



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



"RESPUESTA DEL MAIZ DE HUMEDAD RESIDUAL A LA
FERTILIZACION QUIMICA ORGANICA Y ENCALADO EN EL
MUNICIPIO DE ACAXOCHITLAN, HGO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
ALEJANDRO MENESES GASPAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ASESOR
ING. JUAN PABLO PEREZ CAMARILLO
COASESOR
ING. CARLOS CESAR MAYCOTTE MORALES

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1992



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 está 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.

INDICE

	PAG.
INDICE DE CUADROS DEL TEXTO	i
INDICE DE FIGURAS DEL TEXTO	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	4
Hipótesis	5
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1. Origen y Distribución del Maíz	6
2.2. Respuesta del Maíz a la Fertilización Química	6
2.3. Respuesta del Maíz a la Absorción de Nutrientes	11
2.4. Respuesta del Maíz a la Aplicación de Gallinaza	15
2.5. Respuesta del Maíz a la Aplicación de Cal	20
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Descripción del Area de Estudio	22
3.1.1. Localización del Area Experimental	22
3.1.2. Clima	22
3.1.3. Geología y Relieve	22
3.1.4. Suelos	24
3.1.5. Vegetación	24
3.2. Diseño Experimental	24
3.3. Diseño de Tratamientos	24

	PAG.
3.4 Establecimiento y Conducción del Experimento	27
3.4.1. Preparación del Terreno	27
3.4.2. Toma de Muestras del Suelo	27
3.4.3. Siembra del Experimento	29
3.4.4. Fertilización y Aplicación de Estiercol en la Siembra	29
3.4.5. Manejo de los Experimentos	29
3.4.6. Cosecha de los Experimentos	29
3.5. Técnicas y Métodos para el Análisis de la Información	32
3.5.1. Análisis Estadístico	32
3.5.2. Análisis Económico	32
II. RESULTADOS	33
4.1. Análisis de Varianza	33
4.2. Análisis de Medias (Duncan)	33
4.3. Efectos Factoriales	41
4.4. Análisis Económico	45
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	46
5.1. Análisis de Varianza	46
5.2. Análisis de Medias	46
5.3. Efectos Factoriales	47
5.4. Análisis Económico	48

	PAG.
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
6.1. Conclusiones	53
6.2. Recomendaciones	54
VII. BIBLIOGRAFIA	55

INDICE DE CUADROS DEL TEXTO

CUADRO		PAG.
1	Diseño experimental utilizado en el experimento de la localidad de Zacacuautla, Hgo. Parcelas divididas con 3 repeticiones. Distribución de tratamientos	25
2	Lista de tratamientos generados por la Matriz Plan Puebla I Baconiana para 3 factores más los tratamientos adicionales	26
3	Resultados del análisis físico químico realizado en el sitio experimental de Zacacuautla, Hgo.	28
4	Formulario para transformar Kg. por parcela a Kg. por hectárea en rendimiento ajustado al 14% de humedad ...	31
5	Análisis de varianza para parcelas divididas	35
6	Análisis de varianza para bloques al azar con 6 repeticiones	36
7	Ordenamientos de medias de mayor a menor en tratamientos con materia orgánica en parcelas divididas	37
8	Ordenamientos de medias de mayor a menor en tratamientos sin materia orgánica en parcelas divididas	38
9	Ordenamientos de medias de mayor a menor en tratamientos en bloques al azar	39
10	Comparación de medias de rendimiento para parcelas grandes	40

CUADRO	PAG.
11 Cálculo del Efecto Factorial medio para tratamientos CMO	42
12 Cálculo del Efecto Factorial medio para tratamientos SMO	43
13 Costo de insumos	44
14 Resultados de las comparaciones entre el tratamiento medio con las prolongaciones y tratamientos adicionales en el rendimiento de grano en tratamientos CON MATERIA ORGANICA (CMO)	49
15 Resultados de las comparaciones entre el tratamiento medio con las prolongaciones y tratamientos adicionales en el rendimiento de grano en tratamientos sin SIN MATERIA ORGANICA (SMO)	50
16 Resultados del Análisis Económico para tratamientos CMO	51
17 Resultados del Análisis Económico para tratamientos SMO	52

INDICE DE FIGURAS DEL TEXTO

FIGURA	PAG.
1 Localización de la zona de estudio	23

RESUMEN

El área de estudio es una región montañosa de humedad residual en donde se encuentra comprendida la localidad de Zacacuautla, Municipio de Acaxochitlán, Hgo., cuenta con un amplio potencial para el cultivo de maíz, dado que se dispone de suficiente humedad en el suelo durante la mayor parte del año, debido a las altas precipitaciones y a los suelos con alta capacidad de retención de humedad y ricos en materia orgánica. En dicho agrosistema se tienen evidencias, en base a recorridos de campo y pláticas informales con agricultores, que el uso de los fertilizantes químicos es bajo o nulo, ya que año con año fertilizan con gallinaza.

Para abatir los problemas de tipo tecnológico, se estableció este trabajo de experimentación en dicha localidad, planteándose como objetivos principales el conocer la respuesta del maíz de humedad residual a la fertilización química, orgánica y encalado, así como el de determinar los niveles óptimos económicos de fertilizante químico, orgánico y cal.

Los factores y niveles en estudio fueron el Nitrógeno utilizándose de 30 a 120 Kg/ha.; Fósforo de 0 a 120 Kg/ha.; Potasio de 0 a 90 Kg/ha.; Gallinaza 0 a 5 ton. Siendo los factores constantes la variedad criolla y la densidad de población.

Se utilizó como diseño de tratamientos la Matriz Plan Puebla I Beoniana, siendo el Diseño Experimental el de Parcelas Divididas con tres repeticiones.

Los resultados del Análisis de Varianza bajo el diseño de Parcelas Divididas indicaron que no existe significancia al uso de materia orgánica (Gallinza), sólo a fertilizantes, pero observando en campo que había efecto de la aplicación de Gallinaza se determinó hacer un Análisis de Varianza bajo el Diseño de Bloques al Azar, (ignorando el tratamiento con Gallinaza). Bajo esta situación se encontró diferencia significativa en repeticiones pero no en tratamientos de fertilización, lo que puede significar que si hay influencia de la Gallinza dado que las repeticiones están influenciadas por la aplicación del abono orgánico.

Para comprobar la influencia de la aplicación de la Materia Orgánica se realizó la prueba de Dúncan para Parcelas Grandes (Gallinza) y para Parcelas Chicas (Fertilizantes). El cual indicó que efectivamente existe diferencia significativa para los tratamientos de Gallinaza estadísticamente hablando. Por lo que se decidió, para realizar el Análisis Económico, tomar en cuenta el efecto Con Materia Orgánica (COM) y Sin Materia Orgánica (SMO) para determinar las dosis óptimas económicas.

Se determinó que para el caso de los tratamientos Con Materia Orgánica (C.M.O.) el tratamiento 60-40-00 aplicando 5 toneladas de gallinaza asociado a un rendimiento de 4.041 toneladas se convierte en el Tratamiento Optimo Económico para Capital Limitado (T.O.E.C.L.), así como para Capital Ilimitado (T.O.E.C.I.).

Se determinó que para el caso de los tratamientos sin Materia Organica (S.M.O.), el tratamiento 90-80-90 asociado a un rendimiento de 3.395 toneladas se convierte en el Tratamiento Optimo Económico tanto para Capital Limitado como para Capital Ilimitado (T.O.E.C.L. y T.O.E.C.I.).

No hubo respuesta significativa del maíz de humedad residual al encalado en términos estadísticos y económicos.

INTRODUCCION

El constatante aumento de la población mundial con la consiguiente demanda de alimentos y la reducción en áreas agrícolas, plantean la necesidad de mejorar la técnicas de producción de granos que satisfagan dicha demanda. Arellano (1980).

El maíz es uno de los cultivos alimenticios más importantes mundialmente, de tal modo que Arnos (1975) señala que la importancia es tal que el maíz es la planta alimenticia básica de América y es ampliamente sembrada en todos los continentes. A escala mundial, el maíz viene a ser el tercero en área sembrada y cantidad producida después del trigo y arroz. Su gran capacidad de adaptación hace que se cultive en las condiciones más variadas, Gamboa (1980), desde los 60° latitud Norte en Noruega, hasta los 42° latitud Sur en Nueva Zelanda. En América representa casi el 49% del área ocupada mundialmente, los Estados Unidos aportan el 45% de la producción mundial. En Latinoamérica destacan Brasil, México y Argentina.

Dada pues la importancia que tiene el maíz en la alimentación del pueblo mexicano, es necesario la obtención de mayores rendimientos ya que la constante baja en la producción del grano, obliga a hacer cada año compras al extranjero. Si a esta difícil situación se agrega el crecimiento de la población mexicana, vemos entonces que es preciso aumentar la producción agrícola y especialmente la de maíz mediante técnicas modernas de cultivo para asegurar el alimento de la población y evitar así la fuga de divisas al exterior.

Hernández (1980) señala que en México y América Central, el cultivo de maíz es básico para la alimentación del pueblo, mientras que en otros países de Europa, es base de la alimentación animal que a su vez es la fuente de proteína sin llegar a ser la fuente principal de alimento para sus habitantes, pero no por eso es menos importante comparado con los demás cultivos.

En el Estado de Hidalgo el maíz es de relevante importancia pues durante el año de 1980 se sembraron 263,872 has. De esta superficie el 79% se sembró bajo condiciones de temporal y el resto en riego. En el Distrito de Desarrollo Rural 065 de Tulancingo para 1989 la superficie sembrada de maíz fue de 49,707 has., siendo de esta superficie un 11% bajo riego y el resto en temporal. La superficie destinada a este grano en el municipio de Acaxochitlán fué de 6,541 ha.

En este Distrito prevalecen una serie de problemas los cuáles frenan la buena producción de maíz, entre ellas el minifundio, producción para autoconsumo, ingreso agrícola reducido y escasa adopción de tecnología mejorada, condiciones adversas de tipo agroclimático tales como precipitación irregular, bajas temperaturas, presencia de heladas, nubosidad alta, granizadas y algunos otros factores de la producción. Pérez Camarillo (1985).

Pérez Camarillo y Gámes et al (1985) llevaron a cabo la delimitación de agrosistemas dentro del Distrito, siendo uno de ellos la región montañosa de humedad residual. Este agrosistema cuenta con un amplio potencial para maíz y otros cultivos de ciclo largo aparentemente, dado que se dispone de suficiente humedad en el suelo durante la mayor parte del año, debido a las altas precipitaciones y a los suelos con alta capacidad de retención de humedad y ricos en materia orgánica. Aparentemente en el agrosistema en cuestión no se presentan heladas como una limitante para la agricultura. De acuerdo con experiencias que estos investigadores han tenido en esta región con parcelas de validación y de seguimiento, se evidenció la presencia de humedad relativa alta y exceso de nubosidad, lo cual limita sembrar materiales precoces o intermedios, ya que las condiciones mencionadas provocan que los materiales mejorados de maíz liberados a la fecha presenten problemas de enfermedades. Igualmente observaron que los suelos típicos de esta zona son extremadamente ácidos y que eventualmente los productores utilizan el encalado como medio de mejoramiento.

De acuerdo con Pérez Camarillo (1985), en el agrosistema montañoso de humedad residual, se tienen evidencias en base a recorridos de campo y pláticas informales con agricultores, que el uso de fertilizantes químicos es bajo o nulo, ya que año con año fertilizan con materia orgánica (gallinaza) en forma "mateada" en el momento de la siembra.

Para abatir los problemas de tipo tecnológico, se plantea este trabajo de experimentación en la comunidad de Zacacuautla municipio de Acaxochitlán, Hgo. con el cual se podrá avanzar en la optimización de insumos para la producción en este cultivo.

En virtud de que los trabajos realizados en este agrosistema se han efectuado en diferentes tiempos y por diferentes investigadores se hace necesario contar con información sobre las ventajas de la utilización de fertilizantes químicos y orgánicos, ya que a pesar de que son usados por los agricultores el manejo de los mismos no es el más adecuado.

OBJETIVOS

- Conocer la respuesta del maíz residual a la fertilización química, orgánica y encalado.

- Determinar los niveles óptimos económicos de fertilizante químico, orgánico y cal en maíz de humedad residual.

HIPOTESIS

- El cultivo de maíz de humedad residual responde positivamente a aplicaciones crecientes de fertilizante químico, orgánico y cal.

- Mediante la respuesta del cultivo de maíz de humedad residual a la fertilización química, orgánica y encalado, es posible optimizar en un ciclo agrícola los factores estudiados.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución del maíz (*Zea mays*)

Vavilov, citado por Robles sitúa el centro primario de origen del maíz en lo que llama Centro de Origen de las Plantas Cultivadas del Sur de México y Centroamérica; como centro secundario de origen de variedades de maíz a la zona de Valles Altos que incluye Perú, Ecuador y Bolivia.

Goldsworthy, mencionado por Turriza (1985) menciona que el maíz se extendió a partir de su centro de origen en Mesoamérica, hacia numerosos países del mundo; se cultiva desde cerca de 40° de latitud norte, hasta 40° de latitud sur, se tienen noticias de que su cultivo ha sido ampliado en los últimos años a latitudes mayores, como son Canadá y el Norte de Europa.

Pérez, mencionado por Turriza, cita que el maíz se cultiva desde bajo el nivel del mar en la planicie del mar Caspio, hasta altitudes de más de 3,614 msnm, en los Andes Peruanos, menciona también que: "La precipitación anual en las regiones del mundo donde crece el maíz sin riego, fluctúa entre los límites de 245 mm, en las planicies semiáridas de Rusia, a más de 4,900mm, en el Indostán Tropical.

El maíz es un cultivo que se adapta a variadas condiciones ecológicas y edáficas, debido a su amplia gama de variabilidad genética natural y actualmente a través del fitomejoramiento ha permitido que se explote comercialmente en la mayoría de los países del mundo.

A nivel mundial el maíz ocupa el tercer lugar y entre los países americanos puede considerarse entre los primeros lugares de producción.

2.2. Respuesta del maíz a la fertilización química.

Calderón et al (1989) establecieron 3 experimentos en el ciclo agrícola otoño-invierno 87/88; 88/89 y 89/90 en el área de D.D.R

152 de Tabasco. Teniendo estos trabajos como objetivo determinar la Dosis Optima Económica (D.O.E.) para el maíz bajo condiciones de humedad residual.

En el área de este Distrito se emplean para la siembra de maíz suelos luvisoles de textura arcillosa, que se caracterizan por su buena captación de humedad durante el temporal, por otra parte la planta se favorece durante este ciclo por lluvias esporádicas que se originan por los "nortes". Estos autores señalan que considerando estas condiciones ambientales, el potencial de rendimiento de este cereal es muy amplio. No obstante los factores determinantes en la producción entre otros es el manejo deficiente de fertilizantes, puesto que en el 75% de la superficie no se aplica este insumo y en el resto se emplean inadecuadas cantidades.

Después de haber realizado los análisis estadísticos y económicos, encontraron que la respuesta del maíz en el rendimiento de grano fue con la aplicación de 60 y 20 Kg de nitrógeno y fósforo respectivamente. La mayor tasa de retorno marginal señaló la D.O.E. 60-20-00.

Pérez Zamora (1970) trabajando en la región de Soledad Doblado, de la parte central del Estado de Veracruz; ensayo 5 niveles de nitrógeno con un rango de 0 a 150 Kg/ha; 3 niveles de fósforo con rango de 0 a 80 Kg/ha; 2 niveles de potasio de 0 a 40 Kg/ha; dos épocas de aplicación de nitrógeno (a los 20 y 40 días de nacidas la plantas), utilizando una densidad de población de 40,000 plantas/ha bajo condiciones de temporal y concluye lo siguiente:

En todos los sitios experimentales el cultivo de maíz de temporal respondió positivamente a las aplicaciones de nitrógeno, lográndose marcados aumentos en la producción de maíz en mazorca.

En 2 sitios experimentales el nivel óptimo económico de nitrógeno fue de 120 kg/ha, en 2 sitios fue de 100 y 115 Kg/ha, en 3 sitios fue de 60 Kg/ha, en el restante, el nivel óptimo económico se obtuvo mediante la aplicación de 35 Kg de nitrógeno/ha.

En los tratamientos en que se estudio la oportunidad de aplicación de nitrógeno, los resultados indican que en 6 de los sitios con suelos de textura de migajón-arcillosa o migajón-arcillo-arenosa, sin problemas de malas hierbas y bajo condiciones de buena precipitación, se obtienen mejores resultados en rendimiento, cuando se hace una sola aplicación de nitrógeno en el momento de la siembra. En los otros 2 sitios experimentales el cultivo de maíz de temporal respondió en forma significativa al uso de aplicaciones divididas de nitrógeno; uno de los suelos tenía textura migajón-arenoso y muy alta permeabilidad al agua, esto favoreció las pérdidas de nitrógeno por lixiviación; en el otro sitio fue un suelo con textura migajón-arenosa y tuvo un problema severo de malezas durante el período crítico de desarrollo inicial de las plantas de maíz. Esta conclusión permite solamente recomendar el empleo de aplicaciones divididas de nitrógeno, cuando los suelos sean de textura ligera o bien que se trate de suelos infestados fuertemente por malezas, que no se combaten oportunamente.

Solamente en 2 de los sitios experimentales, el maíz respondió en forma significativa y económica a la aplicación de 40 Kg/ha de fósforo cuando se combinó con cantidades adecuadas de nitrógeno. Cuando la dosis de fósforo se elevó a 80 Kg/ha en las condiciones indicadas, los rendimientos se abatieron significativamente.

En 3 de los sitios existe cierta tendencia a aumentar los rendimientos cuando se aplican 40 Kg/ha de fósforo complementada con cantidades adecuadas de nitrógeno; sin embargo, los incrementos producidos en el rendimiento no son significativos estadísticamente.

En ninguno de los suelos estudiados se obtuvo respuesta en rendimiento de grano de mazorca a la aplicación de potasio.

Laird et al (1954) trabajaron con fertilizantes y prácticas culturales para la producción de maíz en la parte central de México, durante el período 1945-1952. El objetivo fue estudiar la respuesta en rendimiento del cultivo al nitrógeno, fósforo, potasio y fraccionamiento de nitrógeno. Concluye que de los 177 experimentos establecidos el 73.4% de ellos respondió a las aplicaciones de

nitrógeno, el 24.3% respondieron al fósforo y solamente el 2.3% respondieron al potasio. El incremento promedio del rendimiento de maíz aplicando 40 Kg de N/ha, fué de 0.52 toneladas, el incremento para 40 Kg de fósforo fué de 0.23 toneladas.

Pérez Bautista (1958) trabajó con fertilizantes químicos en maíz de temporal, en el Valle de Ciudad Serdan, Pue. Méx. El estudio incluye un experimento con 25 tratamientos arreglados en un Diseño Experimental de Bloques al Azar. Los elementos estudiados fueron el nitrógeno, fósforo y potasio.

De acuerdo con el análisis e interpretación de los resultados, concluye y sugiere utilizar la fórmula 60-40-00. A esta fórmula se le calculó experimentalmente una producción de 4,129 Kg/ha de maíz comercial, comparada con 745 Kg/ha del testigo absoluto.

Gómez Hernández (1975) y Rosales González (1962) trabajaron bajo condiciones de humedad residual en el sureste del Valle de México ensayando diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. Estos autores concluyen que el nitrógeno es el elemento que más se necesita aplicar, enseguida está el fósforo y por último está el potasio.

Laird (1964) resume los resultados de 46 experimentos de fertilización conducidos por el PCCMA en Centroamérica. Menciona que la aplicación de nitrógeno incrementó los rendimientos de maíz estadísticamente significativos en 27 de 46 experimentos en 58%, el promedio de incremento en grano debido a la aplicación de 40 Kg de N/ha en 44 experimentos fué de 0.50 toneladas por hectárea. La respuesta al fósforo fué estadísticamente significativa en 17 de los 46 experimentos en un 36.9% siendo el aumento medio del rendimiento debido a la aplicación de 40 Kg de fósforo por hectárea 2 veces mayor el costo del tratamiento de fertilizante en un 40% de los experimentos. La aplicación de potasio no fue estadísticamente significativo en ninguna localidad, ya que el aumento medio por la aplicación de 40 Kg de potasio fue de 0.07 ton/ha Finalmente indicó que se pueden esperar respuestas económicas debido al uso de nitrógeno y fósforo en aproximadamente 50% de las siembras del maíz.

Sánchez D. et al (1958) experimentaron con maíz diferentes niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y densidad de población. Los niveles fueron 0, 40, 80 y 120 Kg de N/ha; 0, 40 y 80 Kg de P/ha; 0 y 40 Kg de K/ha; 20, 40 y 60 mil plantas/ha variando de 1 a 3 plantas/mata, se sembró maíz híbrido H-503. El rendimiento de maíz sin fertilizante varió desde 0.62 Ton/ha en Playa Vicente hasta 3.9 ton/ha en Martínez de la Torre. El nitrógeno aumentó los rendimientos en 12 de 13 lugares, el fósforo en 5 y el potasio sólo en 1. Los aumentos debido a la aplicación de 60 Kg de N/ha variaron de 0.23 a 2.10 ton/ha, con 40 Kg de P se lograron incrementos de 0.97 a 2.26 ton/ha., en 1 sitio con 40 Kg de K se logró un aumento de 0.76 ton/ha. Concluyó además que el número de plantas más adecuado es determinado por la fertilización del suelo, el clima y las prácticas culturales empleadas. Para el caso de Martínez de la Torre se obtuvo un rendimiento máximo con 35,000 plantas/ha fertilizando con 60-80 Kg de N/ha obteniendo alrededor de 4.37 ton/ha, además recomienda dejar 2 plantas/mata cada 60 cm si los surcos son de 0.92 a 1.00 m de ancho.

El Plan Papaloapan (1976) en un informe técnico de experimentos en Isla, Ver. reporta que se obtuvieron rendimientos máximos de 4,570 kg/ha de grano con la dosis 120-80-00 con 40,000 plantas por hectárea. Con la dosis 80-60-00 y 50,000 plantas por hectárea el rendimiento fué de 4,214 Kg/ha. En la región de los Tuxtlas la dosis que da los rendimientos óptimos económicos son: 60-40-00 y 80-40-00 con la población de 40,000 a 50,000 plantas/ha con maíz de temporal ciclo invierno.

En la región central del Estado de Veracruz, Pérez Zamora (1970) en maíz de temporal aplicó 6 niveles de N (0, 30, 60, 90, 120 y 150 Kg de N/ha), 3 niveles de P (0, 40, y 80 Kg. de P/ha), 2 de K (0, 40 Kg de K/ha), con surcos de 90 cm y 55 cm entre plantas, dando 40,000 plantas/ha. El rendimiento de los testigos 0-0-0 varió de 0.61 a 2.9 ton/ha. La aplicación de N ejerció efecto significativo en todos los sitios. En 6 de 8 sitios, con suelos de textura franco arcillosa ó franco arcillo arenosa, se obtienen mejores resultados en rendimiento aplicando todo el N en la siembra en vez de

fraccionarlo. La aplicación fraccionada de N es recomendable solo en suelos de textura ligera o fuertemente enmalezados y que no se combaten oportunamente. En 2 sitios el nivel óptimo económico de N fué de 120 Kg/ha, en otros 2 fué de 100 y 115 Kg/ha, en 3 de 60 Kg. y el resto de 35 Kg/ha. Hubo respuesta significativa con 40 Kg. de P/ha, pero al elevarse a 80 Kg/ha se abatieron significativamente. Se recomienda aplicar todo el P en la siembra. No hubo respuesta al potasio en ningún sitio.

2.3. Respuesta del maíz a la absorción de nutrientes

Finck (1982) menciona que el maíz (*Zea mays*) es una planta con un alto potencial de rendimiento i.e. con una realización alta de fotosíntesis muy efectiva en la asimilación de CO₂, ya que es una C-4.

Domínguez (1984) afirma que en el maíz, la absorción de nutrientes se anticipa o adelanta considerablemente sobre la producción de materia seca. Así cuando la planta solo ha alcanzado un 30% de desarrollo ya ha absorbido el 45% de P, el 55% de N y casi un 70% de K, correspondiendo al período de aparición de panojas y estilos.

La absorción de la mayoría de los elementos nutritivos de maíz se realiza en un período de 50 a 60 días, con un período máximo de actividad centrado en torno a la floración.

Nitrógeno:

Tisdale y Nelson (1975) entre otros autores señalan que el nitrógeno es de vital importancia en la nutrición de las plantas. Es constituyente de todas las proteínas y ácidos nucleicos y en consecuencia de todo el protoplasma. El nitrógeno generalmente es el elemento más limitante, su contenido en el suelo se ve afectado por muchos factores difíciles de evaluar con los análisis, en consecuencia el análisis para nitrógeno ha sido el más difícil de desarrollar.

Para el caso de maíz Gamboa (1980) distingue 3 fases en la absorción de nitrógeno, la primera desde la naciencia hasta un mes antes de la aparición de los estilos de las flores femeninas. La segunda durante el mes anterior a la aparición de los estilos; la tercera hasta el momento de la madurez fisiológica.

En la primera fase extrae el 8% de sus necesidades totales, al término de la segunda fase habrá extraído un 60%; en la tercera disminuye la velocidad, ocurre una emigración por parte del nitrógeno de las partes vegetativas hacia el grano.

El servicio de fertilizantes y nutrición vegetal de la FAO (1984) señala que aunque el nitrógeno es uno de los elementos esenciales de las plantas que mas abunda en la naturaleza, ya hay unas 67,000 toneladas en la atmósfera situada encima en cada hectárea de terreno, la falta de nitrógeno limita probablemente el rendimiento de los cultivos más que de cualquier otro elemento. La cantidad de nitrógeno absorbido por los cereales alimentarios supera la de cualquier otro nutriente, y su movilidad en las fases líquida y gaseosas puede ser causa de importantes pérdidas del suelo tras su aplicación como fertilizante.

El servicio de fertilizante y nutrición vegetal de la FAO (1984) indica que ningún otro nutriente permite obtener tantos beneficios de una utilización apropiada como el nitrógeno. En estudios sobre el maíz han demostrado que la eficacia del nitrógeno aplicado en banda en el momento de la siembra es superior a la del nitrógeno enterrado al arar cuando se prepara el terreno para la siembra y que una aplicación lateral tardía en la fase de crecimiento desde que la planta tiene 50 cm. hasta la aparición de la inflorescencia masculina esto hacia que el contenido en el grano de nitrógeno procedente del fertilizante fuera máximo.

Fósforo

Hausenbuiller (1978) menciona que después del nitrógeno, el fósforo es probablemente el segundo nutriente más ampliamente deficiente en el suelo, y que en muchos de los suelos la disponibilidad

del fósforo es derivada a través de la mineralización de la materia orgánica. En algunos suelos, sólo las repetidas adiciones de fertilizante fosfórico parecen ser el medio satisfactorio para suministrar las necesidades de las plantas de este importante nutriente.

Mengel y Kirby (1982) señalan que las formas en que el fósforo es absorbido como fosfato son: en forma inorgánica como ortofosfato y en menor proporción como pirifosfato.

Gamboa (1980) indica que en suelos ácidos se pueden utilizar abonos fosfatados hiposolubles o insolubles en agua, como las escorias básicas o los fosfatos naturales. Estos actúan mejor a menor diámetro de los gránulos, en cambio con los fosfatos solubles en agua es mejor usar gránulos con diámetros mayores.

Gamboa (1980) menciona que la absorción de P es mucho más lenta que la del N y ocurre paralela a la acumulación de materia seca en la mayor parte del desarrollo vegetativo. La absorción media diaria desciende cuando la planta pasa al período crítico de desarrollo, ubicado en los alrededores de la aparición de la inflorescencia femenina. A diferencia del nitrógeno, el fósforo se halla uniformemente repartido en la planta, cuando comienza a formarse el grano se inicia la translocación del fósforo hacia el grano.

El servicio de fertilizantes y nutrición vegetal de la FAO (1984) señala que el elemento P no posee la movilización del N en el sistema suelo-planta su naturaleza depende de las propiedades químicas del suelo, un PH entre 6.0 y 6.5, indican predominio del ión $H_2PO_4^-$, presente en la solución del suelo, que es el más soluble de todas las formas de P existentes en el suelo, y el más fácilmente asimilable por las plantas. A un PH inferior la solubilidad de Fe y AL aumenta, lo que permite una combinación con cualesquiera iones solubles de P para formar compuestos con Fe y AL menos accesibles. Cuando el PH es mayor de 7 y el suelo está saturado de iones Ca, predominan los iones HPO_4^{2-} , mucho menos activos. En consecuencia, la

fertilización con fosfatos ha de orientarse hacia la conservación o el aumento en la medida de lo posible de la solubilidad del fertilizante aplicado.

Asimismo, señala que investigaciones realizadas en todo el mundo sobre la mayor parte de los cultivos han mostrado la necesidad de que el P fertilizante esté presente en la zona de plántula cuando el cultivo comienza a desarrollarse para garantizar la respuesta máxima de éste al fertilizante.

Llanos (1984) menciona que la cantidad presente de fósforo en la planta de maíz es 1/10 de N, y que el P puede ser reutilizado con bastante facilidad por la planta después de ser almacenado en sus tejidos. La absorción de P es de aproximadamente 10 Kg. de P/ton. de grano cosechado. Una falta de fósforo durante la primera fase de desarrollo vegetativo puede producir efectos irreversibles.

Numerosos estudios reportan que existe una influencia de N en la absorción de P, de tal manera que la absorción de P se ve favorecida cuando se aplica al suelo N en forma amoniacal, al mismo tiempo que P. Así como, que el P contribuye en el metabolismo de la planta joven a una mejor utilización del N.

Potasio

Arnon (1975) y Mengel y Kirkby (1982) coinciden en que el potasio, es el catión univalente más importante, no solo en lo referente a su contenido en los tejidos vegetales sino también en sus funciones fisiológicas y bioquímicas. Rusell (1973) menciona que es importante en la síntesis de aminoácidos y de proteínas de iones amonio. También es importante en el proceso fotosintético, en la asimilación de CO_2 . Evans and Sorger (1966) citados por Mengel y Kirkby (1982) indican que la función mas importante es la activación de varios sistemas enzimáticos y que puede promover indirectamente la síntesis de varios compuestos orgánicos como proteínas, azúcares y polisacáridos.

Según Bates (1971) citado por Gamboa (1980), la extracción es sumamente rápida a partir del momento de la nacencia, el ritmo es incluso superior al del nitrógeno. Este hecho sugiere la convivencia de la inclusión del potasio en el fertilizante iniciador en cantidad elevada.

Al potasio generalmente se le ha relacionado con la transpiración de las plantas. Por ejemplo Llanos (1984) afirma que el potasio en los tejidos de las plantas contribuye en tiempo seco a mantener los estomas de las hojas bien cerrados, reduciendo las pérdidas de agua. Un efecto notable es que puede incrementar la eficacia fotosintética en condiciones de baja intensidad lumínica, por lo tanto los altos rendimientos por unidad de área que se logran con grandes densidades de población son facilitados por un aporte elevado de potasio para controlar el efecto negativo del sombreado. Contribuye además a la formación de tejidos fibrosos o de sostén y evitar el encamado, la falta produce tallos cortos, alargamiento de las hojas y resecado de sus bandas.

La fertilización de maíz con potasio generalmente puede justificarse en suelos que tienen un contenido bajo de potasio intercambiable, es decir menos de 100 ppm de K_2O . De otro modo si el suelo contiene mayores a 220 Kg/ha de K intercambiable, se esperará poca o nula respuesta a la aplicación de fertilizante potásico.

Así también Gamboa (1980) indica que al principio el potasio se encuentra fundamentalmente en las hojas y tallos, después es mayor en las hojas, entre el período de aparición de la panícula masculina y de los estilos femeninos, después ocurre la translocación mas lenta y menos importante que el nitrógeno y el fósforo.

2.4. Respuesta del maíz a la aplicación de estiércol de ave (Gallinaza).

En el área de influencia del Plan Puebla, Caballero et al (1978) citado por Rodriguez Jasso (1983) llevaron a cabo diversas investigaciones que fueron divididas por zonas.

Encontraron los siguientes resultados: En la zona III realizaron una investigación en 3 localidades, y observaron la respuesta promedio del maíz al uso de estiercol y de fertilizante químico. Se observó que cuando no se usa estiercol ni fertilizante químico el rendimiento promedio de las 3 localidades fué de 665 Kg/ha, en tanto que cuando se usó el tratamiento 120-40-00 en siembra y 2ª labor y sin gallinaza el rendimiento promedio fue de 3,088 Kg/ha. Cuando se usó la dosis de 9 ton/ha de gallinaza en la 1ª labor y sin fertilizante químico, el rendimiento promedio fue de 4,563 Kg/ha. Mientras que además de las 9 ton/ha de gallinaza se aplicó el tratamiento de fertilizante 120-40-00 en siembra y 2ª labor el rendimiento promedio en las 3 localidades fue de 4,214 Kg/ha.

El mismo autor estudió la respuesta promedio del maíz a la dosificación de estiercol de gallina y su interacción con la dosis y la oportunidad de aplicación de fertilizante químico. Encontró que el rendimiento comercial máximo fue del orden de 13.5 ton/ha cuando se aplicó fertilizante químico en la 2a. labor y con 3 ton. de gallinaza/ha. En cambio cuando se aplicó el fertilizante químico en la siembra y 2a. labor de cultivo y una dosis de 6 toneladas de gallinaza/ha. se obtuvo un rendimiento comercial de 4.7 ton/ha.

El uso del estiercol altamente valuado por su calidad de fertilización es una práctica tan antigua como la propia agricultura. En México, el uso de éstos abonos orgánicos, y en especial el de gallinaza, ha aumentado consideradamente a causa sobre todo de la elevación de costos de los fertilizantes comerciales y el incremento que en los últimos años se ha experimentado en la explotación avícola de nuestro país. Castro (1976).

Parquet et al (1959) citado por Castro (1976) condujeron experimentos de campo para estudiar el efecto del estiercol de ave en el cultivo de maíz. Los resultados indicaron que cuando se aplicó el estiercol el cultivo sufrió daños por acame y éstos daños fueron mayores conforme las dosis de estiercol aplicado fueron más altas.

Trejo (1972) condujo un experimento de campo en Chapingo para estudiar la interacción nitrógeno-gallinaza en el cultivo de maíz. Las dosis de estiercol usadas variaron de 0 a 8 toneladas/ha. con intervalos de 2 ton., las dosis de N variaron de 0 a 160 Kg/ha. con intervalos de 40 Kg. El fósforo fue constante (40 Kg. de P_2O_5/ha). En los resultados el testigo rindió más que cualquier tratamiento, al aumentar las dosis de nitrógeno y gallinaza se abatieron los rendimientos de rastrojo y de grano y se incrementó el número de plantas estériles por parcela útil.

Castro (1976) realizó una investigación cuyo objetivo fue mejorar la tecnología generada por el Plan Puebla, definiendo una fórmula de fertilización nitrogenada y fosfórica que representa una mejor alternativa para los agricultores, y al mismo tiempo definir la mejor época de fertilizar y estudiar el efecto que tiene la adición de gallinaza y elementos menores (Mo y Zn) en el rendimiento de maíz. Encontrando que el mayor rendimiento de grano se obtuvo al efectuar aplicaciones de gallinaza, así también los rendimientos de rastrojo se elevaron.

García Paredes et al (1990) estudiaron la respuesta del maíz a la fertilización orgánica e inorgánica, siendo los objetivos de ese trabajo evaluar la aplicación de 2 fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento de maíz y estimar si la aplicación de los abonos sustituye la aplicación del P con fertilizantes minerales.

Para ellos se utilizó un Diseño Experimental de parcelas divididas con 3 repeticiones. En las parcelas principales se aplicaron 2 niveles de gallinaza (3 y 6 ton/ha) y estiercol bovino (12 y 24 ton/ha.) en las parcelas chicas se evaluaron los niveles de fertilización con N (60, 80, 100 y 120. Kg/ha) P (0, 20, 40 y 60 Kg/ha.) La parcela experimental fue de 4 surcos con 75 cm. de separación y 6 m. de longitud. La aplicación del estiercol se hizo 3 días antes de la siembra. Se efectuó un análisis de varianza para el rendimiento de grano, además se realizó un análisis económico para los tratamientos de parcelas chicas siguiendo el criterio de la TRCV.

Concluyendo que en general los tratamientos de abonos orgánicos dieron mayores rendimientos que el testigo, aunque solo en un sitio la diferencia fue significativa.

Los resultados sugieren la posibilidad de reducir los niveles de fertilización al aplicar abono orgánico al suelo.

Turrent (1970) condujo un experimento para evaluar el efecto del residuo del estiércol de gallina sobre el cultivo de maíz. El experimento involucró 4 dosis de N, 2 de P y 4 dosis de estiércol de gallina.

El estiércol produjo incrementos en los 4 niveles de N estudiados, y en la misma región con N y P, se obtuvo un rendimiento de 6,183 Kg/ha. y cuando se adicionaron 10 ton. de estiércol, se produjo un rendimiento de 8,877 Kg/ha. Con base en esta información se determinó una recomendación para maíz de temporal en la zona III del Plan Puebla, siendo ésta 100-50-2.5 (N-P-Gallinaza).

Dos años después se sembraron 2 experimentos con el fin de estudiar el efecto de la dosis de N, P, y gallinaza en maíz. El año fue bueno en lluvia para ambos sitios. En Calpan hubo respuesta al cultivo de maíz hasta 150 Kg. de N, con cualquier nivel de estiércol. En Tlaxiaco se obtuvo el mismo tipo de respuesta, pues en ambos sitios, hubo interacción negativa entre el N y el estiércol. Esto se debió a que la gallinaza también aporta N al suelo. En la misma localidad la respuesta a P no fue significativa a ningún nivel de estiércol y de N. Pero en cambio en Calpan, si hubo respuesta al P aplicando a niveles de 0 y 2 ton. de gallinaza. Con niveles superiores a las 2 ton. ya no hay respuesta a P y desde luego también se debió a que la gallinaza es fuente de P lo cual ocasionó una interacción negativa.

En Calpan hubo respuesta a la gallinaza entre los niveles de 0 y 2 ton., pero a dosis mayores de 2 ton, la respuesta no fue muy clara. En el caso de Tlaxiaco, la respuesta a la gallinaza fue similar a la que se obtuvo en Calpan.

En el Plan Puebla (1974) se estudió la respuesta del maíz a la dosis, fuente y época de aplicación de gallinaza en combinación con los fertilizantes químicos N y P, en 2 localidades de la zona III del Plan Puebla. En la localidad de Sta. María Acuexcomac, se observó que cuando se utilizó la fórmula 100-0-0 más 8 ton. de gallinaza regular en la labor se obtuvo un rendimiento de 7,025 Kg/ha. Para el estudio de San Andrés Calpa, el tipo de respuesta fue casi igual aunque con menor rendimiento debido al efecto de la helada y con la única diferencia de que en este sitio, se obtuvieron rendimientos mayores cuando se aplicó además del N y la gallinaza 30 Kg de P/ha.

Caballero Mata (1978) trabajó en definir una tecnología de producción para maíz en términos de dosis, fuente y época de aplicación de fertilizantes químicos (N y P) para los agricultores de la zona III del Plan Puebla. Además de estudiar el efecto que estos factores tienen sobre el rendimiento de maíz comercial.

El experimento involucró 5 factores de la producción que son: dosis, oportunidad, y fuente de gallinaza, dosis y oportunidad de aplicación de fertilizante nitrogenado y fósforo.

Para la selección de tratamientos esta se hizo de diferente manera, los niveles de parcela grande se seleccionaron de una manera discreta, y para los tratamientos de parcelas chicas se utilizó un factorial 2^2 , más otros 2 tratamientos elegidos también de la manera discreta. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con 4 repeticiones. Los tratamientos de gallinaza fueron asignados a las parcelas grandes y los tratamientos de fertilizante químico a las parcelas chicas.

Concluye mencionando que el tratamiento que produjo los más bajos rendimientos fue el testigo y el más alto rendimiento correspondió a 6 ton/ha de gallinaza regular aplicadas en la siembra y un tratamiento 120-40-00 en siembra y 2ª labor.

2.5. Respuesta del maíz a la aplicación de cal:

El manejo de suelos ácidos mediante el encalado es una práctica común cuyo fin es controlar la acidez del suelo; su importancia radica en que mantiene un PH apropiado para el crecimiento de las plantas, proporciona una adecuada saturación de bases de capacidad de intercambio catiónico, reduce el efecto tóxico de elementos como el Fe, Al y Mn al modificar su solubilidad, aumenta la solubilidad de algunos nutrientes y favorece la actividad de microorganismos. López Robles (1990).

Brown y Foy (1964), citados por López Robles, indican que se incrementa el rendimiento de maíz en un 14% mediante la aplicación de 3 ton/ha de $CaCO_3$ a un suelo ácido.

Una respuesta positiva en el cultivo de maíz mediante el encalado de suelos ácidos ha sido reportada por Friesen y Miller (1982); Nuwamanya (1984); Adeoye y Singh (1985); González y Naranjo (1985) y Dalal (1986) citados por López Robles.

López Robles (1990) trabajó en un experimento cuyo objetivo era probar el efecto de la aplicación de cal, Co, y Mo a un suelo ácido de Ahualulco, Jal. así como su repercusión en el rendimiento de maíz.

Las hipótesis que señala indica que la aplicación de encalado en un suelo ácido del municipio de Ahualulco, Jal. produce incrementos en el rendimiento de maíz, y que la dosis de encalado sobre 7,450 Kg. de $CaCO_3$ produce un efecto detrimente sobre el desarrollo del maíz.

Este investigador concluye que el encalado del suelo de Ahualulco, Jal. con $CaOH_2$ ó dolomita no tiene efecto positivo en el rendimiento de los genotipos de maíz Jal-4 y H-28.

Las dosis de encalado de 4.35 y 3.98 g/2.5 kg. de suelo (8.14 y 7.450 ton/ha.) de $Ca(OH)_2$; y dolomita respectivamente disminuyen el rendimiento de los genotipos de maíz Jal-4 y H-28.

Sugiere no aplicar niveles de cal mayores de 2.08 o 1.9 g/2.5 Kg. de suelo (3.89 o 2.37 ton/ha) de $Ca(OH)_2$, o dolomita respectivamente.

Alvarado L. et al (1990) estableció un experimento donde evaluó la respuesta del maíz a la aplicación de diferentes niveles de cal y a la fertilización fosfatada en suelos del Valle de Atlacomulco, Mex.

Para ello trabajó con 5 suelos del Valle de Atlacomulco con valores de PH de 5.1, 4.3, 4.2, 5.8 y 4.6 respectivamente. Se aplicaron 3 niveles de cal: 1 (sin cal); 2 (cal necesaria para elevar el PH a 5.5) y 3 (cal necesaria para alcanzar un PH de 6.5). En el suelo 4 (PH 5.8) el nivel 2 de cal aplicada correspondió a la mitad del nivel 3.

Concluye que el encalado no tuvo el mismo efecto en el rendimiento de maíz en todos los suelos estudiados, en la mayoría (suelo I, IV y V) el efecto no es apreciable, aunque en otros permite incrementar considerablemente el rendimiento (suelo III)

En todos los suelos se tiene una respuesta favorable a la aplicación de P. Cuando se tiene respuesta al encalado es suficiente con encalar a un PH aproximadamente de 5.5.

El mismo autor trabajó en 4 suelos del municipio de Sonayiquilpan, Mex., teniendo como objetivo evaluar en invernadero el efecto del encalado en el rendimiento y absorción de P en el cultivo de maíz.

Concluye que el encalado de los suelos no tuvo efecto significativo en el rendimiento de materia seca de maíz. Y la absorción de P por la planta se incrementó con la aplicación de cal a los suelos, pero esto no se reflejó en el rendimiento de materia seca.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del Area de Estudio.

3.1.1. Localización del área experimental (Fig. 1)

El experimento se estableció en la comunidad de Zacacuautla perteneciente al municipio de Acaxochitlán, Hgo. Se localiza al Noroeste de la ciudad de Tulancingo aproximadamente a 40 km. por la carretera Tulancingo-Tuxpan. Las coordenadas geográficas son 20° 13' Latitud Norte y 98° 14' Longitud Oeste. La altura sobre el nivel del mar es de 2,200 mts.

3.1.2. Clima

El clima que presenta el área de estudio es del tipo C(m) Clima templado con abundantes lluvias en verano con porciento de precipitación invernal mayor de 5 y la precipitación del mes más seco es menor a 40 mm.

La temperatura media anual oscila entre 12° y 18°C, siendo la del mes más frío entre -3° y 18°C.

3.1.3. Geología y Relieve

Pertenece a las formaciones del Cenozoico del período terciario superior (plioceno y mioceno) el cual está compuesto por rocas ígneas extrusivas, del tipo basáltico, principalmente. Identificándose olivinos, piroxenos y andesíticos con estructura compacta y versicular en derrames densos lavas en bloques y disyunción prismática. El fraccionamiento por intemperismo es variable, predominando el intenso y profundo.

Morfológicamente se identifican como mesetas disectadas por profundos cañones frecuentemente coronados por conos sineríticos brechoides y se halla distribuido especialmente en los límites del Aftiplano y la Sierra Madre Oriental.

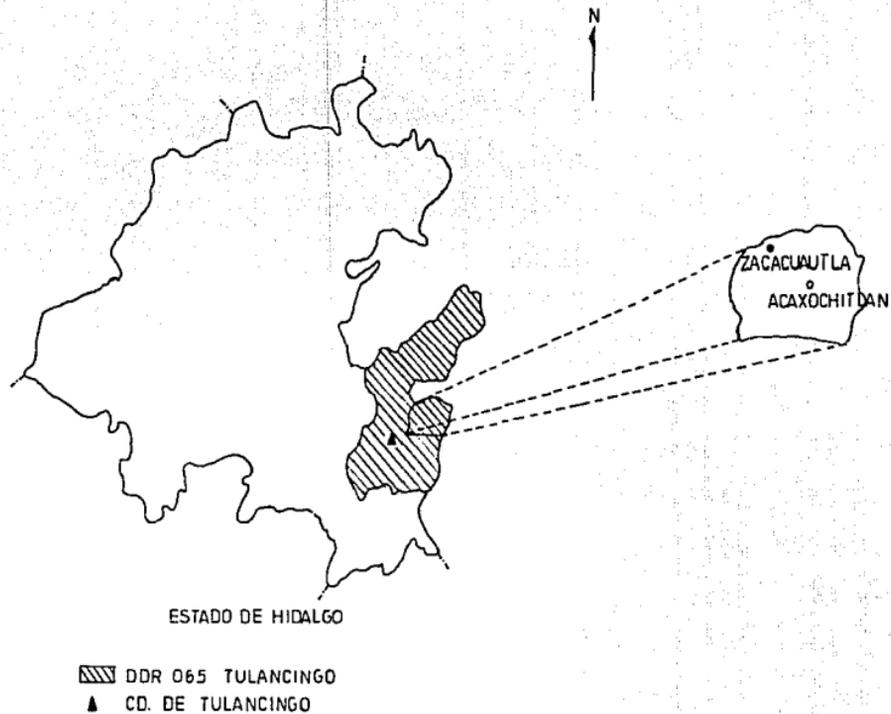


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

3.1.4. Suelos

El área de estudio pertenece a la unidad luvisol con una subunidad crómica el cual presenta una acumulación de arcilla en el subsuelo con una vegetación natural de bosque o selva de color rojo ó claro, moderadamente ácidos con alta susceptibilidad a la erosión. Presentando un suelo secundario de la unidad Andosol Subunidad Ortica el cual se caracteriza por haberse formado a partir de cenizas volcánicas.

3.1.5. Vegetación

Por lo que respecta a la vegetación dominante, está integrada por bosques de pinos y de mesófilo de montaña y de pino con vegetación secundarea arborea.

3.2. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue el de Parcelas Divididas con 3 repeticiones. Los tratamientos con gallinaza fueron asignados a las parcelas grandes, y los tratamientos de fertilizantes químicos a las parcelas chicas. El tamaño de la parcela chica fue de 2 surcos de 0.85 m de ancho por 6 m de largo y la parcela útil es de 2 surcos sin mata de cabecera. (Cuadro 1)

El modelo de este diseño utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + r_j + n_{ij} + \bar{\alpha}_k + (\bar{\alpha}\beta)_{jk} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, r, \quad j = 1, 2, \dots, p, \quad K = 1, 2, \dots, q$$

3.3. Diseño de Tratamientos

Para este diseño se utilizó la Matriz mixta Plan Puebla I Baconiana utilizando un factorial $2^A \times 2^K = \text{No. de tratamientos}$, donde $K = \text{N}^\circ$ de factores (N-P-K) y $2 = \text{N}^\circ$ de niveles (30-120 Kg. de N/ha; 0-120 Kg. de P/ha y 0-90 Kg. de K/ha). Esto nos da un total de 14 tratamientos los cuales corresponden a la Matriz Plan Puebla I y del tratamiento 15 al 22 bajo la Matriz Baconiana.

En los tratamientos adicionales (15-21) se efectuaron aplicaciones de Cal desde 2 hasta 8 ton. en siembra y hoja bandera, quedando un testigo absoluto. (Cuadro 2).

CUADRO 1. DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO EN EL EXPERIMENTO DE LA LOCALIDAD DE ZACACUAUTLA
EN PARCELAS DIVIDIDAS CON 3 REPETICIONES. DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS.

I	1	5	21	3	22	17	19	16	15	7	2	10	12	14	13	9	4	6	20	11	18	8	0
	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	
II	2	3	12	13	1	21	17	11	4	10	20	14	22	7	6	18	5	16	8	9	15	19	5
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	
III	17	6	13	15	7	20	3	2	10	14	22	9	19	16	4	1	18	21	12	8	5	11	0
	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	
III	20	2	7	6	8	11	5	22	13	21	9	4	14	10	12	15	19	3	1	16	18	17	5
	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
III	10	16	14	17	9	18	13	6	19	21	11	5	7	12	20	3	1	2	4	22	8	15	0
	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	
III	9	1	5	10	11	3	12	13	2	14	7	6	4	8	15	1	17	18	19	20	21	22	5
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	

2 =

0 = toneladas de gallinaza.

5 = toneladas de gallinaza.

**CUADRO 2. LISTA DE TRATAMIENTOS GENERADOS POR LA MATRIZ PLAN PUEBLA I
BACONIANA PARA 3 FACTORES MAS LOS TRATAMIENTOS ADICIONALES**

No. de Tratamiento	Dosis de fertilización			Cal Ton	Oportunidad de aplicación
	N	P	K		
1	60	40	30	0	-
2	60	40	60	0	-
3	60	80	30	0	-
4	60	80	60	0	-
5	90	40	30	0	-
6	90	40	60	0	-
7	90	80	30	0	-
8	90	80	60	0	-
9	30	40	30	0	-
10	120	80	60	0	-
11	60	0	30	0	-
12	90	120	60	0	-
13	60	40	0	0	-
14	90	80	90	0	-
15	60	40	30	2	siembra
16	60	40	30	4	siembra
17	60	40	30	6	siembra
18	60	40	30	8	siembra
19	60	40	30	4	hoja bandera
20	60	40	00	4	siembra
21	00	00	00	4	siembra
22	00	00	00	0	-

Los tratamientos del 1 al 8 corresponden a la matriz Plan Puebla I y del 9 al 14 a la matriz Baconiana el resto son tratamientos adicionales.

3.4. Establecimiento y Conducción del Experimento

3.4.1. Preparación del Terreno.

Se realizó un barbecho a fines de 1989. El cual se efectuó con arado de un ala de tracción animal.

3.4.2. Muestras de Suelos.

Inmediatamente antes del inicio de la siembra, se colectaron muestras en 20 sitios al azar, a las profundidades de 0 a 15 cm y 15 a 30 cm, para posteriormente formar una muestra compuesta de cada estrato muestreado.

Estas muestras fueron enviadas al Laboratorio Central de Suelos, Aguas Agrícolas y Plantas, Chapingo, Mex., para realizarse un análisis fisicoquímico de rutina que involucra determinaciones de N, P, K, Mo, Textura, Conductividad Eléctrica y PH.

Los métodos empleados en el análisis fueron:

- 1.- El método del hidrómetro para textura.
- 2.- El puente de Wheatstone para conductividad eléctrica.
- 3.- El método del potenciómetro para PH, en una relación suelo-agua 1:2.
- 4.- El método de Walkley y Black para materia orgánica.
- 5.- El método de Kjeldahl para nitrógeno total.
- 6.- El método de Bray para fósforo aprovechable.
- 7.- El método de Peech y English para potasio aprovechable.

(En el Cuadro 3 se presentan los resultados de tales análisis).

CUADRO 3. RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO QUIMICO REALIZADO EN EL SITIO EXPERIMENTAL DE ZACACUAUTLA, HGO.

	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV
Profundidad en cm	0-15	15-30	0-15	15-30
Color en seco	10 YR 4/2 C. Gris obsc.	10 YR 4/3 Cafe obsc.	10 YR 5/2 Grisaceo	10 YR 4/2 Grisaceo obsc.
Color en húmedo	10 YR 3/2 C.G.M. Gris obsc.	10 YR 2/2 C.M. obsc.	10 YR 4/2 C. G. obsc.	10 YR 3/2 C.G.M. obsc.
PH	4.21	4.61	4.98	5.14
Materia orgánica	9.77	6.40	11.46	12.13
% N total	0.417	0.285	0.484	0.51
Fósforo ppm	6.9	1.5	0.5	0.2
Potasio intercambiable ppm	258	158	220	193
Calcio intercambiable ppm	325	375	725	1,125
Magnesio intercambiable ppm	43	35	515	38
% Arena	29	25	45	51
% Limo	29	23	33	35
% Arcilla	42	52	22	14
Clasificación de textura	Arcilla	Arcilla	Franco	Franco
Conductividad eléctrica (mmhos-cm)	1.58	0.74	0.84	0.5

3.4.3. Siembra del Experimento

El surcado se realizó al momento de la siembra, la cual se hizo en forma manual, depositando de 2 a 3 semillas por golpe y a una distancia de 50 cm, para asegurar una densidad de población de 50,000 plantas/ha. Se utilizó semilla criolla de la región proporcionada por el agricultor, siendo esta de color blanco y de ciclo largo.

3.4.4. Fertilización y Aplicación del Estiercol en la Siembra

La fertilización se efectuó en banda, en el fondo del surco y en las dosis que indicaba cada tratamiento. Aplicando 1/3 de Nitrógeno al momento de la siembra y todo el fósforo y 2/3 de nitrógeno en la 2ª labor lo cual ocurrió a los 78 días después de la siembra. La aplicación fue en banda y alrededor de 5-10 cm de separado de la planta de maíz.

La fuente de nitrógeno utilizada fue Urea al 46% de N, y de fósforo Superfosfato Triple al 46% de P_2O_5 .

El estiercol de gallina también se aplicó en banda, en el fondo del surco y en las dosis y tipo que indicaba cada tratamiento.

3.4.5. Manejo de los Experimentos

El experimento se sembró el 19 de marzo de 1990, ocurriendo la emergencia a los 10 días después de la siembra, no habiendo aclareo. La fecha de la primera labor fue el 6 de mayo y de la 2ª labor el 6 de junio misma fecha en que se realizó la 2ª aplicación de nitrógeno. No hubo necesidad de aplicación de insecticida. Habiendo necesidad por otra parte de aplicar un herbicida el 17 de abril en postemergencia, siendo la dosis de 1 Kg. de Gesaprim + 1 litro de hierbamina en 100 litros de agua. Se aplicó cal en la siembra y hoja bandera el 30 de junio. Con fecha 6 y 7 de agosto la plantación sufrió daño parcial por acame a causa del huracán "Diana".

3.4.6. Cosecha de los Experimentos.

La cosecha se realizó manualmente a los 209 días de la siembra (24 de octubre), estando bien seco el grano, cosechando los 2 surcos eliminando las matas de cabecera, con el fin de evitar el efecto de bordo, siendo la superficie útil de $8.5m^2$, por cada unidad experimental se tomaron los siguientes datos:

Se registró información de precosecha y cosecha, en la precosecha se contó el N° de plantas, altura de plantas, N° de plantas jorras y en la cosecha peso de la mazorca en el campo en Kg, muestras de grano para determinar el porcentaje de humedad (14%), en este renglón se tomaron 5 mazorcas al azar en cada parcela útil y se le desgrano a cada una 2 hileras. El grano se colocó en botes de aluminio, pesándose para posteriormente llevarlo a peso constante en la estufa a 110°C aproximadamente, se tomaron muestras de mazorca para calcular el factor de desgrane (es decir la proporción de grano en la mazorca). Con estos datos anteriores se transformaron los datos de rendimiento a Kg/ha de grano ajustados al 14% de humedad.

En el cuadro N° 4 se presentan las fórmulas empleadas para la obtención del rendimiento de parcelas chicas a Kg/ha.

CUADRO 4. FORMULARIO PARA TRANSFORMAR Kg POR PARCELA A Kg POR HECTAREA EN RENDIMIENTO AJUSTADO AL 14% DE HUMEDAD.

$$\text{Rendimiento Kg/ha} = PC \times MS \times D \times H \times F$$

Donde:

PC = PESO DE CAMPO EN Kg/Ha

$$MS = \frac{100 - \% \text{ Humedad del Grano}}{100}$$

D = FACTOR DE DESGRANADO

$$D = \frac{\text{Peso del grano de 5 mazorcas}}{\text{Peso 5 mazorcas}}$$

H = FACTOR PARA LLEVAR EL RENDIMIENTO AL 14% DE HUMEDAD

$$H = \frac{100}{100 - \% \text{ Humedad deseada}} = \frac{100}{100 - 14} = 1.163$$

F = FACTOR PARA CONVERTIR PC A Kg/Ha

$$F = \frac{10.000}{\text{Area Cosechada}} = \frac{10.000}{8.5} = 1.176$$

3.5. Técnicas y Métodos para el Análisi de la Información:

3.5.1. Análisis Estadístico:

El rendimiento de campo obtenido se ajustó al 14% de humedad comercial sobre el cual se analizó bajo un diseño de parcelas divididas con 3 repeticiones por parcela grande dando un total de 132 observaciones de rendimiento en Kilogramos por hectárea.

Para cada grupo de datos se ordenó un análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia de 0.05 con el fin de detectar las diferencias entre tratamientos.

Se realizó una comparación de medias con la prueba de Duncan para rendimientos de grano, con el fin de detectar si existen diferencias entre medias. Así como definir la estrategia para realizar el análisis económico.

Se analizaron los efectos factoriales de los tratamientos compuestos por el factorial 2^4 incluidos en la Matriz Plan Prueba I de acuerdo al método automático de Yates descrito por Cochran y Cox (1983) y por Turrent (1978).

3.5.2. Análisis Económico:

Se planteó hacerlo por el método Gráfico Estadístico propuesto por Turrent (1978) en el cual mediante la técnica de Yates se definen los efectos factoriales significativos para finalmente determinar el Tratamiento Optimo Económico de Capital Ilimitado (tratamiento de mayor ingreso neto + costo fijo) y el Tratamiento Optimo Económico de Capital Limitado (tratamiento de mayor tasa de retorno al capital variable).

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de Varianza:

En los cuadros 5 y 6 se presentan los resultados del análisis de varianza realizado para parcelas divididas y bloques al azar.

Para el caso de parcelas divididas el ANVA indica que no existen diferencias significativas con $\alpha = 0.05$ y 0.01 en los tratamientos de gallinaza, repeticiones y gallinaza por fertilizante.

Dado que el ANVA para parcelas divididas señala que no existe efecto de la gallinaza, mas sin embargo en campo se observó que había efecto de la misma, razón por la cual se analizó bajo el diseño de bloques al azar, en el cual se observa que existe diferencia significativa para el caso de repeticiones (gallinaza por fertilizantes).

4.2. Prueba de Medias de Duncan:

(Esta prueba se realizó para comprobar el efecto de la gallinaza).

Para hacer la comparación de todas las medias es recomendable aplicar esta prueba tanto para parcelas chicas, como grandes. Los resultados CMO (Con materia orgánica) y SMO (Sin materia orgánica) y en bloques al azar. Los resultados se muestran en los cuadros 7, 8, 9, ordenados de mayor a menor y marcados con letras, aquellas identificadas con la misma letra no son diferentes entre si al nivel de significancia con alfa 0.05 :

De acuerdo a la comparación de todas las medias multiples en los tratamientos CMO (con materia orgánica) nos indica que las medias significativas para el grupo A por efecto de fertilización (parcelas chicas) fueron: (cuadro 7).

2.662 ton. (tratamiento 20); 2.392 (17); 2.309 (18); 2.185 (5)
1.996 (15); 1.951 (9); 1.892 (21); 1.651 (8); 1.392 (22).

Para el GRUPO B: 2.185 (5); 1.996 (15); 1.951 (9); 1.892 (21)
1.651 (8); 1.392 (22).

Para los tratamientos SMO (sin materia orgánica) existe significancia en los rendimientos en las siguientes medias: (cuadro 8).

GRUPO A: 1.419 (20); 1.401 (2); 1.313 (1); 1.244 (11);
1.199 (9); 0.767 (22).

GRUPO B: 1.244 (11); 1.199 (9); 0.767 (22).

GRUPO C: 1.199 (9); 0.767 (22).

GRUPO D: 0.767 (22).

Para el caso de los tratamientos con BLOQUES AL AZAR, las medias significativas fueron: (cuadro 9):

GRUPO A: 1.575 (9); 1.188 (22).

GRUPO B: 1.188 (22).

En el cuadro 10 se indica que por efecto de GALLINAZA parcelas grandes al comparar las medias CMO y SMO hay una diferencia de 17.709 tons. por efecto de la materia orgánica, que al compararla con DMS= 10.22 existe una diferencia altamente significativa.

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA PARCELAS DIVIDIDAS.
ANALISIS DE VARIANZA ACAXOCHITLAN. PARCELAS DIVIDIDAS.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F.O.	.005%	0.015%
G	1	21.382	21.382	2.525	18.51	98.49
R	2	2.139	1.07	0.126	19	99
G X R	5	40.458				
E (a)	2	16.937	8.469			
F	21	46.343	2.207	2.551	1.7	2.110 **
G X F	21	24.007	1.147	1.326	1.7	2.110 NS
E (b)	84	72.689	0.865			
TOTAL	131	183.567				

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA BLOQUES AL AZAR CON SEIS REPETICIONES.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	VI	Tl	MEDIA
1	951	2,718	1,999	3,155	996	3,612	13,430	2,238
2	1,050	4,171	1,611	3,112	1,542	1,863	13,349	2,225
3	326	3,199	2,742	3,220	2,350	3,003	14,840	2,473
4	3,240	3,068	2,928	3,482	2,570	3,242	18,530	3,088
5	1,317	1,877	2,034	2,181	1,922	2,498	11,829	1,972
6	2,156	5,533	3,073	3,236	2,018	1,649	17,665	2,944
7	2,156	4,722	1,697	3,005	3,028	2,898	17,506	2,918
8	3,102	466	2,559	1,778	2,196	2,710	12,811	2,135
9	134	2,524	1,475	1,742	1,989	1,588	9,452	1,575
10	1,676	3,241	3,395	2,769	4,004	3,284	18,369	3,062
11	291	4,417	1,453	2,067	1,989	4,613	14,830	2,472
12	1,037	5,282	2,272	2,795	3,286	3,528	18,200	3,033
13	883	4,481	2,332	3,324	2,083	4,319	17,422	2,904
14	2,415	3,956	4,396	2,749	3,373	3,330	20,219	3,370
15	1,497	751	1,944	3,520	2,548	1,717	11,977	1,996
16	2,227	2,363	1,676	2,774	5,447	3,493	17,980	2,997
17	1,877	3,599	559	2,287	4,268	1,291	13,681	2,314
18	2,807	1,743	2,176	3,102	1,436	2,083	13,347	2,225
19	1,262	5,646	1,828	4,543	4,678	2,580	20,537	3,423
20	1,155	3,460	1,653	2,111	1,449	2,415	12,243	2,041
21	402	2,749	1,757	2,257	4,784	670	12,619	2,103
22	67	892	581	1,240	2,302	2,045	7,127	1,188
TOTALES	32,028	70,858	46,139	60,449	60,258	58,431	328,163	54,694
MEDIA	1,456	3,221	2,097	2,748	2,739	2,656	14,917	2,486

ANALISIS BAJO UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON 6 REPETICIONES

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.O.	F.oo	F.C.	
F	21	42	2	1.67	1.68	2.06	N.S.
R	5	41	8.2	6.833	2.30	3.20	**
ERROR	105	126.7	1.207				
TOTAL	131	209.7					

**CUADRO 7. ORDENAMIENTO DE MEDIAS DE MAYOR A MENOR CON TRATAMIENTOS
CON MATERIA ORGANICA (C/M.O.) PARCELAS DIVIDIDAS.**

TRATAMIENTO C/M.O.	x RENDIMIENTO C/M.O.	GRUPOS DUNCAN
19 60-40-30-4 tons Cal hoja bandera	4.256	A
13 60-40-00	4.041	A B
11 60-00-30	3.699	A B C
7 90-80-30	3.542	A B C
12 90-120-60	3.535	A B C
6 90-40-60	3.473	A B C D
14 90-80-90	3.345	A B C D
4 60-80-60	3.264	A B C D
1 60-40-30	3.162	A B C D
3 60-80-30	3.141	A B C D
10 120-80-60	3.098	A B C D E
2 60-40-60	3.049	A B C D E
16 60-40-30-4 tons. Cal Siembra	2.877	A B C D E
20 60-40-30-4 tons. Cal Siembra	2.662	B C D E
17 60-40-30-6 tons. Cal Siembra	2.392	B C D E
18 60-40-30-8 tons. Cal Siembra	2.309	B C D E
5 90-40-30	2.185	C D E
15 60-40-30-2 tons. Cal Siembra	1.996	C D E
9 30-40-30	1.951	C D E
21 00-00-00-4 tons. Cal Siembra	1.892	C D E
8 90-80-60	1.651	D E
22 00-00-00-00	1.392	E

**CUADRO 8. ORDENAMIENTO DE MEDIAS DE MAYOR A MENOR CON TRATAMIENTOS
SIN MATERIA ORGANICA (S/M.O.) PARCELAS DIVIDIDAS.**

TRATAMIENTO S/M.O.	x RENDIMIENTO S/M.O.	GRUPOS DUNCAN
14 90-80-90	3.395	A
16 60-40-30-4 tons. Cal Siembra	3.117	A B
10 120-80-60	3.025	A B C
4 60-80-60	2.912	A B C D
8 90-80-60	2.619	A B C D E
19 60-40-30-4 tons. hoja bandera	2.589	A B C D E
6 90-40-60	2.416	A B C D E
7 90-80-30	2.294	A B C D E
17 60-40-30-6 tons. Cal Siembra	2.235	A B C D E
12 90-120-60	2.198	A B C D E
18 60-40-30-8 tons. Cal Siembra	2.140	A B C D E
15 60-40-30-2 tons. Cal Siembra	1.996	A B C D E
3 60-80-30	1.806	A B C D E
13 60-40-00	1.766	A B C D E
5 90-40-30	1.758	A B C D E
21 00-00-00-4 tons. Cal Siembra	1.595	A B C D E
20 60-40-00-4 tons. Cal Siembra	1.419	B C D E
2 60-40-60	1.404	B C D E
1 60-40-30	1.313	B C D E
11 60-00-30	1.244	C D E
9 30-40-30	1.199	D E
22 00-00-00	0.767	E

**CUADRO 9. ORDENAMIENTO DE MEDIAS DE MAYOR A MENOR CON TRATAMIENTOS
EN BLOQUES AL AZAR**

TRATAMIENTO (B.A.)	x RENDIMIENTO	GRUPOS DUNCAN		
19 60-40-30-4 tons Cal hoja bandera	3.423	A		
14 90-80-90	3.37	A		
4 60-80-60	3.088	A	B	
10 120-80-60	3.062	A	B	
16 60-40-30-4 tons. Cal Siembra	2.997	A	B	
6 90-40-60	2.944	A	B	
7 90-80-30	2.918	A	B	
13 60-40-00	2.904	A	B	
12 90-120-60	2.867	A	B	
3 60-80-30	2.473	A	B	C
11 60-00-30	2.472	A	B	C
17 60-40-30-6 tons. Cal Siembra	2.314	A	B	C
1 60-40-30	2.238	A	B	C
2 60-40-60	2.225	A	B	C
18 60-40-30-8 tons. Cal Siembra	2.225	A	B	C
8 90-80-60	2.135	A	B	C
21 00-00-00-4 tons. Cal Siembra	2.103	A	B	C
20 60-40-00-4 tons. Cal Siembra	2.041	A	B	C
15 60-40-30-2 tons. Cal Siembra	1.996	A	B	C
5 90-40-30	1.972	A	B	C
9 30-40-30	1.575		B	C
22 00-00-00	1.188			C

4.3. Efectos Factoriales:

Para obtener los efectos factoriales medios (EFM) para los tratamientos CMO y SMO, se procedió a aplicar el método automático de Yates descrito por Cochran y Cox.

En los cuadros 11 y 12 se presentan los 22 tratamientos utilizados de los cuales los 8 primeros corresponden al factorial 2³, del tratamiento 9 al 14 son prolongaciones de la Matriz Plan Puebla I y el resto a tratamientos adicionales.

Para tales cuadros en la columna 1 se tienen los tratamientos, en la columna 2 la notación de Yates, en la 3 redimiento total, después el divisor conveniente a cada efecto factorial total. De la columna 4 a la 6 el procedimiento de Yates; y finalmente en la columna 8 se indica el efecto factorial y el factor que le corresponde.

En todos los casos (para tratamientos CMO y SMO) se calcula la Eficiencia mínima significativa al 10% para el factorial 2³, para probar si dichos efectos factoriales medios son significativos o no.

La fórmula utilizada para cada caso fue:

$$E_{MS} = 10\% \text{ Gl. error } \sqrt{\frac{CMError}{2^{4-2}r}}$$

CUADRO 11. COMPARACION DE MEDIAS DE RENDIMIENTO PARA PARCELAS GRANDES C/M.O Y S/M.O.

N	P	K	CAL	CMO	NOTAC YATES	REND. TOTAL	COLUMNAS DE YATES			DIVISOR	EFECTOS FACTORIALES
							1	2	3		
60	40	30	0	5	I	9.485	18.631	37.845	70.398	24	2.933
60	40	60	0	5	K	9.146	19.214	32.553	-1.778	12	-0.148
60	80	30	0	5	P	9.422	16.974	-1.809	-0.812	12	-0.068
60	80	60	0	5	PK	9.792	15.579	0.031	8.824	12	0.735
90	40	30	0	5	N	6.556	-5.671	0.583	-5.292	12	-0.441
90	80	30	0	5	NK	10.418	3.862	-1.395	1.840	12	0.153
90	80	30	0	5	NP	10.625	0.370	9.533	-1.978	12	-0.165
90	80	60	0	5	NPK	4.954	-0.339	-0.709	-10.242	12	-0.854
30	40	30	0	5		5.854					
120	80	60	0	5		9.294					
60	00	30	0	5		11.097					
90	120	60	0	5		10.605					
60	40	00	0	5		12.124					
90	80	90	0	5		10.035					
60	40	30	2 s	5		5.988					
60	40	30	4 s	5		8.630					
60	40	30	6 s	5		7.177					
60	40	30	8 s	5		6.928					
60	40	30	4 HB	5		12.769					
60	40	00	4 s	5		7.986					
00	00	00	4 s	5		5.676					
00	00	00				4.177					

$$EMS = 10\% GLE \sqrt{\frac{CME}{2^3 \cdot 3^2}} = 2.638 \sqrt{\frac{0.865}{2^3 \cdot 3^2}} = 1.002$$

CUADRO 12. CALCULO DE EFECTO MINIMO SIGNIFICATIVO (E.M.S.) PARA TRATAMIENTOS (S/M.O.)

N	P	K	CAL	NOT.	REND.	COLUMNAS DE YATES			DIVISOR	EFFECTOS
				YATS	TOTAL	1	2	3		FACT.
60	40	30	0	L	3.940	8.143	22.299	19.557	24	0.815
60	40	60	0	K	4.203	14.156	27.258	6.533	12	0.544
60	80	30	0	P	5.418	12.520	3.583	8.231	12	0.686
60	80	60	0	PK	8.738	14.783	2.950	2.059	12	0.172
90	40	30	0	N	5.273	0.263	6.013	4.958	12	0.413
90	40	60	0	NK	7.247	3.320	2.218	-0.633	12	-0.053
90	80	30	0	NP	6.881	1.974	3.057	-3.795	12	-0.316
90	80	60	0	NPK	7.857	0.976	-0.998	-4.055	12	-0.338
30	40	30	0		3.598					
120	80	60	0		9.075					
60	00	30	0		3.733					
90	120	60	0		6.595					
60	40	00	0		5.298					
90	80	90	0		10.184					
60	40	30	2 siembra		5.989					
60	40	30	4 siembra		9.350					
60	40	30	4 siembra		6.704					
60	40	30	8 siembra		6.419					
60	40	30	4 hoja bandera		7.768					
60	40	00	4 siembra		4.257					
00	00	00	4 siembra		4.784					
00	00	00			2.302					

E.M.S. = 1.002

CUADRO 13. COSTOS DE LOS INSUMOS (Pesos/kilogramo).

CONCEPTO	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO	CAL	MATERIA ORGANICA
Mercado	1,230	1,391	1,075	200	100
Transporte	43	43	33	20	10
Aplicación	86	86	65	39	20
Intereses (Seg. Agr. 17.9%)	243	272	210	46	23
Sub-Total	1,602	1,792	1,383	305	153
Costo de interes Bancario (9.6%)	154	172	133	29	15
Costo Total	1,756	1,964	1,516	334	168

Costo de 1 kg. de semilla \$ 1,800.00

Para probar la respuesta en las prolongaciones se calcula la DMS al 10% y se procede a comparar el tratamiento No. 1 contra las prolongaciones que les corresponden (tratamientos 9, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22), así como el tratamiento 8 con sus respectivas prolongaciones (10, 12 y 14), para los tratamientos CMO y SMO (Cuadros 14 y 15). Aquellas diferencias mayores a la DMS se declaran como efecto significativo

4.4. Análisis Económico

Con los datos anteriores se calculan los Costos variables (CV) para cada uno de los tratamientos, por el método de Turrent (1985). Por lo que se presentan los resultados para los tratamientos CON MATERIA ORGANICA Y SIN MATERIA ORGANICA en los cuadros 16 y 17 (columna 10 en todos los casos),

De tal forma que los costos variables se obtienen multiplicando la d6sis aplicada por el precio unitario de cada insumo.

La columna 11 de Ingresos netos + Costos fijos se obtiene multiplicando el rendimiento promedio por el precio de garantía del maíz menos los costos variables.

En la columna 12 el incremento en el rendimiento es resultado de restar el rendimiento de cada tratamiento con el rendimiento del testigo.

La columna 13 incremento en ingreso resulta de multiplicar el incremento de Y por el precio de garantía menos los costos variables.

Finalmente la columna Tasa de retorno de capital variable (TRCV) resulta de dividir Ingreso neto + Costos fijos entre costos variables.

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

5.1. Análisis de Varianza:

De acuerdo a los resultados del ANVA se pudo observar que cuando se hizo el análisis de acuerdo al arreglo de parcelas divididas no se encontró diferencia significativa entre GALLINAZA, REPETICIONES, y la INTERACCION GALLINAZA POR REPETICIONES encontrando solamente diferencia significativa en los tratamientos de fertilizante.

Inicialmente como se ve en los materiales y métodos se determinó un análisis de varianza bajo el diseño de parcelas divididas, pero como se menciona en el resultado no existe significancia al uso de materia orgánica (gallinaza) sólo a fertilizantes, pero observando en campo que había efecto de la aplicación de gallinaza se determinó hacer un análisis bajo el diseño de bloques al azar sin considerar la aplicación de gallinaza (es decir considerando las 6 repeticiones ignorando el tratamineto de gallinaza). Bajo esta situación se encontró diferencia significativa en repeticiones pero no en tratamientos de fertilización, lo que puede significar que sí hay influencia de la gallinaza dado que las repeticiones están influenciadas por la aplicación del abono orgánico.

5.2. Análisis de Medias (DUNCAN):

Para comprobar la influencia de la aplicación de la gallinaza se realiza esta prueba en todos los tratamientos del experimento (parcelas grandes y chicas CMO y SMO).

En la cual se pede observar que en parcelas grandes existe diferencia significativa para los tratamientos de gallinaza estadísticamente hablando, como la diferencia es bastante amplia (mas de 7 toneladas) se pudo evidenciar que tal vez esa diferencia puede tener alguna repercusión positiva desde el punto de vista económico. Por tal motivo se toma en cuenta desde este momento para el análisis económico el efecto CMO y SMO, para determinar las dosis óptimas económicas.

Para el caso de los tratamientos de fertilización para parcelas chicas la gran mayoría de los tratamientos son estadísticamente iguales, no existiendo efecto de materia orgánica en la mayoría de los tratamientos.

En parcelas chicas CMO los mejores tratamientos son el 19 y 13 estando comprendidos en el mejor grupo (A) y que comparados con el testigo absoluto hay una diferencia de 2,864 y 2,649 Kg.

Para tratamientos SMO el mejor tratamiento es el 14 cuya diferencia con el testigo es de 2,628 Kgs.

5.3. Efectos Factoriales:

Para el caso de los tratamientos CMO los efectos factoriales indican que no superan al EMS = 1.992 ton/ha y se observa que los efectos de elevar Nitrógeno, Fósforo, Potasio, interacción Nitrógeno-Fósforo, e interacción Nitrógeno-Fósforo-Potasio con signo negativo reducen el rendimiento de grano. (Cuadro 11).

En el cuadro 14 se observa que el efecto de nitrógeno, fósforo y potasio así como de la cal y la gallinaza, no son significativos en ninguna prolongación. Y que ocurre un decremento en los rendimientos al elevar o bajar los niveles de Fósforo, Potasio y Nitrógeno, no así al bajar éste.

Se observa además que existe un incremento en el rendimiento con aplicaciones de cal cuando se aplica en hoja bandera, pero a pesar de que existe un incremento en el rendimiento hay un decremento en la ganancia (Cuadro 14).

Llama la atención el incremento en el testigo absoluto de 1.770 tons.

Para el caso de los tratamientos SMO los efectos factoriales indican que no existen diferencias significativas en los tratamientos SMO, ya que no superan al EMS = 1.002 ton. (Cuadro 12).

Tales efectos señalan que cuando se elevan las dosis en las interacciones Nitrógeno-Potasio; Nitrógeno-Fósforo; Nitrógeno-Fósforo-Potasio se reduce el rendimiento.

En el cuadro 15 se observan los resultados obtenidos al comprar el tratamiento medio con la prolongaciones y tratamientos adicionales al no usar materia orgánica.

No existe efecto significativo en los rendimientos al usar cal, gallinaza, NPK. En este cuadro los resultados muestran que hay un decremento en los rendimientos al usar cal y que hay un mayor incremento al elevar el fósforo de 80 unidades a 120 que al disminuirlo de 40 a 0 unidades por hectárea. Sobresales el testigo absoluto al incrementarse el rendimiento a 546 Kg/ha.

5.4. Análisis Económico:

Se determina que para el caso de los tratamientos con materia orgánica (CMO) el tratamiento 60-40-00 aplicando 5 toneladas de gallinaza asociado a un rendimiento de 4.041 tons. se convierte en el Tratamiento óptimo económico para capital limitado y para capital ilimitado. Ya que es el tratamiento que tiene el mayor Ingreso Neto + Costo fijo, así como la mayor tasa de retorno al capital variable, lo que indica que de cada peso invertido se obtiene \$8.00 de ganancia (Cuadro 16).

Se determina que para el caso de los tratamientos sin materia orgánica (SMO), el tratamiento 90-80-90 asociado a un rendimiento de 3.395 tons. se convierte en el Tratamiento óptimo económico para capital limitado e ilimitado, debido a que es el tratamiento que tiene el mayor ingreso neto más costo fijo y la mayor tasa de retorno al capital variable, lo cual indica que de cada peso invertido se obtiene una ganancia de \$2.63. (cuadro 17).

CUADRO 14. RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES ENTRE EL TRATAMIENTO MEDIO CON LAS PROLONGACIONES Y TRATAMIENTOS ADICIONALES EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN TRATAMIENTOS CON MATERIA ORGANICA (C/M.O).

EFFECTO DE	TRAT.	REND.	DIFERENCIA	SIGNIFICANCIA	SIGNO DE RESPUESTA	EFFECTO EN EL RENDIMIENTO
N bajo	1	3.162	1.211	N.S	+	Incremento
	9	1.951				
P bajo	1	3.162	-0.537	N.S	-	Decremento
	11	3.699				
K bajo	1	3.162	-0.879	N.S	-	Decremento
	13	4.041				
Cal 2s	1	3.162	1.166	N.S	+	Incremento
	15	1.996				
Cal 4s	1	3.162	0.285	N.S	+	Incremento
	16	2.877				
Cal 6s	1	3.162	0.770	N.S	+	Incremento
	17	2.392				
Cal 8s	1	3.162	0.853	N.S	+	Incremento
	18	2.309				
Cal 8s	1	3.162	-1.094	N.S	-	Decremento
	19	4.256				
K bajo	1	3.162	0.500	N.S	+	Incremento
	20	2.662				
Testigo Cal 4s	1	3.162	1.270	N.S	+	Incremento
	21	1.892				
Testigo absoluto	1	3.162	1.770	N.S	+	incremento
	22	1.392				
N alto	8	1.651	-1.477	N.S	-	Decremento
	10	3.098				
P alto	8	1.651	-1.884	N.S	-	Decremento
	12	3.535				
K alto	8	1.651	-1.694	N.S	-	Decremento
		3.345				

$$DMS\ 10\% = 10\%\ GLF \sqrt{CMF \frac{1}{r} + \frac{1}{r}} = 2.638 \sqrt{0.865 + 0.66} = 2.000$$

CUADRO 15. RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES ENTRE EL TRATAMIENTO MEDIO CON LAS PROLONGACIONES Y TRATAMIENTOS ADICIONALES EN EL RENDIMIENTO DE GRANO EN TRATAMIENTOS SIN MATERIA ORGANICA (S/M.O.).

EFECTO DE	TRAT.	REND.	DIF. EN RENDIMIENTO	SIGNIFICANCIA	SIGNO DE RESPUESTA	EFECTO EN EL RENDIMIENTO
N bajo	1	1.313	0.114	N.S.	+	Incremento
	9	1.199				
P bajo	1	1.313	0.069	N.S.	+	Incremento
	11	1.244				
K bajo	1	1.313	-0.453	N.S.	-	Decremento
	13	1.996				
Cal 2s	1	1.313	-0.804	N.S.	-	Decremento
	15	1.996				
Cal 4s	1	1.313	-1.804	N.S.	-	Decremento
	16	3.117				
Cal 6s	1	1.313	-0.922	N.S.	-	Decremento
	17	2.235				
Cal 8s	1	1.313	-0.827	N.S.	-	Decremento
	18	2.140				
Cal 4 H. B.	1	1.313	-1.276	N.S.	-	Decremento
	19	2.589				
K bajo Cal 4s	1	1.313	-0.106	N.S.	-	Decremento
	20	1.419				
Testigo Cal 4s	1	1.313	-2.820	N.S.	-	Decremento
	21	1.595				
Testigo absoluto	1	1.313	0.546	N.S.	+	Incremento
	22	0.767				
N alto	8	2.619	-0.406	N.S.	-	Decremento
	10	3.025				
P alto	8	2.619	0.421	N.S.	+	Incremento
	12	2.198				
K alto	8	2.619	-0.776	N.S.	-	Decremento

D.M.S. = 2,000

CUADRO 16. ANALISIS ECONOMICO (C.M.O.)

TRATS.	N	P	K	CAL.	NOTS. YATES	RENDS. TOTALES	COLUMNAS DE YATES			DIVISOR	EFECTOS FACT.	REND.	CV.	IN + CF.	Y	in	T.R.C.V.
							1	2	3			PROM. TON/HA					
1	60	40	30	0	L	9.485	18.631	37.845	70.398	24	2.933	3.162	229,400	1,777,622	1.770	892,310	3.82
2	60	40	60	0	K	9.146	19.214	32.553	-1.778	12	-0.148	3.049	260,000	1,930,164	1.657	773,852	2.76
3	60	80	30	0	P	9.422	16.974	-1.809	-0.812	12	-0.068	3.141	313,130	1,684,546	1.749	799,234	2.55
4	60	80	60	0	PK	9.792	15.579	0.031	8.824	12	0.735	3.264	359,720	1,716,184	1.872	830,872	2.31
5	90	40	30	0	N	6.556	-5.617	0.583	-5.292	12	-0.441	2.185	286,966	1,102,700	0.793	217,388	0.76
6	90	40	60	0	NK	10.418	3.862	-1.395	1.84	12	0.153	3.473	333,550	1,875,278	2.081	969,966	2.97
7	90	80	30	0	NP	10.625	0.370	9.533	-1.978	12	-0.165	3.542	366,686	1,886,032	2.150	1,000,720	2.73
8	90	80	60	0	NPK	4.954	-0.339	-0.709	-10.242	12	-0.654	1.651	413,270	636,766	0.259	-248,546	-0.60
9	30	40	30	0		5.854					1.951	179,860	1,060,976	0.559	175,664	0.98	
10	120	80	60	0		9.294					3.098	466,820	1,503,508	1.706	618,196	1.32	
11	60	00	30	0		11.097					3.099	153,690	2,071,674	2.107	1,186,362	7.71	
12	90	120	60	0		10.605					3.535	492,990	1,755,270	2.143	863,985	1.76	
13	60	40	00	0		12.124					4.041	186,820	2,383,256	2.649	1,497,944	8.00	
14	90	90	90	0		10.035					3.345	459,860	1,667,560	1.953	782,248	1.70	
15	60	40	30	2		5.988					1.996	1,001,410	268,046	0.604	-617,266	-0.62	
16	60	40	30	4		8.630					2.877	1,769,410	60,362	1.465	-824,950	-0.47	
17	60	40	30	6		7.177					2.392	2,537,410	-1,106,098	1.000	-1,901,410	-0.75	
18	60	40	30	8		6.928					2.309	3,305,410	-1,836,886	0.917	-1,483,906	-0.45	
19	60	40	30	4		12.769					4.256	1,769,410	937,406	2.864	52,094	0.03	
20	60	40	00	4		7.966					2.662	1,722,820	-29,788	1.270	-915,100	-0.53	
21	00	00	00	4		5.676					1.892	1,536,000	-332,688	0.500	-1,218,000	-0.79	
22	00	00	00	0		4.177					1.392		888,312				

CUADRO 17. ANALISIS ECONOMICO PARA TRATAMIENTOS (S.M.O.)

TRATS.	N	P	K	CAL	NOTS. YATES	RENDS TOTALES	COLUMNAS DE YATES			DIVISOR	EFECTOS FACT	REMO	C.V. S/HA	IN + C.F. S/HA	Y TON/HA	in S/HA	T.R.C.V. en C.V.
							1	2	3			TON/HA					
1	60	40	30	0	L	3.940	8.143	22.299	19.557	24	0.815	1.313	233.410	601.658	0.546	113.846	0.49
2	60	40	60	0	K	4.203	14.156	27.258	6.535	12	0.544	1.401	280.000	611.036	0.634	123.224	0.44
3	60	80	30	0	P	5.418	12.520	3.563	8.231	12	0.686	1.606	313.130	835.466	1.039	347.674	1.11
4	60	80	60	0	PK	8.738	14.738	2.950	2.059	12	0.172	2.912	359.720	1.492.312	2.145	100.450	0.67
5	90	40	30	0	N	5.273	0.263	6.013	4.958	12	0.413	1.758	296.960	831.128	0.991	343.316	1.20
6	90	40	60	0	NK	7.247	3.320	2.218	-633	12	-0.053	2.416	333.550	1.203.026	1.649	715.214	2.14
7	90	80	30	0	NP	6.681	1.974	3.057	-3.795	12	-0.316	2.294	366.680	1.092.304	1.527	604.492	1.65
8	90	80	60	0	NPK	7.857	0.976	-998	-4.055	12	-0.338	2.615	413.270	1.252.414	1.852	764.602	1.85
9	30	40	30	0		3.568					1.199	179.860	562.704	0.432	94.892	0.53	
10	120	80	60	0		9.075					3.025	466.820	1.457.080	2.258	969.268	2.08	
11	60	00	30	0		3.733					1.244	153.690	637.494	0.477	149.682	0.98	
12	90	120	60	0		6.595					2.198	492.990	904.938	1.431	417.126	0.85	
13	60	40	00	0		5.298					1.766	186.820	936.356	0.999	448.544	2.40	
14	90	90	90	0		10.184					3.395	459.860	1.699.360	2.628	1.211.548	2.63	
15	60	40	30	2 S		5.989					1.996	1.001.410	268.046	1.229	-219.766	-0.22	
16	60	40	30	4 S		9.350					3.117	1.769.410	213.002	2.350	-274.810	-0.16	
17	60	40	30	6 S		6.764					2.235	2.537.410	-1.115.950	1.468	-1.603.762	-0.63	
18	60	40	30	8 S		6.419					2.140	3.305.410	-1.944.370	1.373	-2.432.182	-0.74	
19	60	40	30	4 H B		7.768					2.589	1.769.410	-122.606	1.822	-610.618	-0.35	
20	60	40	00	4 S		4.257					1.419	1.722.820	-1.456.336	0.652	-1.308.148	-0.76	
21	00	00	00	4 S		4.784					1.595	1.536.000	-521.580	0.828	-1.009.392	-0.66	
22	00	00	00	00		2.302					0.767						

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1.- No existe estadísticamente respuestas significativa del maíz de humedad residual a la aplicación de materia orgánica, pero sí la hay económicamente.

2.- No existe respuesta estadísticamente al maíz de humedad residual a la aplicación del Nitrógeno, Fósforo y Potasio, pero si económicamente.

No existe respuesta significativa del maíz de humedad residual al encalado en términos estadísticos ni económicos en el primer año de estudio.

3.- En los tratamientos óptimos económicos para Capital Ilimitado y Limitado (CMO) aplicando 5 toneladas de gallinaza asociado a un rendimiento de 4.041 toneladas es el 60-40-00 dado que tal tratamiento es el más alto en Ingreso Neto más Costo fijo, y mayor tasa de retorno al capital variable.

Se determina que el mejor tratamiento óptimo económico para capital limitado e ilimitado SMO (sin gallinaza) es el 90-80-90 asociado a un rendimiento de 3.395 toneladas, ya que este tratamiento es el más elevado en cuanto a IN+CF y TRCV.

4.- En los términos óptimos económicos para capital ilimitado existe respuesta del maíz de humedad residual a la aplicación alta de potasio.

5.- Se acepta de manera parcial la hipótesis 1 ya que el maíz de humedad residual respondió positivamente a la fertilización y aplicación de gallinaza, no siendo así para el encalado al menos en el primer año de estudio.

Se rechaza la hipótesis 2 ya que en un solo ciclo de estudio se obtiene una primera aproximación de la dosis óptima económica para capital limitado e ilimitado, pues bajo condiciones de humedad residual puede existir variación de la respuesta en el tiempo.

6.2. RECOMENDACIONES:

- 1.- Establecer este mismo ensayo al menos un año más para determinar con mayor precisión las dosis óptimas económicas.
- 2.- Evaluar la respuesta del encalado sobre el PH del suelo.
- 3.- Evaluar la residualidad de la gallinaza en el suelo, así como la del encalado.
- 4.- Los tratamientos óptimos económicos obtenidos en el presente estudio pueden ser reevaluados conforme se incrementan los costos de los insumos y el precio del producto para su periódico ajuste.
- 5.- En este trabajo se cumplieron los objetivos planteados, sin embargo se sugiere se estudien las causas (genotipo-ambiente) que influyen en la respuesta del maíz a la aplicación de la gallinaza, fertilizantes químicos y encalado.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Arellano Vázquez J.L. (1980) "Apuntes del curso de Fisiotecnia" de la Facultad de Estudios Superiores. Cuatitlán, Mex. UNAM.
- Alvarado, L.J. et al 1990. "Respuesta del maíz al encalado de suelos de Atlacomulco, Mex." Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo.
- Alvarado, L.J. 1990. "Efecto del encalado sobre el rendimiento del maíz y la absorción de fósforo." Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo.
- Alvarado B.A. 1975 "Influencia de algunos factores ambientales en la respuesta de rendimiento de grano de maíz de temporal a diferentes niveles de N-P-K en la zona Oriental del Valle de México". Tesis de Doctorado. Colegio de Post-graduados. Chapingo, Mex.
- Arnon, I. 1975 "Mineral nutrition of maiz Internacional Potash" Instituite Berna.
- Caballero Mata, R. (1978) "Influencia de la Dosis, Fuente, y Oportunidad de aplicación de gallinaza y su interacción con los fertilizantes químicos sobre el rendimiento de maíz (Zea mays) en la zona III del Plan Puebla". Monterrey, Nuevo León. Tesis Profesional.

- Calderón, C.F. López L.R. (1990) "Determinación de la fórmula de fertilización N-P para maíz con humedad residual en el DDR 152 de Tabasco". Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo. México.
- Castro M.A. (1976) "Influencia del N-P-Mo-Zn, gallinaza en los rendimientos de maíz de temporal en la parte de la zona V del Plan Puebla" Chapingo, México. ENA (Tesis Profesional).
- Castro Z.R. (1976). "Efectos de la gallinaza al combinarla con fertilizantes nitrogenado y fosfórico sobre el rendimiento del maíz temporal en la región de Chalco, Amecameca" (Tesis Profesional) ENA Chapingo, México.
- FAO (1984) "Uso óptimo de fertilizantes para los cereales" Servicio de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín FAO. Fertilizantes y Nutrición. No. 3 Roma.
- Fink, A. (1982) "Fertilizer and fertilization" Introduction and practical guide to crop, Fertilization. Verlagchemic Wenheim Deerfield Beach, Florida.
- Gamboa, A. (1980) "La fertilización del maíz" Instituto Internacional de la Potasa, Boletín No. 11 Berna, Suiza.
- García Paredes (1990) "Respuesta del maíz a la fertilización orgánica e inorgánica de 3 suelos al sur de Nayarit". Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo. México.
- Hausenbuiller, R. L. (1978) "Soil Science Principles and practices". Web C. Brown. Company Publishers. Buquque Iowa, U.S.A.

- Hernández Toledano J. C. 1980 "Influencia de la humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento, sobre el rendimiento del cultivo de maíz (H412) en el Estado de Morelos". Tesis Profesional ENA. Chapingo, México.
- INEGI. "Carta topográfica de Pachuca" 1 : 250,00 DETENAL.
- Jugenheimer, R. W. (1981) Maíz, Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa, México.
- Laird, R. J. et al (1954) Fertilizantes y prácticas para la producción del maíz en la parte central de México. Folleto Técnico No. 13, SAG O.E.E.
- Laird, R. J. (1964) "Resumen general de los experimentos de fertilización llevados a cabo en forma cooperativa con el PCCCMCA durante el período 1960 - 1963" Informe de la Décima Reunión del PCCCMCA.
- López Robles G: (1990) "Efecto del encalado, cobre y molibdeno en un suelo ácido". Tesis Profesional Chapingo, México.
- Llanos, C.M. (1984). "El maíz, su cultivo y aprovechamiento" Ediciones Mundi. Prensa Castelló, 37 Madrid, España.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. (1982) "Principles of plante nutrition" Berna, Internacional. Potash Institute. 3a. Ed.
- Plan Puebla (1975) VII "Reunión anual 1973-1974" Puebla, Mex.
- Plan Papaloapan (1976) "Informe Técnico No. 19 Plan Papaloapan" México. Comisión del Papaloapan. Gral. Miguel Alemán, Ver. SARH.

- Pérez Camarillo J.P. (1985) "Investigación en productividad para maíz de temporal en la región sureste del Estado de Hidalgo" INIFAP, Hgo.
- Pérez Camarillo J.P. (1986) "Informe global de actividades y catálogo de tecnología disponible para el DDR 065. INIFAP, Hgo.
- Pérez Bautista, R. (1958) "Fertilizantes Químicos para maíz de temporal en el Valle de Ciudad Serdán, Puebla. ENA. Tesis Profesional. Chapingo, Mex.
- Pérez Zamora, O. (1970) "Fertilización del maíz de temporal en la zona de Soledad Doblado de la Región Central de Veracruz" (Tesis Profesional) Chapingo, Mex.
- Rosales González, A. (1962) "Estudio preliminar de fertilización en maíz sembrado con humedad residual en algunos suelos del sureste del Valle de México", ENA Chapingo, Mex. Tesis Profesional.
- Russell E. W. (1973) "Soil conditions and plant growth longman" London and New York.
- Sánchez D. N. et al (1958) "Fertilizantes y densidad de población para el maíz en Veracruz". Oficina de estudios especiales. México.
- SARH "Sistema Integral de información de los DDR en el Estado de Hidalgo". Estadística del DDR 065 Tulnancingo.
- Tisdale S. L. y Nelson, W.L. (1975) "Soil fertility and fertilizers. Mac Millán Publishing Co. Inc. New York, U.S.A.
- Trejo, R. R. (1972) "Interacción gallinaza nitrógeno en el cultivo de maíz de riego" Chapingo, Mex. Tesis Profesional.

- Turrent, F. A. (1974). "Tecnología de la producción" Rama de Suelos. Colegio de postgraduados. ENA Chapingo, Mex.
- Turriza Castillo H. J. (1985) "Determinación de la dosis óptima económica de NPK en variedades de maíz temporalero en suelos mecanizables del ejido de China, Campeche. Chapingo, Mex. Tesis Profesional.