de cosecha disminuyo, aunque no de manera significativa, conforme se incremento la densidad de poblacion.

2.3 Efectos de la fertilizacion mineral sobre el rendimiento y sus componentes.

2.3.1 Efectos del nitrogeno.

Las practicas de cultivo como densidad de poblacion y fertilizacion del suelo, tienen un efecto relevante en los componentes de rendimiento (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

Meza (1974) observo un incremento en el rendimiento de maiz de 146 kg por cada 1,000 plantas de incremento en la densidad de poblacion, mientras que la adicion de cada kg de nitrogeno, incremento el rendimiento en 16 kg.

Estrella (1971) encontro que el cultivo de maiz en Mexico responde a las aplicaciones de nitrogeno en un 90 por ciento, a las de fosforo en un 40 por ciento y ocasionalmente al potasio. Asimismo señala que la magnitud de la respuesta esta influenciada mas por las condiciones climáticas que por las edaficas.

El nitrogeno (N) es el nutriente que mas comunmente se encuentra disponible en cantidades menores a las requeridas para el crecimiento de la planta. Interviene en la composicion de todas las proteinas simples y compuestas que constituyen la principal parte componente del citoplasma de las celulas vegetales. Es necesario para la sintesis de enzimas, dentro de las cuales se encuentran aquellas empleadas en los procesos de la fotosintesis y la fijacion del carbono (Bidwell, 1971).

Un deficiente suministro de nitrogeno ocasiona en las hojas jovenes tamanos muy reducidos y coloraciones verde claro, con amarillamiento prematuro, en general, produce un debilitamiento de la planta que repercute en la mala formacion y desarrollo de los organos reproductivos y la formacion del grano, causando la descomposicion y remocion de las proteinas de la hoja y el tallo; esta remocion de N de las hojas puede causar la descomposicion prematura de las unidades fotosintetisantes, con la consecuente reduccion en la produccion de fotosintatos.

El N se considera como un nutriente movil que se desplaza de las zonas maduras a las inmaduras, la fuente principal de N para las plantas verdes son los nitratos, que por lo general se encuentran en el suelo en forma amoniacal, por periodos cortos. Se ha demostrado que el aumento en el suministro de nitratos a la planta incrementa la asimilacion de cationes (Blevins et al., 1978).

Se ha encontrado que el N determina la capacidad del área foliar para producir grano, de ahí que sea de gran relevancia la fertilización nitrogenada para aumentar el rendimiento (Nuñez y Camprat, 1969). Los contenidos de N disminuyen conforme la planta se acerca a la madurez, por lo que el N disponible en el suelo es uno de los factores que regula el contenido de proteína del grano.

Existe una relación lineal entre la dosis de N y caracteres tales como altura de planta, diámetro de tallo, número de mazorcas por planta, peso de mazorcas, área foliar y longevidad de las hojas (Bejarano, 1971). Sin embargo, altas dosis de N pueden ocasionar reducciones en el rendimiento de grano de los cereales debido a la reducción del tamaño y número de granos, así como por el aumento en el porcentaje de plantas jorras (Donald y Hamblin, 1976). Estos mismos autores indican que la aplicación de nitrógeno a los cereales intensifica el crecimiento vegetativo, lo cual puede ocasionar un decremento en el rendimiento de grano, sobre todo bajo condiciones de déficit hídrico, en las cuales las plantas demasiado vigorosas agotan los limitados suministros de agua demasiado pronto en la estación de crecimiento, para permitir una eficiente producción de grano (Eckert y Martín, 1994).

Para el híbrido de maíz H-30 se reporta que, altas dosis de N (150 Kg. Ha) disminuyeron significativamente la expresión del número de hileras y de granos por mazorca, afectando así el rendimiento de grano. A una dosis de 80 Kg. Se obtuvo la mejor respuesta de estos parámetros (Martínez, 1987).

Los híbridos de maíz actuales tienen mayor capacidad de aprovechar el N y son más eficientes en la capacidad

fotosintética por unidad de área foliar (McCullough et al., 1994). Los distintos híbridos comúnmente necesitan diferentes dosis de N para producir un rendimiento óptimo. No se ha encontrado que la cantidad de N necesaria para un híbrido tardío sea consistentemente mayor a la requerida para un híbrido precoz (Ecker y Martín, 1994).

Para el híbrido de maíz H-30, Pastenes (1994) reporta una mayor expresión del rendimiento de grano y del peso de 100 granos a una dosis intermedia de nitrógeno (120 Kg.).

La cantidad de N necesaria para un rendimiento óptimo cada año, generalmente se incrementa conforme se incrementa el rendimiento potencial. Sin embargo, varios estudios han demostrado que cuando la densidad de población se aproxima o excede a las 50,000 plantas por hectárea (una densidad baja para las condiciones comunes de producción de este cultivo), la dosis óptima de N permanece relativamente constante (Lang et al., 1956; Colyer y Kroth, 1968).

Se ha planteado la hipótesis de que si todo el nitrógeno es aplicado antes o inmediatamente después de la siembra, varios factores pueden afectar el rendimiento potencial, incluyendo la densidad de población final así como la fecha de siembra. Aun cuando se ha postulado que la densidad de población óptima para un mayor rendimiento en maíz puede estar relacionada con la humedad disponible y la cantidad de N aplicado (Holt y Timmons, 1968), y que dicha densidad se incrementa conforme se incrementa el N disponible (Lang et al., 1956; Colyer y Kroth, 1968), no obstante, Eckert y Martín (1994) no encontraron efectos de la densidad de población sobre la cantidad de N necesaria para obtener máximos rendimientos de grano. Por su parte Tanaka y Yamaguchi (1977) señalan que tanto a bajas como a altas densidades de población, la aplicación de N incremento

el número de granos por área cosechada, así como el peso ¹⁸ de 1,000 granos. En relación a las fechas de siembra, Ecker y Martin (1994) encontraron que las fechas de siembra tardías redujeron tanto el rendimiento como la cantidad de N requerido para un rendimiento óptimo. Experimentos realizados en Illinois e Iowa demostraron también que las fechas retrasadas de siembra reducen la capacidad del maíz para responder a grandes dosis de N (Voss and Pesek, 1967; Welch et al., 1971).

El análisis de la concentración de N en la hoja de la mazorca indica que las plantas de maíz responden normalmente al N disponible en etapas tempranas del desarrollo, no así en las tardías, lo cual ha llevado a sugerir que la aplicación del N debe realizarse de una sola vez y no en forma fraccionada. Aunque Ecker y Martin (1994) no encontraron diferencia alguna en el rendimiento de grano entre la aplicación fraccionada y sin fraccionar, por su parte Jokela y Randall (1989) proponen que aunque la aplicación de N después de la emergencia del cultivo es comúnmente efectiva, el rendimiento puede ser menor que cuando todo el N es aplicado al momento de la siembra, si un largo período de clima seco sigue a la aplicación en banda, o si el suelo no contiene adecuada cantidad de N para nutrir al cultivo hasta que se haga la aplicación. El primer problema puede limitar la aceptación de la aplicación en banda en áreas donde la lluvia es poco frecuente o errática en el momento de la aplicación; mientras que el segundo problema puede ser superado usando un programa de aplicación fraccionada, aplicando cierta cantidad de N al momento de la siembra y reservando la mayor parte de este elemento para la aplicación posterior en banda.

Al respecto se ha planteado que la aplicación del fertilizante nitrogenado en banda puede ser un método

eficiente para el cultivo del maiz (Stevenson y Baldwin, 1969).

En cuanto a las relaciones que guarda el N con los otros elementos mayores, Duenas et al., (1977) mencionan que el nitrogeno es mas facilmente absorbido en presencia de fosforo (P). Asimismo se ha senalado que el N tiene un efecto significativo en el porcentaje de potasio (K) en el grano (Baig y Hoff, 1975).

La interrelacion del N y el P en el metabolismo de la planta se observa cuando las cantidades de fosfato disponibles son bajas, pues los compuestos organicos nitrogenados son absorbidos rapidamente. Por el contrario, cuando abundan los fosfatos, disminuye la absorcion de compuestos nitrogenados. Estos desequilibrios se observan en maduraciones tempranas de los cultivos (Primo et al, 1973)

El efecto sinergetico cuando se ponen juntos fertilizantes nitrogenados y fosfatados en banda se ha reflejado en el crecimiento de la raiz de plantas de maiz. Se ha encontrado una mayor masa de raices y raices mas finas cuando se pone el N junto con, en vez de separado de, la banda de fertilizante fosfatado (Duncan y Ohlrogge, 1958).

El fosforo (P) es el constituyente principal de los nucleoproteidos que conforman el nucleo de la celula, forma el 20% de los acidos nucleicos, conforma en un 27% los materiales de reserva para la germinacion, esta en la lecitina que se encuentra en el citoplasma de todas las celulas activas de las plantas, es constituyente de los fosfatidos, sacarofosfatos e interviene en la biosintesis de proteinas, grasas, almidon, sacarosa, etc. (Primo et al. 1973).

Aunque el P se localiza en toda la planta, su concentracion decrece a medida que el cultivo avanza en su desarrollo. Los porcentajes mas altos de P se encuentran en las partes de las plantas que crecen con mas rapidez, como las zonas meristematicas, los frutos en maduracion y las semillas. En los granos de los cereales llega a concentrarse en un 50%.

Las principales fuentes de obtencion de P para las plantas son los fosfatos, cuya asimilacion se hace mas rapida cuando hay un aporte de N en forma organica como la urea, que cuando es absorbido en forma de nitrato. La disminucion de las provisiones externas de P provoca una rapida movilidad de este en la planta, de las hojas hacia los tejidos en crecimiento (Meyer et al., 1970).

Kang y Osiname (1979) encontraron respuestas significativas del rendimiento de grano de maiz a la aplicacion de fosforo. Asimismo, postulan que cantidades mayores a 10 a 14 ppm de este elemento en el suelo, ocasionan una depresion del zinc, afectando asi el rendimiento. Por su parte Tanaka y Yamaguchi (1977) sealan que el exceso de P puede provocar una maduracion

excesivamente precoz en maiz, ocasionando una disminucion del rendimiento.

Martinez (1987) al incrementar el nivel de fosforo de 60 a 90 Kg. Ha⁻¹, con el hibrido de maiz H-30 encontro un efecto positivo en el rendimiento de grano, al incrementarse el numero de granos por mazorca, el peso de mazorca y el peso de grano.

Se ha encontrado una baja eficiencia en la absorcion de fertilizante P en suelos acidos, ya que estos adsorben o causan la precipitacion del P, provocando una reducida disponibilidad de este elemento para los cultivos, por lo que metodos para incrementar la eficiencia de los fertilizantes fosfatados mediante la reduccion de la adsorcion o fijacion, son necesarios para mejorar el manejo de los cultivos (Eghball et al., 1990).

Al respecto, se ha descubierto que se incrementa la eficiencia de la absorcion de fertilizantes fosfatados cuando estos se aplican junto con fertilizantes nitrogenados. El efecto de adicionar N puede ser por un aumento fisiologico de la absorcion de P con la adicion de amonio, aumento en la absorcion de P cuando se aplica en banda con N (Miller y Ohlrogge, 1958; Fan y McKenzie, 1994) o porque el amonio induce la acidificacion cerca de la raiz y un incremento en la concentracion de acido fosforico, comparado con el acido difosforico (Breon et al., 1944; Miller et al., 1970; Riley y Barber, 1971). Una reduccion en la precipitacion del fertilizante fosfatado cuando se aplica en banda con sulfato de amonio, se atribuyo tambien a la misma induccion de la acidificacion por el amonio (Miller et al., 1970). Se ha encontrado que la disponibilidad de P se incrementa con la colocacion de amonio en contacto directo con P. Cuando las concentraciones de amonio se incrementaron

a 89 kg ha⁻¹ en la banda de P, los productos de la reacción tendieron a presentar formas más disponibles de fosfatos de calcio que con el P solo (Hanson y Westfall, 1985).

Por tanto, en relación a la interacción entre N y P, las principales fuentes de variación a considerar son el tipo de fertilizante utilizado, así como el tipo de suelo del que se trate. En suelos alcalinos, la urea al hidrolizarse produce un incremento en el pH, causando una respuesta menos pronunciada al aplicarse junto con fertilizantes fosforicos (Fan y MacKenzie, 1994). Experimentos realizados en invernadero en suelos calcareos han demostrado que la urea, en combinación con superfosfato simple incremento el carbonato de sodio y P extractables del suelo y por tanto la absorción de P (Lu et al., 1987). A su vez Ran et al. (1987), encontraron que la aplicación de urea más ácido fosforico resulto en un mayor rendimiento, concentración de P en el grano y una mayor absorción total de P, en comparación con el uso de pirofosfato de amonio y DAP.

Mientras que en el caso de suelos acidos, el impacto de la hidrólisis de la urea podría ser beneficioso para aumentar la disponibilidad del fertilizante fosforico, a través de reducir la adsorción del P en hidroxidos de Fe y Al, o disminuyendo la precipitación de fosfatos de Fe y Al. Asimismo, esta hidrólisis de la urea al incrementar el pH produce altas concentraciones de amoníaco alrededor de las partículas del fertilizante, así como la disolución de la materia orgánica del suelo. Este incremento en el pH puede atenuar el efecto acidificante de la adición de fertilizante fosfatado, mientras que la disolución de la materia orgánica podría incrementar la disponibilidad del fósforo, reduciendo su fijación en forma de fosfatos. Este aumento en la

solubilidad y difusion podria ser util tanto para aplicaciones superficiales como en banda (Fan y MacKenzie, 1994).

Por tanto, la aplicacion de urea junto con fertilizantes acidificantes de P tiene un valor intrinseco en el mejoramiento del rendimiento de grano y la eficiencia del uso del P. Esta mayor eficiencia se ha estimado en un 14.6 a 41.4%, lo cual indica que puede haber una relacion optima N/P con respecto a la absorcion del P. Fan y MacKenzie (1994) encontraron que las mejores combinaciones de ambos elementos se produjeron en las dosis de 40 kg N ha⁻¹ con 20 kg P ha⁻¹ y 60kg N ha⁻¹ con 40 kg P ha⁻¹; las cuales produjeron un mayor peso seco de raiz y plantula, mayor precocidad en floracion tanto masculina como femenina (5 a 8 dias), mayor rendimiento de grano y mayor peso de 100 granos.

De igual forma la altura de mazorca, la longitud de mazorca y el numero de granos por hilera mostraron diferencia significativa para la interaccion fertilizacion-genotipo, en el hibrido de maiz H-30 y la variedad sintetica VS-22, segun Pastenes (1994).

2.3.3 Efectos del potasio.

El potasio (K) es tambien uno de los elementos mayores necesarios en la regulacion del suministro de fotosintatos a la mazorca en desarrollo. Se ha planteado que existe una relacion curvilineal entre la concentracion de K en la hoja y la fijacion neta de CO₂.

La necesidad de K en las plantas de maiz puede cambiar conforme las demandas son localizadas en los procesos que

requieren K, como la fotosíntesis y la fijación de ²⁴ carbono, el transporte de carbohidratos a los sitios de demanda, la absorción de nitratos y su asimilación, así como las relaciones hídricas de la planta (Ebelhar et al., 1987)

En experimentos realizados en el Estado de México, Leyva (1976) encontró una respuesta significativa a la aplicación de potasio en el rendimiento de grano de maíz.

El K en presencia del nitrógeno tiene una acción indirecta en el cultivo del maíz, ya que influye en la absorción de otros nutrientes como Ca, Mg, Cu y P: por lo que cuando el N se encuentra en cantidades limitantes, el efecto beneficioso del K se anula, disminuyendo significativamente los rendimientos (Lueking et al., 1983).

En relación a la interacción N-P-K, Fan y MacKenzie (1994) señalan que la aplicación de urea más superfosfato de calcio triple influencia las propiedades químicas del suelo en la banda de aplicación, resultando en un incremento del pH y concentraciones significativamente menores de Ca y Mg, en comparación con la aplicación del P solo; sin embargo esta mezcla de fertilizantes no incrementa el cloruro de calcio extractable del suelo. Estos resultados fueron consistentes con un experimento de incubación donde la urea incubada con P incrementa el carbonato de sodio extractable, pero no así el cloruro de calcio o el cloruro de potasio.

En la evaluación de fórmulas de producción en maíz, que involucraron diferentes densidades de población, así como distintas dosis de fertilización nitrogenada, fosfatada y potásica, Martínez (1987) concluye que para el híbrido de maíz H-30 la mejor respuesta de los componentes número de granos por mazorca, peso de mazorca, peso de grano por planta y por m², se produjo sin la adición de Potasio o con

la dosis alta (90 Kg.) del mismo, por lo cual recomienda ²⁵
no aplicarlo.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localizacion del experimento y condiciones climaticas.

El experimento se realizo durante el ciclo P-V de 1991 en la comunidad de Los Reyes San Salvador, Municipio de Texcoco, en el Estado de Mexico. La cual se encuentra en una de las zonas productoras de maiz bajo riego, del Distrito de Desarrollo Rural III Texcoco.

Se localiza a 19 33 de Latitud Norte y 98 51 de Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2,260 m.

De acuerdo con el Sistema de Clasificacion Climatica de Koppen, modificado por Garcia para el Valle de Mexico (1968), el clima de la zona corresponde al tipo C (Wo) (W)b (i)g. Donde C (Wo) significa templado subhumedo con lluvias en verano y cociente de precipitacion total anual en mm/temperatura media anual en C, menor de 43.2 (es el clima más seco de los subhumedos); (W) significa que la lluvia invernal es menor del 5% del total anual; b significa temperatura con verano fresco largo, temperatura media anual entre 12-18 °C; (i) significa poca oscilacion anual, entre 5-10 °C, de las temperaturas medias mensuales; g significa que el mes más caliente se situa antes del solsticio de verano

La precipitacion media anual es de 629.3 mm., siendo los meses más lluviosos de mayo a septiembre. Existe presencia de heladas con cierta frecuencia a finales del mes de septiembre y principios de octubre.

3.2. Tipo de suelo.

Los suelos predominantes en esta zona son del tipo

vertisol, cromicos y pelicos, siendo por su origen suelos de aluvion con textura fina.

Una descripcion detallada de estos suelos la proporciona Cachon, et al (1976), considerando que son suelos profundos donde el estrato superficial es de color pardo oscuro o pardo rojizo, de textura migajon arcilloso o arcilla arenosa. Seguido de un estrato pardo rojizo oscuro, de consistencia firme y textura arcillosa, subyace a los anteriores otro estrato pardo rojizo, arcilloso y friable.

Son suelos de mediana fertilidad; pobres en materia organica, con alta capacidad de retencion de humedad, mal drenados y de reaccion neutra a muy ligeramente acida.

3.3. Factores estudiados y espacio de exploracion.

Los factores estudiados son la dosis de Nitrogeno (N), de Fosforo (P) y la Densidad de Poblacion (DP).

El espacio de exploracion se tomo partiendo de la formula de fertilizacion optima recomendada para maiz de grano (120-60-00) y una densidad de poblacion de 60 mil plantas por hectarea, quedando como sigue:

N:	100	120	140	160	Kg.Ha .
P:	40	60	80	100	Kg.Ha .
DP:	40	50	60	70	mil plantas ha

Genotipos: H-30, VS-22 y Criollo Regional.

3.4. Diseno experimental y de tratamientos.

El diseno de tratamientos utilizado es la Matriz Plan Puebla I, que comprende el ensayo de 4 niveles de cada factor generando un total de 14 tratamientos, tomando como material experimental el hibrido de maiz H-30 (Figura 1).

Adicionalmente, se ensayaron otros 6 tratamientos opcionales, que incluyen a la variedad sintetica VS-22 y a un Criollo Regional, asi como las dosis de Potasio (K) de

30 y 60 Kg.Ha⁻¹, dando un total de 20 tratamientos (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado es un bloques al azar con 4 repeticiones.

3.5. Parcela experimental y parcela util.

La parcela experimental se constituyo por 6 surcos de 5 m. de largo, con una distancia entre surcos de 0.85m. Como parcela util se considero unicamente los 4 surcos centrales

3.6. Fuentes de fertilizacion.

Como fuente de fertilizacion nitrogenada se empleo Urea (46% de N), como fuente de Fosforo se uso Superfosfato de Calcio triple (46% de P O) y de Potasio. Cloruro de Potasio (60% de K₂O).

La aplicacion del fertilizante nitrogenado se realizo en dos partes, un tercio de la dosis en el momento de la siembra y dos tercios durante la segunda escarda. El Fosforo y el Potasio se aplicaron en su totalidad durante la siembra.

3.7. Conduccion del experimento.

El experimento se sembro el 22 de Abril de 1991. Se depositaron dos semillas por mata a cada 31.25, 26.13, 21 0 y 18.3 centimetros aclarando a una planta por mata, para obtener las densidades respectivas (40, 50, 60 y 70 mil plantas ha⁻¹).

Para prevenir la presencia de malezas se aplico 1 l. de Hierbamina y 1 Kg. de Gesaprim por hectarea al momento

CUADRO 1. Relacion de tratamientos de la Matriz Plan Puebla I y tratamientos opcionales.

No.de Tratamiento	Genotipo	N(Kg ha)	P(Kg ha)	K(Kg ha)	DP(miles de plantas ha)
1	H-30	120	60	0	50
2	H-30	120	60	0	60
3	H-30	120	80	0	50
4	H-30	120	80	0	60
5	H-30	140	60	0	50
6	H-30	140	60	0	60
7	H-30	140	80	0	50
8	H-30	140	80	0	60
9	H-30	100	60	0	50
10	H-30	160	80	0	60
11	H-30	120	40	0	50
12	H-30	140	100	0	60
13	H-30	120	60	0	40
14	H-30	140	80	0	70
15	H-30	120	60	30	60
16	H-30	120	60	60	60
17	VS-22	120	60	0	60
18	CRILLO	120	60	0	60
19	H-30	160	100	0	70
20	H-30	60	60	0	70

de la siembra. Se realizaron 2 escardas.

La cosecha se realizo el dia 07 de Octubre de 1991.

3.8. Características de los genotipos.

El híbrido de maíz H-30, es un híbrido de cruce doble formado con tres líneas procedentes de la colecta Michoacan-21 y una línea derivada del Criollo 439, el cual fue liberado por el INIA en 1973 (PRONASE, 1982).

Este híbrido se recomienda para condiciones de temporal, pero también puede sembrarse de humedad o de punta de riego, en regiones de Valles Altos de la Mesa Central, con alturas de 1800 a 2400 m. Algunos de sus principales descriptores son los siguientes:

Altura de planta	2.5m
Número de entrenudos	9-11
Color del tallo	morado
Color de las hojas	verde obscuro, pubescente
Días a floración masculina	82-88
Días a madurez fisiológica	130-140
Resistencia a plagas	buena
Resistencia a enfermedades	bacteriosis
Rendimiento promedio	3.5-6.0 Tn.
Tipo de mazorca	conica, mediana
Tipo de grano	dentado, blanco cremoso
Porcentaje de cuateo	30

La variedad sintética VS-22, fue liberada por el INIA en 1980 y es producto de tres ciclos de selección masal estratificada en el compuesto 2T, integrado con cruces simples de 16 líneas de la colecta Michoacan-21 y una de Michoacan-22. Se recomienda para los Valles Altos de los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y México, bajo condiciones, principalmente, de temporal, pero también puede sembrarse de riego con buenos resultados. Algunos de sus

principales descriptores son:

Altura de planta	3.0 m
Número de entrenudos	12-14
Color de las vainas	verde obscuro a morado intenso
Días a floración masculina	87
Días a madurez fisiológica	150
Acame	resistente
Ahijamiento	25%
Rendimiento promedio	2-7 Tn. En temporal
	4-9 Tn. Bajo riego
Tipo de mazorca	conica chalqueña, grande y gruesa.
Tipo de grano	dentado, blanco cremoso

3.9. Descripción de las variables estudiadas.

Las variables cuantificadas para determinar los efectos de la fertilización y de la densidad de población son las siguientes:

3.9.1. Número de plantas (NP):

Antes de la cosecha se procedió a contar el número de plantas por parcela.

3.9.2. Número de mazorcas (NM):

Al momento de la cosecha se contó el número de mazorcas por parcela.

3.9.3. Altura de planta (AP):

Se midió la distancia, en centímetros, del cuello de la planta sobre la superficie del suelo a la inserción de la primera rama de la espiga.

3.9.4. Altura de mazorca (AM):

Se midió la distancia, en centímetros, del cuello de la planta sobre la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal.

3.9.5. Número de hijos (NH):

Se contó el número total de hijos por parcela.

3.9.6. Peso de campo (PC):

Se obtuvo el peso total, en kilogramos, de las mazorcas cosechadas por parcela.

3.9.7. Porcentaje de materia seca (%MS):

De las mazorcas cosechadas se tomaron cinco al azar por parcela, las cuales se desgranaron para obtener una muestra de 100 gramos. Esta se introdujo en un aparato determinador de humedad y usando tablas de conversión, se determinó el porcentaje de materia seca.

3.9.8. Porcentaje de desgrane (%D):

De las cinco mazorcas muestreadas, se obtuvo el peso seco total de grano y el peso de olote y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de desgrane} = \frac{\text{Peso de olote}}{\text{Peso de grano}} (100)$$

3.9.9. Rendimiento de grano por hectárea (RG):

Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$RG = (\%MS \times PC \times \%D \times FC) / 8,600$$

donde %MS es el porcentaje de materia seca del grano, PC es el peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela, %D es la relación grano-olote multiplicada por 100 y FC es un factor de conversión para una hectárea.

De las mazorcas cosechadas por parcela se tomaron cinco al azar y en ellas se evaluaron los siguientes componentes de rendimiento:

3.9.10. Longitud de mazorca (LM):

Se midió la distancia, en centímetros, desde la base a la punta de la mazorca.

3.9.11. Diámetro de mazorca (DM):

Se dividieron transversalmente las mazorcas, por la mitad, y con el vernier se midió el diámetro en centímetros

3.9.12. Número de hileras por mazorca (NHM):

Se contaron el número de hileras de cada mazorca, tomando como referencia la porción media de esta.

3.9.13. Número de granos por hilera (NGH):

Se calculó contando el número de granos existentes desde la base hasta la punta de la mazorca, de dos hileras opuestas y obteniendo la media aritmética.

3.9.14. Número de granos por mazorca (NGM):

Se obtuvo aplicando la siguiente ecuación

$$NGM = NHM \times NGH$$

en donde NHM es el número de hileras por mazorca y NGH es el número de granos por hilera.

3.9.15. Peso de cien granos (P100G):

Se contaron 100 granos de la parte media de la mazorca y se obtuvo su peso en gramos.

3.9.16. Peso de mazorca (PM):

Se consideró el peso total en gramos de la mazorca, sin bracteas.

3.10. Analisis estadístico.

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se procedió a realizar un Analisis de Varianza y una Prueba de Separacion de Medias, considerando primeramente los catorce tratamientos correspondientes al arreglo de la Matriz Plan Puebla I; y posteriormente se realizó el mismo analisis considerando unicamente los ocho tratamientos que constituyen el Factorial Completo.

Para el analisis de los seis tratamientos opcionales se realizó una Prueba de Contrastes entre tratamientos, para permitir diferenciar los efectos de los factores principales.

Se estimaron los Modelos de Regresion o Funciones de Respuesta de cada variable, así como su optimalidad, definiendo la existencia de maximos, minimos y "puntos silla". Se realizó una representacion grafica de las Superficies de Respuesta, y poder efectuar el analisis gráfico propuesto por Turrent y Laird (1985) para este tipo de diseño.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 Matriz Plan Puebla I.

En el Cuadro 2 se presenta el analisis de varianza para el rendimiento de grano y sus componentes, considerando los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I. Puede apreciarse que se presentaron diferencias significativas para los caracteres altura de planta, número de hijos, número de plantas, diámetro de mazorca y número de mazorcas por parcela.

CUADRO 2. Analisis de varianza para rendimiento de grano y sus componentes, para los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I.

VARIABLE	CUADRADO MEDIO.	SIGNIFI- CANCIA.	C.V
NUMERO DE PLANTAS	216.9	**	11.5
NUMERO DE MAZORCAS	62.6	**	11.5
ALTURA DE PLANTA	275.0	*	11.5
ALTURA DE MAZORCA	195.4	NS	11.5
NUMERO DE HIJOS	55.4	**	11.5
REND. DE GRANO	1,675,551.1	NS	11.5
LONGITUD DE MAZORCA	1.1	NS	11.5
DIAMETRO DE MAZORCA	0.04	*	11.5
NUMERO DE HILERAS POR MAZORCA	1.1	NS	11.5
NUMERO DE GRANOS POR HILERA	4.7	NS	11.5
NUMERO DE GRANOS POR MAZORCA	1,217.5	NS	11.5
PESO DE 100 GRANOS	31.8	NS	11.5
PESO DE MAZORCA	645.4	NS	11.5

* SIGNIFICANCIA AL 5% DE PROBABILIDAD

** SIGNIFICANCIA AL 1% DE PROBABILIDAD

NS NO SIGNIFICANCIA.

La prueba de separación de medias (Cuadro 3) muestra que la mayor altura de planta se obtuvo con el tratamiento 6, es decir, empleando una densidad de población intermedia (60,000 pl ha⁻¹), así como dosis intermedias de nitrógeno y fósforo, en ausencia de potasio. En contraste con lo obtenido por Collins (1965) y El-Lakani y Russell (1971), quienes señalan que al incrementarse la densidad de población disminuyó la altura de planta, en este Cuadro puede observarse que los tratamientos 7, 1 y 9, los cuales tienen en común que se utilizó la menor densidad de población (50,000 pl ha⁻¹), presentan la menor altura de planta.

Esta respuesta podría deberse a que la altura de planta del híbrido H-30, este más relacionada con el efecto de la aplicación de nitrógeno que con la densidad de población, lo cual puede apreciarse al comparar la mayor altura de planta (tratamiento 6) contra la menor altura (tratamiento 9), cuya principal diferencia es que en el primero se aplicaron 40 kg ha⁻¹ de N más que en el segundo. Esta respuesta coincide con la encontrada por Bejarano (1971), quien señala que existe una relación lineal entre el incremento en la dosis de nitrógeno y el incremento en la altura de planta. Asimismo Donald y Hamblin (1976), mencionan que en los cereales mayores dosis de fertilización nitrogenada producen un mayor crecimiento vegetativo.

Para el componente número de hijos por parcela, la mayor expresión de este carácter se obtuvo con el tratamiento 13, mientras que la menor expresión se obtuvo con el tratamiento 6. Para este componente del rendimiento, resulta más claro el efecto del incremento en la densidad de población en su menor expresión, resultado que coincide con lo encontrado por Duncan (1975), ya que al haber una menor competencia entre plantas, estas tienden a expresar una mayor capacidad de ahijamiento.

CUADRO 3. Prueba de separacion de medias de Duncan para rendimiento de grano y sus componentes, para los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I.

TRATAMIENTOS	NP	NM	AP	AM	NH	RG	LM	DM
4(120-80-60)	44 b	36.0 a	315 a	214.7 a	7.5 b	6,121 a	14.9 a	4.8 a
2(120-60-60)	45 b	34.7 a	310 abc	197.5 ab	8.7 b	5,424 a	15.1 a	4.5 a
14(140-80-70)	53 a	36.7 a	311 abc	189.5 b	7.5 b	5,390 a	14.6 a	4.6 a
3(120-80-50)	40 b	31.5 a	307 abc	196.5 ab	10.2 b	5,304 a	16.0 a	4.7 a
11(120-40-50)	36 c	26.0 b	313 abc	201.0 ab	9.5 b	4,895 a	15.7 a	4.8 a
8(140-80-50)	45 b	28.5 a	305 abc	207.2 ab	5.5 b	4,890 a	15.6 a	4.6 a
5(140-60-50)	38 b	38.5 a	303 abc	198.5 ab	9.7 b	4,880 a	15.6 a	4.7 a
10(160-80-60)	45 b	32.0 a	299 bc	204.7 ab	10.7 b	4,835 a	14.5 a	4.4 b
6(140-60-60)	42 b	27.5 b	319 a	208.7 ab	3.0 c	4,728 a	15.0 a	4.8 a
12(140-100-60)	45 b	30.0 a	307 abc	193.2 b	10.2 b	4,624 b	14.7 a	4.6 a
13(120-60-40)	30 c	24.7 b	303 abc	190.7 b	18.2 a	4,284 b	14.9 a	4.6 a
7(140-80-50)	37 c	28.2 b	297 bc	202.0 ab	10.5 b	4,020 b	15.4 a	4.6 a
1(120-60-50)	39 b	24.7 b	293 b	199.2 ab	7.5 b	3,997 b	14.3 b	4.4 b
9(100-60-50)	37 c	26.7 b	291 b	200.5 ab	14.2 a	3,740 b	14.2 b	4.4 b

Medias con la misma letra no son diferentes al 5% de probabilidad.

TRATAMIENTO	NHM	NGR	NGM	P100G	PM
4	14.2 bc	27.2 a	392.5 a	35.9 a	35.9 a
2	15.2 ab	26.2 a	403.7 a	29.8 a	143.7 a
14	15.7 a	26.0 a	408.5 a	30.3 a	146.0 a
3	14.7 abc	25.7 a	415.0 a	34.4 a	169.1 a
11	14.7 abc	27.5 a	417.2 a	35.7 a	160.3 a
8	15.2 ab	27.0 a	412.2 a	33.3 a	160.8 a
5	15.2 ab	28.5 a	430.2 a	32.9 a	162.2 a
10	14.7 abc	26.7 a	497.5 a	28.9 a	136.4 a
6	15.5 ab	25.2 b	399.5 a	33.7 a	153.9 a
12	14.5 abc	25.5 a	375.0 a	32.8 a	142.5 a
13	13.7 c	27.5 a	398.7 a	30.3 a	150.3 a
7	15.2 ab	28.0 a	426.7 a	31.1 a	153.2 a
1	15.5 ab	26.2 a	400.0 a	25.7 b	129.4 b
9	14.5 abc	25.2 b	368.0 b	30.4 a	124.8 b

Medias con la misma letra no son diferentes al 5% de probabilidad.

Las diferencias significativas encontradas para el carácter número de plantas por parcela, no hacen mas que reflejar su concordancia con las distintas densidades de población utilizadas en este experimento, coincidiendo que el mayor número de plantas por parcela corresponde a la mayor densidad de población (70,000 pl ha⁻¹) y viceversa.

En relación al componente longitud de mazorca, como ya se había hecho notar en el Cuadro 2, prácticamente no existieron diferencias entre la mayoría de los tratamientos, resultado que se contraponen a lo señalado por Aguila et al. (1971) y Ramirez (1985) quienes mencionan que a densidades de población superiores a las 60,000 plantas ha⁻¹ se presentó una menor longitud de mazorca. Estos resultados sugieren que el híbrido H-30 pudiera tener cierto grado de plasticidad, ya que es capaz de mantener constante la longitud de la mazorca aun con incrementos en la densidad de población, lo cual se ha sugerido como una estrategia común en híbridos prolíficos manejados bajo condiciones de buena humedad (Miller et al., 1995).

Por lo que corresponde al componente diámetro de mazorca en el Cuadro 2 puede observarse que, la aplicación de una dosis alta de N (160 Kg en el tratamiento 10) disminuyó significativamente su magnitud, en comparación con el tratamiento 4, para un mismo nivel de Fosforo (80 Kg) y Densidad de Población (60 mil plantas). Se observa también, que tanto niveles altos como bajos de P (tratamientos 6 y 12) y DP (tratamientos 7 y 14) no afectaron la expresión del mismo. Lo cual no coincide con lo encontrado por Ramirez (1985) y Aguila (1971).

Para el componente número de granos por hilera, al comparar los tratamientos 5 y 6 se observan diferencias

41
significativas, en donde el unico factor que difiere entre
tratamientos es la densidad de poblacion. Por lo que para
este estudio se encontro que al aumentar la densidad en
100,000 pl ha-1 disminuyo significativamente el numero de
granos por hilera, lo cual coincide con lo mencionado por
Tetio-Kagho y Gardner (1988) y Ramirez (1985) quienes
postulan que este componente es el mas importante en el
ajuste del rendimiento, ya que el numero de hileras de la
mazorca principal permanece relativamente constante para un
amplio rango de densidades de poblacion (Stringfield y
Thatcher, 1947).

En relacion al numero de mazorcas por parcela, la
comparacion de los tratamientos que produjeron la mayor (14
y 4) y menor (13 y 1) expresion de este caracter, demuestra
que este componente fue uno de los mas activos en el ajuste
del rendimiento, coincidiendo con lo encontrado por Duncan y
Ohlrogge (1958), Prine y Schorroeder (1964) y Tetio-Kagho y
Gardner (1988), en cuanto a que conforme se incrementa la
densidad de poblacion disminuye el numero de mazorcas por
planta, pero se presenta un efecto de compensacion por el
mayor numero de plantas, obteniendose un mayor rendimiento
de grano por unidad de area.

El peso de mazorca no presento una tendencia
consistente asociable a los distintos tratamientos. En
contraste con lo señalado por diversos investigadores, en
los resultados presentados en el Cuadro 3 no se observaron
disminuciones en el peso de la mazorca asociadas a
incrementos en la densidad de poblacion (Aguila et al.,
1971; Baenziger y Glover, 1979), ni aumentos en el peso de
mazorca asociados a una mayor fertilizacion nitrogenada
(Bejarano, 1971; Tanaka y Yamaguchi, 1977).

En relación al rendimiento de grano, el tratamiento

42

óptimo resultado ser el número 4, mientras que la menor expresión de este carácter estuvo asociada al tratamiento 9. La comparación de ambos tratamientos señala que al emplear la menor densidad de población (40,000 pl ha⁻¹) se está desperdiciando un potencial de rendimiento del orden del 30%, en relación al óptimo encontrado en este estudio de 60,000 pl ha⁻¹, mientras que el incrementar en 10,000 pl ha⁻¹ esta densidad óptima produjo una reducción del rendimiento del orden del 12%. Esta tendencia parabólica observada coincide con lo encontrado en numerosos estudios (Duncan y Ohlrogge, 1958; Giesbrecht, 1969; Prior y Russell, 1975; Tetio-Kagho y Gardner, 1988). El seguir aumentando el número de plantas por unidad de superficie por arriba de un punto óptimo, ocasiona decrementos en el rendimiento de grano, los cuales se han explicado por un incremento en la competencia por los nutrientes y la humedad del suelo, así como por el cambio en otros factores como son la reducción de la intensidad de luz en las hojas inferiores de la planta (Hogt y Bradfield, 1962), lo cual reduce la actividad fotosintética de esta parte del dosel, reduciéndose con ello la cantidad de fotoasimilados disponibles para el llenado de grano, debido al sombreado mutuo de las hojas (Bauman, 1960).

La densidad de población óptima encontrada para el híbrido H-30 de 60,000 pl ha⁻¹ coincide con la sugerida por Aguila et al. (1971), para híbridos similares, pero esta por arriba de la propuesta por otros investigadores (Duncan y Ohlrogge, 1958; Giesbrecht, 1969; Prior y Russell, 1975; Tetio-Kagho y Gardner, 1988), los cuales proponen una densidad de 50,000 pl ha⁻¹ para lograr la mayor expresión del rendimiento de grano y sus componentes.

La respuesta particular de H-30 a esta determinada densidad de población viene a corroborar lo expuesto por

Dorieux et al. (1993), en relacion a que cada hibrido tiene una densidad optima para una completa utilizacion del ambiente y una mayor produccion de grano.

En relacion a la interaccion entre la densidad de poblacion optima y la fertilizacion nitrogenada para el mayor rendimiento, la comparacion de los resultados obtenidos para los tratamientos 4 y 10, indica que el aumento de 40 kg N ha-1 para la misma densidad de poblacion (60,000 pl ha-1) no produjo un mayor rendimiento, sino que este disminuyo en aproximadamente 20%. Esto comprueba lo señalado por Cooke (1975), en relacion a que existen factores de interaccion entre las diferentes practicas de manejo, densidad de poblacion y fertilizacion, para lograr los mejores rendimientos.

De acuerdo con Donald y Hamblin (1976), aplicaciones excesivas de nitrogeno pueden ocasionar reducciones en el rendimiento de grano, como sucedio en este caso, debido a que pueden provocar una disminucion en el tamaño y numero de granos por mazorca, así como un incremento en el numero de plantas jorras. Al observar en el Cuadro 3 los resultados obtenidos para el componente peso de 100 granos, se puede apreciar que aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre estos tratamientos, se presento una disminucion en el tamaño del grano del orden del 8% al incrementar la dosis de N, mientras que el numero de granos por mazorca se incremento en aproximadamente 20%, coincidiendo con lo señalado anteriormente.

En relacion al efecto de la interaccion entre densidad de poblacion y dosis de fosforo, al comparar los resultados obtenidos para los tratamientos 4 y 2, se puede observar que para la densidad de 60,000 pl ha-1 una reduccion de 20 kg ha-1 en la cantidad de P aplicada produjo reducciones en el

44

rendimiento de grano del orden del 11.5%, manteniendo constante la dosis de N. Sin embargo, al comparar los tratamientos 4 y 12, se observa que la adición de 20 kg de P ha-1 para la misma densidad de población, nuevamente ocasionó una reducción del rendimiento, en este caso en 24.5%. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Kang y Osiname (1979) y Estrella (1971), quienes señalan que al aumentar la dosis de P aplicada, se incrementa el rendimiento de grano de maíz. Sin embargo, cuando la dosis se incrementa por arriba de un nivel óptimo (10-14 ppm), aplicaciones posteriores pueden provocar un decremento en el rendimiento por una disminución en la cantidad de Zinc disponible en el suelo (Kang y Osiname, 1979), o bien, por una maduración excesivamente precoz (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

En cuanto a la interacción entre N y P para una misma densidad de población, la comparación de los tratamientos 4, 8 y 10 demuestra que existe una combinación óptima N/P para el mayor rendimiento de grano (Fan y MacKenzie, 1994), la cual para el caso del presente trabajo resultó ser de 120 kg N ha-1 y 80 kg P ha-1; si bien la asimilación de fosfatos se incrementa con la presencia de N orgánico en forma de urea (Meyer et al., 1970; Hanson y Westfall, 1985), ya sea por una menor adsorción del P en hidróxidos de Fe y Al o por una menor precipitación de los fosfatos de Fe y Al, así como por una mayor disolución de la materia orgánica del suelo (Fan y MacKenzie, 1994), cuando la dosis de N se incrementa por arriba de 120 kg ha-1, el rendimiento de grano disminuye en 20% en el caso de la dosis de 140 kg N ha-1 y no se observó ninguna ganancia en rendimiento al aumentar dicha dosis a 160 kg N ha-1, sino que este permaneció constante. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Lang et al. (1956) y Colyer y Kroth (1968), quienes señalan que con densidades de población superiores a las 50,000 pl ha-1,

posteriores incrementos en fertilizacion nitrogenada no
estuvieron asociados con aumentos en el rendimiento de
grano. 45

4.2 Factorial completo.

Con objeto de poder analizar mas detalladamente los efectos de los factores principales sobre el rendimiento de grano y sus componentes, asi como discutir las distintas interacciones presentes, se incluyeron exclusivamente los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I que constituyen el factorial completo y se realizo el analisis de varianza del diseno ortogonalizado, asi como la prueba de separacion de medias correspondiente.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos para el factorial completo, asi como su significancia. Analizando los resultados en esta forma solo se encontraron diferencias significativas para las variables numero de hijos por parcela, rendimiento de grano y numero de mazorcas por parcela; por lo que los analisis de varianza de los tratamientos de la Matriz y los del factorial completo solo coincidieron en senalar diferencias estadisticas para la variable numero de hijos por parcela.

CUADRO 4. Análisis de varianza para rendimiento y sus componentes, para los tratamientos del factorial completo.

VARIABLE	CUADRADO MEDIO.	SIGNIFICANCIA.	C V
NÚMERO DE PLANTAS	36.674	NS	11.07
NÚMERO DE MAZORCAS	57.031	*	15.07
ALTURA DE PLANTA	308.566	NS	4.04
ALTURA DE MAZORCA	169.696	NS	5.48
NÚMERO DE HIJOS	26.566	**	33.22
REND. DE GRANO	2.025,182.821	*	18.66
LONGITUD DE MAZORCA	1.191	NS	6.64
DIAMETRO DE MAZORCA	0.059	NS	4.04
NÚMERO DE GRANOS POR HILERA	4.959	NS	7.77
NÚMERO DE GRANOS / MAZORCA	725.285	NS	9.52
PESO DE 100 GRANOS	40.917	NS	14.93
PESO DE MAZORCA	616.713	NS	14.84

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

NS No significancia.

La prueba de separacion de medias para los tratamientos del factorial completo (Cuadro 5), no obstante, detecta diferencias significativas para varios de los componentes de rendimiento evaluados, las cuales en algunos casos coinciden con los resultados obtenidos al analizar todos los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I, pero para otras variables se presentaron algunas diferencias o precisiones, al analizar exclusivamente los ocho tratamientos ortogonales.

Para el caso de las variables altura de planta y numero de mazorcas por parcela, se encontraron practicamente los mismos resultados presentados en el Cuadro 3. Sin embargo para el caso de la variable número de hijos por parcela, realizando el analisis estadistico de esta forma se detecta que la mayor expresion de este caracter se obtuvo con los tratamientos 7, 3 y 5, los cuales varian en cuanto a las dosis de N y P aplicadas, pero tienen en común la utilizacion de la menor densidad de poblacion (50,000 pl/ha-1), por lo que estos resultados ademas de coincidir con lo expuesto en el Cuadro 3, permiten precisar aun mas el hecho de que la expresion de la capacidad de ahijamiento, al menos para el caso del hibrido H-30 evaluado en este estudio, no se ve influenciada por diferencias en la cantidad de fertilizante nitrogenado y fosforico aplicado, sino que es el resultado directo de los cambios en densidad de poblacion.

Para el caso del numero de plantas por parcela, esta forma de analisis fue menos eficiente, ya que no se presentaron diferencias marcadas asociadas a los distintos tratamientos.

Para el componente longitud de mazorca, la comparacion de los tratamientos del factorial completo permitio precisar diferencias, contrariamente a lo observado en el Cuadro 3. Los resultados presentados en el Cuadro 5 muestran que la mayor longitud de mazorca se obtuvo con el tratamiento 3, mientras que la menor longitud se encontro para el tratamiento 1. La

CUADRO 5. Prueba de separación de medias de Duncan para rendimiento de grano y sus componentes, para los tratamientos del factorial completo.

TRATAMIENTOS	NP	NM	AP	AM	NH	RG	LM
4(120-80-60)	44 a	36.0 a	315 a	214.7 a	7.5 ab	6.1 a	14.9 ab
2(120-60-60)	45 a	34.7 ab	310 bc	197.5 a	8.7 ab	5.4 ab	15.1 ab
3(120-80-50)	40 b	31.5 bc	307 bc	196.5 a	10.2 a	5.3 ab	16.0 a
8(140-80-60)	45 a	28.5 bc	305 bc	207.2 a	5.5 bc	4.8 ab	15.6 ab
5(140-60-50)	38 b	30.5 bc	303 bc	198.5 a	9.7 a	4.8 ab	15.6 ab
6(140-60-60)	42 ab	27.5 bc	319 a	208.7 a	3.0 c	4.7 ab	15.0 ab
7(140-80-50)	37 b	28.2 bc	297 bc	202.0 a	10.5 a	4.0 b	15.4 ab
1(120-60-50)	39 b	24.7 c	293 c	199.2 a	7.5 ab	3.9 b	14.3 b

TRATAMIENTO	DM	NHM	NGH	NGH	P100G	PM
4(120-80-60)	4.8 a	14.2 a	27.2 a	392.5 a	35.9 a	147.3 ab
2(120-60-60)	4.5 ab	15.2 a	26.2 a	403.7 a	29.8 ab	143.7 ab
3(120-80-50)	4.7 ab	14.7 a	25.7 a	415.0 a	34.4 a	169.1 a
8(140-80-60)	4.6 ab	15.2 a	27.0 a	412.2 a	33.3 ab	160.8 ab
5(140-60-50)	4.7 a	15.2 a	28.5 a	430.2 a	32.9 ab	162.2 ab
6(140-60-60)	4.8 a	15.5 a	25.2 a	399.5 a	33.7 a	153.9 ab
7(140-80-50)	4.6 ab	15.2 a	28.0 a	426.7 a	31.1 ab	153.2 ab
1(120-60-50)	4.4 b	15.5 a	26.2 a	400.0 a	25.7 b	129.4 b

Medias con la misma letra, no son diferentes estadísticamente al 5% de probabilidad

comparacion de estos tratamientos senala como diferencia la aplicacion de 20 kg P ha-1 mas para el caso del primer tratamiento. Aun cuando la diferencia entre estos dos tratamientos es pequena, de solo 1.7 cm, estos resultados podrian estar relacionados con efectos sinergeticos entre la aplicacion de fertilizante nitrogenado en forma de urea y la mayor eficiencia por parte de la planta para la absorcion y utilizacion del P (Ran et al., 1987). El tratamiento 3 presento un rendimiento de grano no diferente estadisticamente del tratamiento 4, al cual correspondio la mayor expresion de este caracter, por lo cual seria conveniente realizar mayores estudios encaminados a discriminar la importancia de la fertilizacion fosforica para incrementar la longitud de mazorca en maiz.

El componente diametro de mazorca presento diferencias estadisticas al analizarse de esta forma, encontrandose que los mejores tratamientos para aumentar este componente fueron 6, 4 y 5, mientras que el menor diametro correspondio al tratamiento 1. La comparacion de estos tratamientos refleja que al aumentar las dosis de N y/o P aplicadas, se neutraliza el efecto detrimental del incremento en la densidad de poblacion sobre el diametro de la mazorca (Aguila et al., 1971).

En cuanto al peso de mazorca, en el Cuadro 5 se puede apreciar que a diferencia de la falta de consistencia encontrada al analizar los 14 tratamientos de la Matriz Plan Puebla I, cuando se analiza solo el factorial completo se encuentra que el mejor tratamiento para la mayor expresion de este componente del rendimiento fue el tratamiento 3, mientras que la menor expresion se obtuvo nuevamente con el tratamiento 1. La comparacion entre ambos tratamientos muestra que la adiccion de 20 kg mas de nitrogeno, manteniendo constantes la dosis de fosforo y la densidad de poblacion, produjo un incremento en el peso de mazorca del 23 %.

Mientras que en el Cuadro 3 no se encontraron diferencias entre tratamientos para la variable peso de 100 granos, en el Cuadro 5 se aprecia que los tratamientos que produjeron la mayor expresión de este carácter fueron el 4, 3 y 6, mientras que la menor expresión correspondió al tratamiento 1. Considerando que de acuerdo con los resultados presentados en este mismo Cuadro, el mejor tratamiento para incrementar el rendimiento de grano fue el número 4, esto podría indicar que para el híbrido utilizado en el presente estudio, el peso de grano resultó contribuir en mayor medida al incremento del rendimiento de grano, que el peso de mazorca.

Resumiendo, de los resultados presentados en el Cuadro 5 puede notarse que el mejor tratamiento para incrementar el rendimiento de grano por hectarea fue el tratamiento 4, mientras que el tratamiento 1 produjo la menor expresión tanto del rendimiento mismo, como de sus componentes.

Para determinar los efectos de factores principales, así como el de sus interacciones sobre el rendimiento de grano y sus componentes, se realizó el correspondiente análisis de varianza a los tratamientos que constituyeron el factorial completo, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 6. En este Cuadro puede apreciarse que no se detectaron diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas. En el caso de la altura de planta, número de hijos y número de plantas por parcela, así como para el rendimiento de grano, el factor principal de mayor importancia fue la densidad de población. Estos resultados coinciden con lo señalado por otros investigadores. Se ha mencionado que los cambios en la densidad de población afectan la altura de planta (Collins, 1965; Aguila et al., 1971; El-Lakani y Russell, 1977), aunque como ya se discutió anteriormente, en este caso no se encontró la tendencia comúnmente señalada en otros estudios.

CUADRO 6. Significancia del analisis de varianza para factores principales y sus interacciones para el factorial completo.

FACTORES	NP	NM	AP	AM	NH	RG	LM	DM
N	NS							
P	NS							
DP	**	NS	**	NS	**	*	NS	NS
N X P	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	**
N X DP	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS
P X DP	NS							
NXDXDP	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS

FACTORES	NHM	NGH	NGM	P100G	PM			
N	NS	NS	NS	NS	NS			
P	NS	NS	NS	NS	NS			
DP	NS	NS	NS	NS	NS			
N X P	NS	NS	NS	NS	NS			
N X DP	NS	NS	NS	NS	NS			
P X DP	NS	NS	NS	NS	NS			
NXPXDP	NS	NS	NS	NS	NS			

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

NS No significancia

Asimismo, se ha encontrado que los cambios en la densidad de población tienen gran influencia en la modificación de la capacidad de ahijamiento de las plantas, a través del incremento en la competencia entre plantas por agua, luz y nutrientes (Duncan y Ohlrogge, 1958; Hoyt y Bradfield, 1962).

El efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de grano, ya fue discutido al presentar los resultados del Cuadro 2, en los cuales se puede apreciar que el rendimiento siguió una tendencia parabólica (Duncan y Ohlrogge, 1958; Giesbrecht, 1969; Prior y Russell, 1975; Tetio-Kagho y Gardner, 1988) al variar la densidad de población, encontrándose que la densidad óptima para el híbrido H-30 en las condiciones del presente experimento fue de 60,000 plantas ha⁻¹, mientras que densidades superiores o inferiores produjeron disminuciones marcadas en este rendimiento.

En cuanto a los efectos de interacción entre factores principales, el análisis de varianza solo detectó diferencias significativas debidas a la interacción entre las dosis de Nitrógeno y Fosforo aplicadas, para las variables altura de planta, diámetro de mazorca, número de mazorcas por parcela y rendimiento de grano por hectarea. Estos resultados vienen a corroborar lo encontrado por diversos investigadores, acerca del efecto sinérgico de la fertilización nitrogenada y fosforica realizada conjuntamente. Se ha encontrado que el N se absorbe más fácilmente en presencia de P (Duenas et al., 1977), así como el que existe una mayor absorción de P por parte de la planta cuando el aporte de N mineral se realiza en forma de urea (Meyer et al., 1970) como fue el caso del presente experimento, por lo que este efecto sinérgico resultó en una mayor expresión del rendimiento de grano y sus componentes (Kang y Oziname, 1979).

En este mismo Cuadro puede apreciarse también un efecto de interacción entre la densidad de población y la dosis de Nitrógeno aplicada sobre la variable número de hijos por parcela, resultados que coinciden con los encontrados por Martínez (1987).

4.3 Analisis canónico de la superficie de respuesta.

A través de la utilización del procedimiento RSREG del programa de analisis estadístico SAS, se pueden ajustar los parametros de una superficie cuadrática de respuesta, y luego determinar los valores críticos para optimizar la respuesta, con respecto a los factores en un determinado modelo. Por esta razón, se ha sugerido que cuando se emplea la Matriz Plan Puebla 1, además de los analisis de varianza y prueba de separación de medias convencionales, se realice un analisis gráfico de los resultados, para determinar la fórmula de producción óptima para la obtención del mayor rendimiento de grano, bajo las condiciones de producción de que se trate y para el material genético en cuestión. Por lo que con los resultados obtenidos en este experimento, se procedió a realizar este analisis, cuyos parametros mas relevantes se resumen en el Cuadro 7.

De acuerdo con este procedimiento, los valores críticos para cada variable son resueltos para encontrar las combinaciones de factores que producen la respuesta óptima, los cuales pueden representar un máximo, un mínimo o bien un punto silla, por lo que es necesario analizar los eigenvalores o raíces características de la matriz de parametros cuadráticos. Para determinar a cual de estos comportamientos corresponde la solución de los valores críticos, se emplearon los siguientes criterios: si todos los eigenvalores resultaron negativos, la solución es un máximo; si todos resultaron positivos, la solución es un mínimo; si se presentaba una mezcla de signos, se trata de un punto silla y finalmente, si los eigenvalores contenían ceros, la solución es que se trata de una superficie plana.

CUADRO 7. Análisis canónico de la superficie de respuesta para rendimiento y sus componentes, para los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I.

VARIABLE	EIGENVALORES	PUNTO ESTACIONARIO
NUMERO DE PLANTAS	0.36	PUNTO SILLA
	-2.90	
	-3.64	
NUMERO DE MAZORCAS	20.58	PUNTO SILLA
	7.26	
	-2.39	
ALTURA DE PLANTA	44.01	PUNTO SILLA
	13.17	
	-8.67	
ALTURA DE MAZORCA	7.36	PUNTO SILLA
	-6.98	
	-23.57	
NUMERO DE HIJOS	15.94	MINIMO
	4.11	
	3.70	
RENDIMIENTO DE GRANO	2.821.97	PUNTO SILLA
	616.03	
	-670.12	
LONGITUD DE MAZORCA	1.45	PUNTO SILLA
	-0.07	
	-0.67	
DIAMETRO DE MAZORCA	0.69	PUNTO SILLA
	0.11	
	-0.26	
NUMERO DE GRANOS POR HILERA	4.21	PUNTO SILLA
	-0.30	
	-3.91	
NUMERO DE GRANOS POR MAZORCA	15.52	PUNTO SILLA
	-11.56	
	-26.88	
PESO DE 100 GRANOS	17.97	PUNTO SILLA
	7.26	
	-2.39	
PESO DE MAZORCA	43.74	PUNTO SILLA
	3.69	
	-20.00	

De acuerdo con lo anterior, en el Cuadro 7 se puede apreciar que para todas las variables estudiadas excepto una, no se presentaron maximos ni minimos, sino que para la mayoria de los casos se trató de "puntos silla", solo para la variable numero de hijos por parcela, se encontro como solucion un minimo. Estos resultados indican, que las diversas combinaciones posibles entre las variables estudiadas, para la construccion de distintos modelos de regresion, no produjeron respuestas biologicas maximas, incluyendo el rendimiento de grano por hectarea, por lo que ninguno de los modelos probados podria predecir con aceptable exactitud una respuesta maxima para esta variable.

De lo anterior podria concluirse que, para los resultados obtenidos en el presente experimento, este procedimiento de analisis no nos permite determinar la formula de produccion optima, para lograr el mayor rendimiento de grano con el hibrido de maiz H-30, en las condiciones de produccion de Los Reyes, Texcoco. Por lo tanto, la alternativa a seguir seria la determinacion de la formula de produccion optima economica, es decir, obtener la relacion costo-beneficio y con base en ello, definir la formula de produccion a recomendar al agricultor de esta region, lo cual debera realizarse utilizando la metodologia especifica recomendada para este tipo de analisis economico.

De acuerdo con la metodologia de analisis de la superficie de respuesta, ademas de considerar el comportamiento de los eigenvalores, es necesario tomar en cuenta tambien otros parametros de analisis, los eigenvectores o vectores caracteristicos de la matriz de parametros cuadraticos asociados a los eigenvalores, los cuales si son positivos indican la direccion ascendente de la superficie de respuesta; si son negativos, una direccion descendente y si corresponden a eigenvalores pequenos o con valores de cero, indican una direccion relativamente plana.

Los valores obtenidos para los eigenvectores correspondieron a las tendencias ya vislumbradas en el Cuadro 7, es decir, la forma de las diferentes superficies de respuesta no correspondio a puntos máximos (superficie alomada) o mínimos (superficie deprimida). No obstante, se procedio a realizar la graficacion de las algunas de ellas, las cuales se presentan en las figuras 2 a la 4.

En la figura 2 por ejemplo, se presenta la superficie de respuesta del rendimiento de grano a la densidad de poblacion y la fertilizacion nitrogenada. La observacion de esta figura evidencia graficamente que dosis de N superiores a los 120 kg ha⁻¹ no elevaron significativamente el rendimiento de grano, asimismo puede comprobarse que densidades de poblacion superiores a las 60,000 pl ha⁻¹ tampoco produjeron una respuesta positiva en el rendimiento.

En el caso de la figura 3, la grafica obtenida para la superficie de respuesta del rendimiento considerando los factores nitrógeno y fosforo, muestra lo ya discutido anteriormente al presentar los resultados del Cuadro 3, es decir, que se nota una ligera depression en el punto de confluencia de 120 kg N ha⁻¹ y 80 kg P ha⁻¹, combinacion que para el caso de este estudio resulto ser la que produjo el mayor rendimiento de grano.

En la figura 4 se muestra la superficie de respuesta del rendimiento considerando los factores Fosforo y Densidad de Poblacion. En ella puede apreciarse que la superficie muestra una elevacion correspondiente a la dosis de 80 kg P ha⁻¹, la cual resulto ser la optima para este experimento. En relacion a la densidad de poblacion, se observa que la superficie tiende a elevarse a la densidad de 60,000 pl ha⁻¹, que resulto ser la mejor para las condiciones en las que se llevo a cabo el presente experimento.

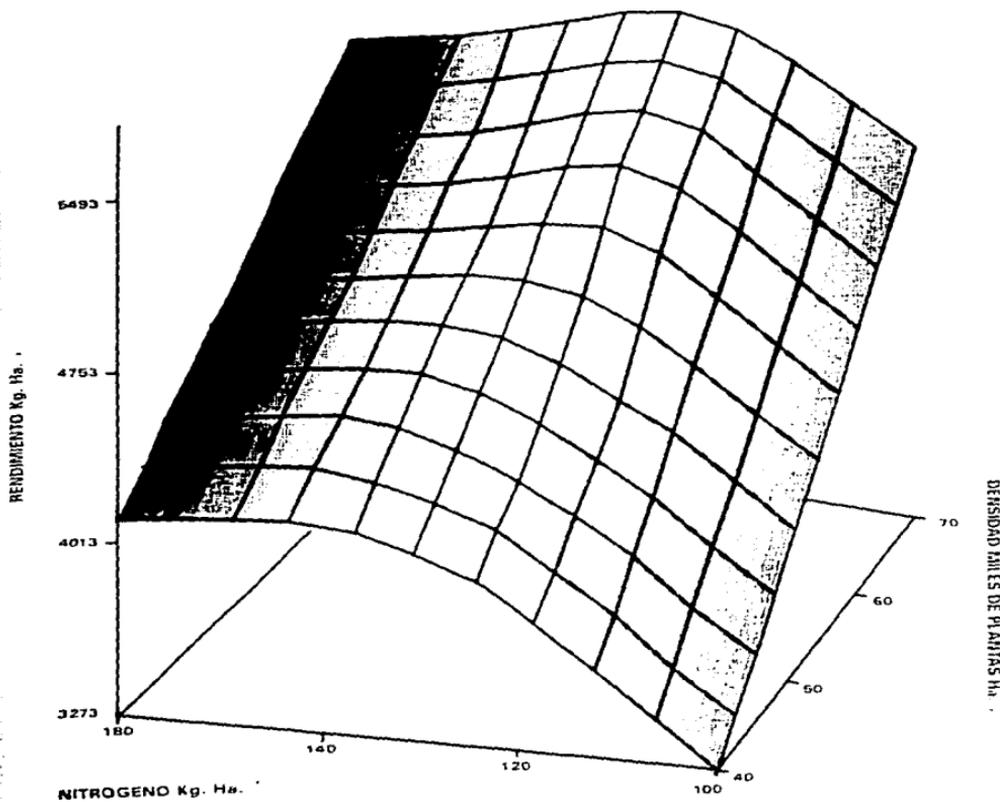


FIG. 2 SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL H-30 A LA DENSIDAD DE POBLACION Y LA FERTILIZACION NITROGENADA

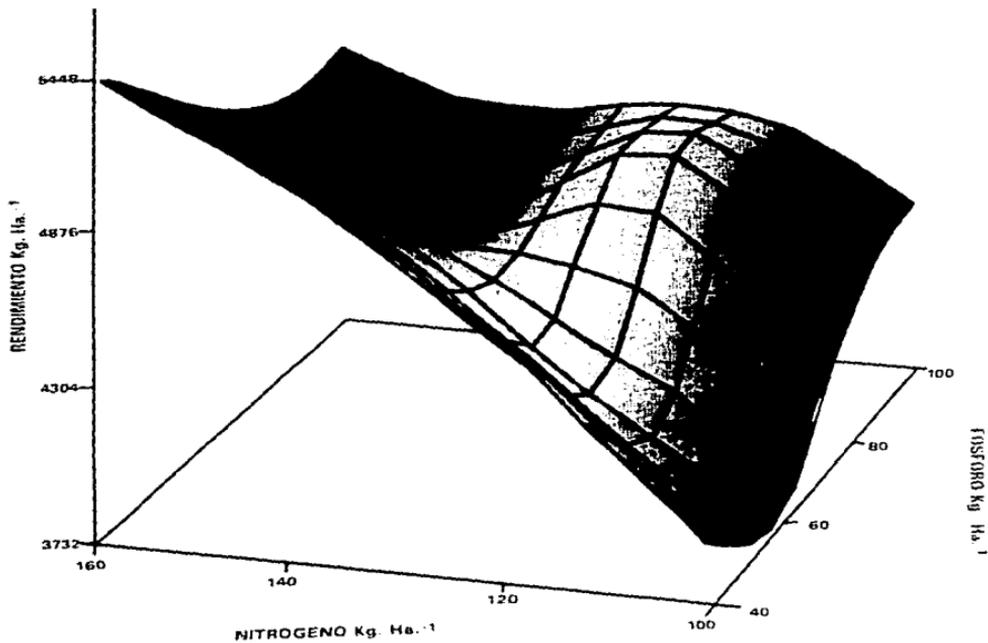


FIG. 3 SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL H-30, A LA FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA

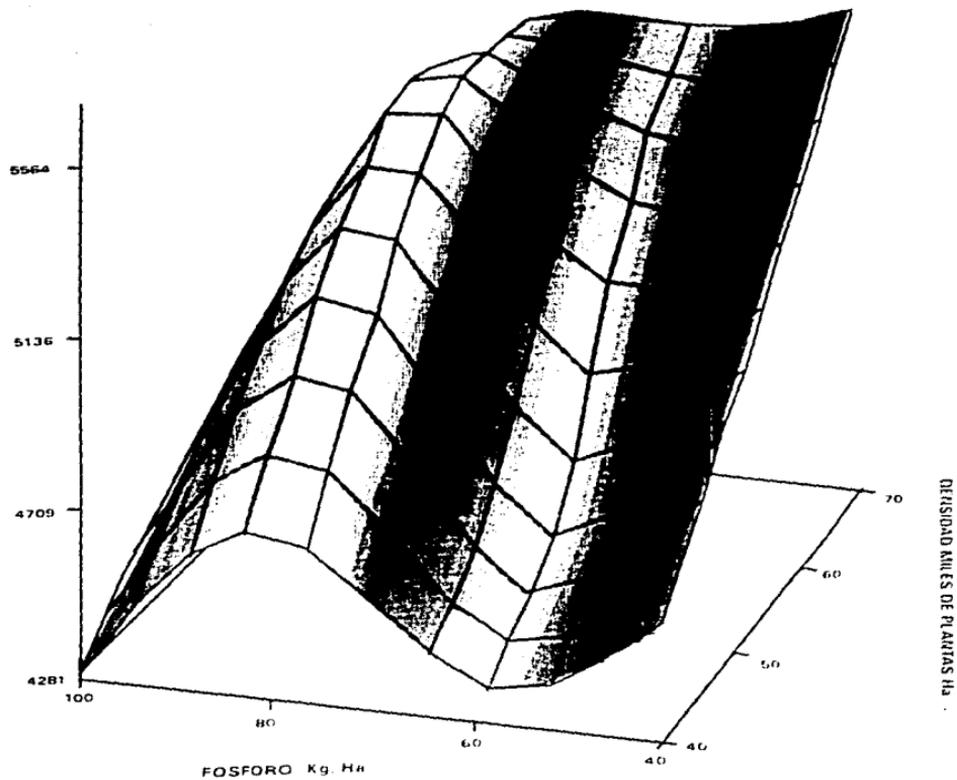


FIG. 4 SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO DEL H-30 A LA DENSIDAD DE POBLACION Y LA FERTILIZACION FOSFORICA

4.4 .Prueba de contrastes.

4.4.1. Tratamientos de la Matriz Plan Puebla I.

Con la finalidad de realizar un analisis mas detallado de los efectos de los factores principales evaluados en el presente estudio, se procedio a realizar pruebas de contrastes ortogonales entre tratamientos. Los contrastes realizados para la variable rendimiento de grano, considerando exclusivamente los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I, se presentan en el Cuadro 8.

CUADRO 8. Prueba de contrastes para la variable rendimiento de grano, considerando los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I.

NO. CONTRASTE	TRATAMIENTOS	CUAD. MEDIO	PROB. (F)
1	2 vs 13	1,255,353.1	0.16
3	2 vs 1	472,982.6	0.38
9	1 vs 9	72,365.5	0.73
10	4 vs 8	3,701,294.0	0.01**
11	4 vs 10	3,711,698.8	0.01**
12	8 vs 10	13,666.7	0.88
13	8 vs 12	24,546.5	0.84
14	1 vs 11	163,519.1	0.61
15	1 vs 3	1,453,072.9	0.13
16	3 vs 11	767,378.7	0.27
17	14 vs 8	705,533.8	0.29
18	14 vs 7	4,218,988.6	0.01**
19	7 vs 8	1,306,442.0	0.15
21	2 vs 9	915,363.9	0.23

Puede apreciarse que solo los contrastes 10, 11 y 18 presentaron significancia estadística. El contraste 10 consistió en la comparación de los tratamientos 4 vs 8, el cual permite evaluar el efecto de la adición de 20 kg N ha⁻¹ más (de 120 a 140) sobre el rendimiento de grano, manteniendo constante la dosis de P y la densidad de población. Como ya se había detectado con anterioridad, la adición de una cantidad superior a la óptima encontrada para este estudio de 120 kg N ha⁻¹, provocó una reducción en el rendimiento del orden del 21.4%, resultado que coincide con lo encontrado por Eckert y Martín (1994), quienes señalan que una sobredosis de N puede provocar la reducción del rendimiento por favorecer un mayor desarrollo vegetativo de las plantas.

El segundo contraste que mostró significancia fue el 11, el cual correspondió a la comparación de los tratamientos 4 vs 10. A través de esta comparación se buscó evaluar el efecto de la adición de 40 kg N ha⁻¹ sobre la dosis óptima encontrada de 120 kg. Nuevamente se observó que una sobredosis de N provocó la disminución del rendimiento de grano, del orden del 21.4%. Finalmente, el otro contraste que mostró significancia estadística fue el 18, en el cual se compararon los tratamientos 14 vs 7. Esta comparación se realizó para evaluar el efecto de la disminución de la densidad de población, manteniendo constante la dosis de N y P aplicadas. Se encontró que el usar una densidad de 50,000 pl ha⁻¹ en comparación con la óptima encontrada para el presente estudio de 60,000 pl ha⁻¹, ocasionó una reducción del rendimiento del orden del 25%, lo cual significa que al usar una densidad de población baja se está desperdiciando el potencial de rendimiento con que cuenta el híbrido H-30.

4.4.2. Tratamientos del factorial completo.

En el Cuadro 9 se presentan los contrastes que mostraron significancia estadística, para los 20 tratamientos considerando todas las variables estudiadas.

Cuadro 9. CONTRASTES SIGNIFICATIVOS PARA LAS VARIABLES EVALUADAS CONSIDERANDO LOS 20 TRATAMIENTOS.

VARIABLE	NO. CONTRASTE	TRATAMIENTOS	C.M.	SIGNIFICANCIA
NUMERO DE PLANTAS	1	2 vs 13	334.5	**
	14	1 vs 11	69.1	*
	17	8 vs 14	79.5	*
	18	7 vs 14	480.8	**
	19	7 vs 8	150.0	**
NUMERO DE MAZORCAS	1	2 vs 13	175.1	**
	2	2 vs 20	134.7	**
	3	2 vs 1	96.0	*
	10	4 vs 8	121.5	*
	14	1 vs 11	69.1	*
	16	3 vs 11	115.3	*
	17	8 vs 14	131.8	**
18	7 vs 14	131.8	**	
ALTURA DE PLANTA	6	2 vs 17	351.3	*
	8	17 vs 18	924.5	**
ALTURA DE MAZORCA	11	4 vs 10	654.0	**
	8	17 vs 18	2112.5	**
NUMERO DE HIJOS	1	2 vs 13	130.4	*
RENDIMIENTO DE GRANO	2	2 vs 20	2645383.5	*
	10	4 vs 8	3701294.0	*
	11	4 vs 10	3711698.8	*
	18	7 vs 14	4218988.6	*
DIAMETRO DE MAZORCA	11	4 vs 10	0.2	*
NUMERO DE HILERAS POR MAZORCA	1	2 vs 13	4.9	**
	6	2 vs 17	10.9	**
NUMERO DE GRANOS POR MAZORCA	6	2 vs 17	16454.5	**
	8	17 vs 18	9940.5	**
PESO DE 100 GRANOS	9	1 vs 9	94.4	*
	11	4 vs 10	140.3	**
	12	8 vs 10	65.8	*
	14	1 vs 11	126.4	**

En el puede apreciarse que la variable con el mayor número de contrastes significativos fue el número de mazorcas por parcela.

Para esta variable 3 contrastes que incluyeron al tratamiento 2 fueron significativos. En el caso del contraste 1 se compararon los tratamientos 2 vs 13, con el objeto de evaluar el efecto de aumentar en 20,000 pl ha⁻¹ la densidad de población sobre el número de mazorcas por parcela. Tal como se discutió en los resultados presentados en el Cuadro 3, se observó que de acuerdo a lo señalado por Duncan y Ohlrogge (1958), al aumentar la densidad de población en 20,000 pl ha⁻¹ aumenta el rendimiento por unidad de área en 29%, es decir, que aunque el rendimiento de plantas individuales disminuye conforme se incrementa la densidad de población, el rendimiento por unidad de área aumenta por un efecto compensatorio debido al mayor número de plantas (Prine y Schroeder, 1964).

En el contraste 2 hubo diferencia significativa para la variable número de mazorcas por parcela (NM), se encontró que al disminuir en un 100% la dosis de N (de 120 a 60 Kg ha⁻¹) manteniendo constante en nivel de P, en 60 Kg, e incrementando la DP de 60 a 70 mil plantas, este componente del rendimiento disminuyó en un 25%, debido principalmente a una mayor presencia de plantas jorras, lo cual coincide con lo hallado por Collins (1965), Alvarado (1977) y Tollenaar, et al (1994).

Para evaluar el efecto de altas dosis de N y P (140 y 80 Kg ha⁻¹, respectivamente) al variar la DP en 10 mil plantas por abajo y por arriba de la recomendada, se establecieron los contrastes 17 y 18 los cuales resultaron significativos para el componente número de mazorcas por parcela (NM), encontrándose un incremento de 25%. No obstante, este resultado fue similar al obtenido con el tratamiento 4, [120-80-00(60)], por lo cual podría resultar inconveniente en términos económicos el uso de esta sobredosis en la fórmula de producción.

Los contrastes 3, 10, 14 y 16 resultaron con baja diferencia significativa para la variable número de mazorcas por parcela.

Para el caso de la variable diametro de mazorca (DM), únicamente el contraste 11 mostro resultados significativos, en donde al aumentar la dosis de N de 120 a 160 Kg, manteniendo sin cambio la de P en 80 Kg, y la DP en 60 mil plantas, disminuyo 0.4 cm, el diametro de mazorca.

Por lo que corresponde a la componente del rendimiento peso de 100 granos (P100G), los contrastes 9 y 12 presentaron diferencia significativa. En este sentido pero con diferencia altamente significativa, los contrastes 11 y 14 fueron relevantes. En el contraste 11 al aumentar el nivel de N de 120 a 160 Kg, permaneciendo sin cambio el nivel de P en 80 Kg y la DP en 60 mil plantas, se abatió un 14% este componente, en contraposición con lo hallado por Tanaka y Yamaguchi (1977). En el contraste 14 se observó que la dosis de 40 Kg de P usada en el tratamiento 11 produjo la mejor expresión de este componente con niveles de 120 Kg de N y 50 mil plantas de DP, coincidiendo con lo planteado por Fan y Mackenzie (1994).

En esta Prueba de Contrastes también se incluyeron algunos tratamientos con la variedad sintética VS-22 y un Criollo de la zona. Estos genotipos mostraron resultados altamente significativos para la variable número de granos por mazorca (NGM). Dentro de una misma fórmula de producción [120-60-00(60)], la variedad sintética VS-22 resultó 19.5% más eficiente que el híbrido H-30 y 14% más que la variedad criolla.

Con resultados altamente significativos para los componentes altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), el contraste # mostró la respuesta de la variedad sintética VS-22 y del Criollo local a la fórmula de producción [120-60-00(60)], en donde se manifiesta la mayor capacidad de adaptación, de la variedad Criolla, a las condiciones ambientales del lugar.

4.4.3. Tratamientos opcionales.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos en la Prueba de Contrastes para los seis tratamientos opcionales, que incluyen a la variedad sintética VS-22 y un Criollo local con aplicaciones adicionales de Potasio, en los tratamientos 15 y 16

CUADRO 10. PRUEBA DE CONTRASTES PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO CONSIDERANDO LOS TRATAMIENTOS OPCIONALES.

No. CONTRASTE	TRATAMIENTOS	C.M.	PROD. (F)
2	2 VS 20	2645383.5	0.04*
4	2 VS 15	3078.1	0.94
5	2 VS 16	248154.9	0.53
6	2 VS 17	2268.2	0.95
7	2 VS 18	1644715.9	0.11
8	17 VS 18	2090804.1	0.07
20	2 VS 19	2171505.2	0.06

De estos siete contrastes evaluados el unico que mostro diferencia estadística para el rendimiento de grano (RG), fue el contraste 2, en el cual el híbrido H-30 disminuyó su rendimiento en un 28% al

incrementar 10 mil plantas a la densidad recomendada (60 mil⁶⁶ plantas ha⁻¹), al mismo tiempo que se aplico el 50% de la dosis recomendada de Nitrogeno (120 Kg ha⁻¹). Esta relacion entre el aumento de la DP sin incrementar la dosis de fertilizacion coincide con lo reportado por Linag, et al (1992).

Para las condiciones en las que se desarrolló el presente estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

La mejor expresión del rendimiento de grano del híbrido de maíz H-30, 6120.98 Kg ha⁻¹, se dio con la fórmula de producción [120-80-00 (60)].

Bajo el arreglo de tratamientos de la Matriz Plan Puebla I, los componentes del rendimiento de grano del híbrido de maíz H-30 que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron: número de hijos por parcela (NH), número de plantas por parcela (NP) y número de mazorcas por parcela (NM).

El rendimiento de grano del híbrido de maíz H-30, para los tratamientos de la Matriz Plan Puebla I no presenta diferencia estadísticamente significativa.

El componente número de mazorcas por parcela (NM) mostró ser el más activo en el ajuste del rendimiento de grano. Sin embargo el componente que contribuye en mayor medida al incremento del rendimiento de grano es el peso de grano (PG).

Al considerar los tratamientos del factorial completo de la Matriz Plan Puebla I, las variables número de hijos por parcela (NH) y número de mazorcas por parcela (NM) mostraron diferencias estadísticamente significativas. De igual forma lo hizo el rendimiento de grano.

La densidad de población (DP) resultó ser el factor principal que mayor influye en las componentes altura de planta (AP), número de hijos por parcela (NH), número de plantas por parcela (NP) y en el propio rendimiento de grano (RG). Siendo el nivel de 60 mil plantas ha⁻¹, la densidad óptima para el híbrido de maíz H-30.

La interacción de los factores N y P produce un efecto sinérgico que favorece una mejor expresión de los componentes altura de planta (AP), diámetro de mazorca (DM), número de mazorcas por parcela (NM) y del propio rendimiento de grano.

La interacción entre los factores DP y N influye en el componente de rendimiento número de hijos por parcela.

La variedad sintética VS-22 muestra una mayor eficiencia en la expresión del componente número de granos por mazorca (NG), que el híbrido H-30 y el Criollo local. Sin embargo, la variedad Criolla presenta mayor adaptabilidad al medio que la variedad sintética VS-22, al expresar mejor los componentes altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM).

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguila A., C., M. Virlic and J.E. Gebaner. 1971. Efecto de poblacion y distancia de siembra entre hileras, sobre el rendimiento y otras caracteristicas de dos hibridos de maiz. Agricultura Tecnica en Mexico 31: 198.
- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4: 503-508.
- Alvarado C., M. 1977. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento y caracteres agronomicos de siete variedades de maiz (*Zea mays* L.) durante la primavera de 1976 en Apodaca N.L. Tesis de licenciatura. Tecnol. de Monterrey. Monterrey, N.L.
- Arellano Vasquez, Jose Luis. 1976. Obtencion de variedades de polinizacion libre para areas de temporal de los Valles Altos de Puebla. Tesis de Ing. Agronomo. E.N.A. Chapingo, Mexico.
- Avila Torres, Veronica y Hernandez Espinosa, Hernan. 1995. Efecto del ahijamiento en la proliferacion y algunas caracteristicas agronomicas en el tallo principal de maiz (*Zea mays* L.), bajo dos densidades de poblacion. Tesis de Ing. Agronomo. UACh. Chapingo, Mexico. 106 p.
- Baenziger, P.S. and D.V. Glover. 1979. Dry matter accumulation in maize hybrids near isogenic for endosperm mutants conditioning protein quality. Crop. Sci. 19: 345-348.
- Baig, M.S. and D.J. Hoff. 1975. The influence of N, P and K on the yields and nutrient composition of corn grain. The Ohio State University. Agron. Abst. p. 134.
- Bauman, L.F. 1960. Relative yield of first Apical and second - ears of semiprolific Southern corn hybrid. Agron. J. 52: 220-222.
- Bejarano E., W. 1971. Dosis y fraccionamiento de la fertilizacion nitrogenada en maiz en Chapingo, Mexico. Tesis de Maestria. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mex.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Bidwell, R.G.S. 1979. Plant Physiology. Edit. Macmillan. New York. 726 p.
- Blevins, R.L.; Murdock, L.W.; Thomas, G.W. 1978. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal* 70(2):322-326.
- Breon, W.S., W.S. Guilan and D.J. Tendham. 1944. Influence of phosphorus supply and the form of available nitrogen on the absorption and distribution of phosphorus by the tomato plant. *Plant Physiol.* 19: 495-506.
- Cachón A, L.E., Nery G, H. y Cuanalo de la Cerda, H.E. 1976. Los suelos del area de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, Mexico. 79 p.
- Carlone, M.R. and W.A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Sci.* 27: 465-470.
- Collins, W.K. 1965. Performance of two-ear type of corn belt maize. *Crop Sci.* 5: 113-116.
- Colyer, D. and E.M. Kroth. 1968. Corn yield response and economic optima for nitrogen treatments and plant population over a seven-year period. *Agron. J.* 60: 524-529.
- Cooke, G.M. 1975. Fertilizing for maximum yield. 2nd. Ed. Granada Publishing Limited. London, U.K.
- Donald, C.M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28: 361-405.
- Downey, L.A. 1973. Effect of varying plant density on a tillering variety of maize. *Field Crop Abst.* 26: 421-424.
- Dueñas L., E., R. Aguirre R. y L. Silva. 1977. Efecto de la densidad de población y la fertilización nitrogenada y fosfatada en el rendimiento de maíz forrajero H-127. Chapingo 8: 84-87.
- Duncan, W.G. and J.A. Ohlrogge. 1958. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. II. Root development in band. *Agron. J.* 50: 605-608.
- _____. 1975. Maiz. En: *Fisiología de los Cultivos*. Ed. L.T. Evans. Camb. Univ. Press. pp. 27-57.

- Dorieux, R.P., E.J. Kamprath and R.H. Moll. 1993. Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and nonprolific corn. *Agron. J.* 85: 606-610.
- Duvick, D.N. 1974. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. *Crop Sci.* 14: 69-71.
- _____ 1977. Genetics rates of grain in hybrid maize yields during the past forty years. *Maydica* 22: 187-196.
- Ebelhar, S. A., Kamprath, E.J. and Moll, R.H. 1987. Effects of - nitrogen and potassium on growth and cation composition of corn genotypes differing in average ear number. *Agron. J.* 79: 875-881.
- Eckert, D.J. and V.L. Martin. 1994. Yield and nitrogen requirement of no-tillage corn as influenced by cultural practices. *Agron. J.* 86: 1119-1123.
- Eghball, B., D.H. Sander and J. Skopp. 1990. Diffusion, adsorption, and predicted longevity of banded P fertilizer in three soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1161-1165.
- El-Lakany, M.A. and W.A. Russell. 1971. Relationship on maize characters with yield in testcrosses of inbreds at different plant densities. *Crop Sci.* 11:698-701.
- Espinoza Paz, Nestor. 1985. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres variedades de maiz (*Zea mays L.*). Tesis de Maestria en Ciencias C.F. Chapingo, Mexico. 117 p.
- Estrella C., N.G. 1971. Dosis y oportunidad de aplicacion de fertilizantes al maiz de temporal en el Valle de Puebla. Tesis de licenciatura. E.N.A., Chapingo, Mex.
- Fan, M.X. and A.F. MacKenzie. 1994. Corn yield and phosphorus uptake with banded urea and phosphate mixtures. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 249-255.
- Fulton, J.M. 1970. Relationships among soil moisture stress, plant populations, row spacings and yield or corn. *Can. J. Plant Sci.* 50: 31-34.
- Garcia, E. 1968. Los climas del Valle de Mexico. Serie de sobretiros No. 6. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, Mexico.

- Genter, C.F. and H.M. Camper. 1973. Component plant part development in maize as affected by hybrids and population density. *Agron. J.* 65: 669-671.
- Giesbrecht, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Agron. J.* 61: 439-441.
- Hanson, R.L. and D.G. Westfall. 1985. Orthophosphate solubility transformations and availability from dual applied N and P. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 1283-1289.
- Harris, R.E., R.H. Moll, and C.W. Stuber. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop. Sci.* 16:843-850.
- Holt, D.F. and D.R. Timmons. 1968. Influence of precipitation, soil water, and plant population interactions on corn grain yields. *Agron. J.* 60: 379-381.
- Hoyt, P. and F.R. Brandfield. 1962. Effect of varying leaf area partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54: 523-525.
- Jokela, W.E. and G.W. Randall. 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.* 81: 720-726.
- Kang, B.T. and O.A. Osiname. 1979. Phosphorus response of maize grown on alfisols of southern Nigeria. *Agron. J.* 71: 873-877.
- Lang, A.L., J.W. Pendleton and G.H. Dungan. 1956. Influence of population and nitrogen level on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. *Agron. J.* 48: 284-289.
- Leng, E.R. 1954. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. *Agron. J.* 46: 502-505.
- Leyva S., R. 1976. Respuesta del maiz a niveles de fertilizacion y densidad de poblacion bajo condiciones de humedad residual normal en la region noroccidental del Edo. De Mex. Tesis de licenciatura. Chapingo, Mex.
- Linag, B.C., M. Remillard and A.F. MacKenzie. 1992. Effects of hybrids, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L.) in Quebec. *Can. J. Plant Sci. Rev. Can. Phyt.* 72:1163-1170.

- Lueking, M.A., J.W. Johnson and F.L. Himes. 1983. Effects of increasing the rates of potassium and nitrapyrin on nitrogen uptake by corn. *Agron. J.* 75: 247-248.
- Lu, D.Q., S.H. Chien, J. Heano and D. Sompongse. 1987. Evaluation of short-term efficiency of DAP versus urea plus single superphosphate on a calcareous soil. *Agron. J.* 79: 896-900.
- McCullough, D.E., P. Giardin, M. Mihajlovic, A. Aguilera and M. Tollenaar. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and a new maize hybrid. *Can. J. Plant Sci.* 74: 471-477.
- Martinez S., J. 1987. Analisis de crecimiento y componentes de rendimiento de siete variedades de maiz bajo el efecto de fertilizacion N, P, K y densidad de plantas en Calimaya, Edo. de Mex. Tesis de Ing. Agr. FES Cuautitlan, UNAM. Cuautitlan, Edo. de Mex.
- Meyer, B.S.; Anderson, D.B.; Bohning, R.H. 1970. *Introduccion a la Fisiologia Vegetal*. Edit. EUDEBA. Buenos Aires. 579p.
- Meza B., G. 1974. El maiz en la region de Tlachichuca, Puebla: densidad de poblacion y dosis de fertilizacion. Tesis de licenciatura. ENA, Chapingo, Mex.
- Miller, M.H. and A.J. Ohlrogge. 1958. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. I. Effect of placement of nitrogen fertilizer on the uptake of band-placed phosphorus at different soil phosphorus levels. *Agron. J.* 50: 95-97.
- _____, C.P. Mamaril and G.H. Blair. 1970. Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitated at the soil-root interface. *Agron. J.* 62:524-527.
- _____, L.C., B.L. Vasilas, R.W. Taylor, T.A. Evans and C.M. Gemmesaw. 1995. Plant population and hybrid considerations for dryland corn production on drought-susceptible soils. *Can. J. Plant Sci.* 75: 87-91.
- Nuñez R. and E. Kamprath. 1969. Relationships between N response, plant population, and row width on growth and yield of corn. *Agron. J.* 61: 279-282.

- Pastenes Ugalde, Gerardo. 1994. Fertilizacion y densidad de poblacion para cuatro genotipos de maiz (*Zea mays* L.). Tesis de Ing. Agronomo. UACH. Chapingo, Mexico. 71 p.
- Primo Y, E. y Carrasco D, J.M. 1973. Quimica Agricola. Edit. Alhambra. Madrid, Esp.
- Prine, G.M. and V.N. Schroder. 1964. Above soil environment limits yields of semiprolific corn as plant population increases. *Crop Sci.* 4: 361-362.
- Prior, C.L. and W.A. Russell. 1975. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. *Crop Sci.* 15: 482-486.
- PRONASE. 1982. Híbridos y variedades de maiz. PRONASE. SARH, Mexico, D.F. 95 p.
- Ramirez Diaz, Jose Luis. 1985. Analisis del crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maiz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis de Maestria en Ciencias. C.F. Chapingo, Mexico. 181 p.
- Ran, W.R., D.H. Sander and R.A. Olson. 1987. Phosphorus fertilizer carriers and their placement for minimum till corn under sprinkler irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1055-1062.
- Riley, D. and S.A. Barber. 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 301-306.
- Rodriguez Gómez, Martiniano y De la cruz Torres, Rosa Maria. 1995. Descripción y analisis del Programa Especial de Produccion de Maiz en el Distrito de Desarrollo Rural III Texcoco, Edo. De Mexico. Ciclos Agrícolas P.V. 1991-1994. Documento de Seminario de Titulacion. UACH. Chapingo, Mexico. 135 p.
- Rubio Castillo, M. Andres. 1994. Relaciones entre la arquitectura de la planta de maiz (*Zea mays* L.) y la intercepcion y uso de la radiacion fotosinteticamente activa. Tesis de Ing. Agronomo. UACH. Chapingo, Mexico. 87 p.
- Russell, W.A. 1984. Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of breeding. *Maydica* 29: 375-390.
- S.A.R.H. 1987. Programa Nacional de Desarrollo Rural Integral. "Proyecto Estrategico de Fomento a la Producción de Maiz".

- Stevenson, C.K. and C.S. Baldwin. 1969. Effect of time and method of nitrogen application and source of nitrogen on the yield and nitrogen content of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 61: 381-384.
- Stringfield, G.H., and Thatcher, L.E. 1947. Stads and methods of planting for corn hybrids. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 39: 995-1010.
- Tanaka, A. and Yamaguchi. 1977. Produccion de materia seca. componentes de rendimiento y rendimiento de grano de maiz. Trad. J. Kohashi. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mex.
- Tatio-Khagho, F. and F.P. Gardner. 1988. Responses of maize to - plant population density. II. Reproductive development, --yield, and yield adjustments. *Agron. J.* 80: 935-940.
- Tsai, C.L. and H.W. Chung. 1987. Effects of population density - and N fertilization on the yield and ear quality of super sweet corn. *Research-Bulletin Talinan district agricultural improvement-station No. 18: 39-45.*
- Tollenaar, M., T.B. Daynard and R.B. Hunter. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.* 19: 363-366.
- _____. 1992. Is low plant density a stress in maize. *Maydica* 37: 305-311.
- _____, A.A. Dibo, A. Aguilera, S.F. Weise and C.J. Swanton. 1994. Effect of crop density on weed interference in maize. *Agron. J.* 86: 591-595.
- _____, S.P. Nassanka, A. Aguilera, S. F. Weise and C.J. Swanton. 1994. Effect of weed interference and soil Nitrogen on four maize hybrids. *Agron. J.* 86: 596-601.
- Turrent Fernandez, Antonio y Laird J. Reggie. 1985. La Matriz Experimental Plan Puebla. Para Ensayos Sobre Practicas De Produccion De Cultivos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mexico.
- Voss, R. And J. Pesek. 1967. Yield of corn as affected by fertilizer rates and environmental factors. *Agron. J.* 67: 567-572.
- Welch, L.F., D.L. Mulvaney, M.G. Oldham, L.V. Boone and J.W. Pendelton. 1971. Corn yields with fall, spring, and sidedress nitrogen. *Agron. J.* 71: 119-123.