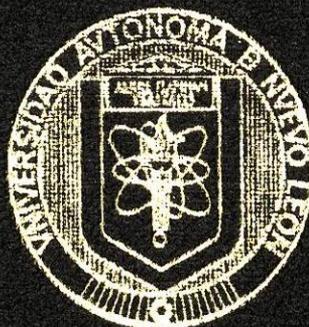


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO
Y FOSFORO EN PRESENCIA DE ALGUNOS
MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE MAIZ
(Zea mays L.) BAJO CONDICIONES DE
RIEGO EN MARIN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

JUAN ENRIQUE LUMBRERAS HERNANDEZ

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1986

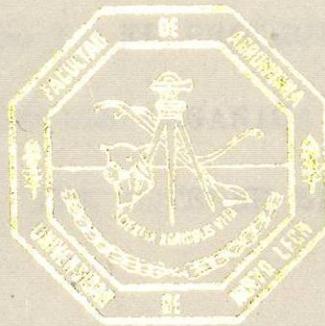
SB191
.M2
L8
c.1



1080061583

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO
Y FOSFORO EN PRESENCIA DE ALGUNOS
MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE MAIZ
(*Zea mays* L.) BAJO CONDICIONES DE
RIEGO EN MARIN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

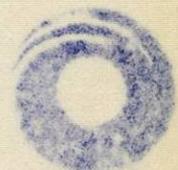
PRESENTA:
JUAN ENRIQUE LUMBRERAS HERNANDEZ

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1986

006876

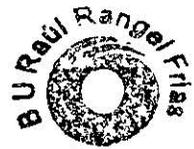
Handwritten signature



T
SB 191
. M2
L8



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
T (C) U



B U Raúl Rangel Farias
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO
EN PRESENCIA DE ALGUNOS MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO DE
MAIZ (Zea mays L.) BAJO CONDICIONES DE RIEGO, EN MARIN, N.L.

ESTA TESIS FUE REALIZADA EN EL PROYECTO FERTILIZACION ESTATAL
EN LA LINEA DE FERTILIZACION ORGANICA E INORGANICA Y ACEPTADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO A-
GRONOMO FITOTECNISTA.

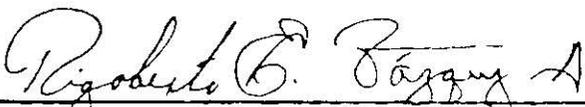
COMISION REVISADORA

ASESOR PRINCIPAL



ING. ERNESTO J. SANCHEZ ALEJO

ASESOR AUXILIAR



Ph.D. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO

ASESOR AUXILIAR



M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES

A MIS PADRES:

SR. CATARINO LUMBRERAS PONCE.

SRA. MARIA DEL REFUGIO HERNANDEZ DE LUMBRERAS.

Con amor y eterno agradecimiento, como un humilde tributo al inmenso apoyo, sacrificio y paciencia que en todo momento me han brindado e hicieron posible la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

JOSE ALBERTO

MARTHA

MARIA IRENE

FRANCISCO JAVIER

MANUEL

MARIA ASUNCION

CARLOS

LAURA ALICIA

NORMA LETICIA

Con admiración y respeto, por el apoyo y comprensión que -- siempre me han otorgado.

A mis cuñados mi más sin
cero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

ING. ERNESTO J. SANCHEZ ALEJO.

Por su orientación y consejos brindados
en la elaboración del presente trabajo.

A MIS MAESTROS:

PH. D. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO.

M. Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES.

ING. JAIME ALDAPE BOTELLO.

Por su amable colaboración para la
realización del presente trabajo.

AL COMPAÑERO SAUL NAVA V.

Por su estímulo y ayuda
brindada.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

INDICE.

| | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 1. Elementos esenciales. | 4 |
| 2. Nutrición | 5 |
| 3. Función de los elementos. | 9 |
| 4. Asimilación | 14 |
| 5. Deficiencia | 19 |
| 6. Toxicidad | 24 |
| 7. Interacciones de los elementos nutrientes | 27 |
| 8. Factores que determinan la disponibilidad de los elementos nutrientes. | 32 |
| 8.1 pH del suelo. | 32 |
| 8.2 Materia orgánica. | 34 |
| 8.3 Textura | 36 |
| 8.4 Oxido-reducción | 38 |
| 8.5 Carbonatos. | 38 |
| 8.6 El clima y la actividad microbiana. | 40 |
| 9. Antecedentes de fertilización | 44 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 47 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 58 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 74 |
| VI. RESUMEN. | 76 |
| VII. BIBLIOGRAFIA | 79 |
| VIII. APENDICE | 84 |

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Precipitación mensual (mm) y temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales ($^{\circ}\text{C}$) registradas durante el desarrollo del experimento. | 47 |
| Tabla 2. Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis físico-químico del suelo. | 52 |
| Tabla 3. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento. | 53 |
| Tabla 4. Determinación y metodología empleada en el análisis foliar. | 57 |
| Tabla 5. Comparación de medias para la variable contenido de nitrógeno foliar en ppm., por el método Duncan. | 67 |
| Tabla 6. Concentración de datos del contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo antes de la siembra en ppm. | 85 |
| Tabla 7. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo antes de la siembra en ppm. | 85 |
| Tabla 8. Concentración de datos del contenido de hierro en el suelo antes de la siembra en ppm. . | 86 |
| Tabla 9. Análisis de varianza del contenido de hierro en el suelo antes de la siembra | 86 |
| Tabla 10. Concentración de datos del contenido de zinc en el suelo antes de la siembra en ppm. . . . | 87 |
| Tabla 11. Análisis de varianza del contenido de zinc en el suelo antes de la siembra. | 87 |
| Tabla 12. Concentración de datos del contenido de fósforo en el suelo antes de la siembra en ppm . . | 88 |
| Tabla 13. Análisis de varianza del contenido de fósforo en el suelo antes de la siembra | 88 |
| Tabla 14. Concentración de datos del contenido de manganeso en el suelo antes de la siembra en ppm . | 89 |

| | |
|---|----|
| Tabla 15. Análisis de varianza del contenido de manganeso en el suelo antes de la siembra | 89 |
| Tabla 16. Concentración de datos del número de plantas--por parcela útil | 90 |
| Tabla 17. Concentración de datos del número de plantas--totales por parcela. | 90 |
| Tabla 18. Concentración de datos de la altura de plantas en centímetros | 91 |
| Tabla 19. Concentración de datos del rendimiento de materia verde por parcela útil (kg). | 91 |
| Tabla 20. Concentración de datos del rendimiento de materia seca por parcela útil (kg) | 92 |
| Tabla 21. Concentración de datos del rendimiento de grano por parcela útil (kg) | 92 |
| Tabla 22. Análisis de varianza del número de plantas por parcela útil | 93 |
| Tabla 23. Análisis de varianza del número de plantas totales por parcela. | 93 |
| Tabla 24. Análisis de varianza de la altura de planta. | 94 |
| Tabla 25. Análisis de varianza del rendimiento de materia verde por parcela útil | 94 |
| Tabla 26. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca por parcela útil. | 95 |
| Tabla 27. Análisis de varianza del rendimiento de grano por parcela útil | 95 |
| Tabla 28. Concentración de datos del contenido de nitrógeno amoniacal en la materia seca en ppm | 96 |
| Tabla 29. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno amoniacal en la materia seca. | 96 |
| Tabla 30. Concentración de datos del contenido de fósforo en la materia seca en ppm | 97 |
| Tabla 31. Análisis de varianza del contenido de fósforo en la materia seca | 97 |

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 32. Concentración de datos del contenido de hierro en la materia seca en ppm. | 98 |
| Tabla 33. Análisis de varianza del contenido de fierro en la materia seca | 98 |
| Tabla 34. Concentración de datos del contenido de zinc en la materia seca en ppm. | 99 |
| Tabla 35. Análisis de varianza del contenido de zinc-- en la materia seca | 99 |
| Tabla 36. Concentración de datos del contenido de manganeso en la materia seca en ppm | 100 |
| Tabla 37. Análisis de varianza del contenido de manganeso en la materia seca. | 100 |
| Tabla 38. Concentración de datos del contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo después de la cosecha en ppm | 101 |
| Tabla 39. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo después de la cosecha. | 101 |
| Tabla 40. Concentración de datos del contenido de fósforo en el suelo después de la cosecha en -- ppm. | 102 |
| Tabla 41. Análisis de varianza del contenido de fósforo en el suelo después de la cosecha | 102 |
| Tabla 42. Concentración de datos del contenido de hierro en el suelo después de la cosecha en --- ppm. | 103 |
| Tabla 43. Análisis de varianza del contenido de fierro en el suelo después de la cosecha. | 103 |
| Tabla 44. Concentración de datos del contenido de zinc en el suelo después de la cosecha en ppm | 104 |
| Tabla 45. Análisis de varianza del contenido de zinc-- en el suelo después de la cosecha. | 104 |
| Tabla 46. Concentración de datos del contenido de manganeso en el suelo después de la cosecha en- | |

| | Pág. |
|---|------|
| ppm. | 105 |
| Tabla 47. Análisis de varianza del contenido de manganeso en el suelo después de la cosecha . | 105 |
| Figura 1. Croquis del experimento y distribución de los tratamientos en el campo | 51 |
| Figura 2. Comportamiento gráfico del rendimiento en grano con respecto a los niveles de nitrógeno en presencia y ausencia de micronutrientes | 62 |
| Figura 3. Comportamiento gráfico del rendimiento en grano con respecto a los niveles de fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes | 62 |
| Figura 4. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia verde con respecto a los niveles de nitrógeno en presencia y ausencia de micronutrientes. | 63 |
| Figura 5. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia verde con respecto a los niveles de fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes. | 63 |
| Figura 6. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia seca con respecto a los niveles de nitrógeno en presencia y ausencia de micronutrientes. | 64 |
| Figura 7. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia seca con respecto a los niveles de fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes | 64 |

INTRODUCCION.

La agricultura requiere de ciencia y tecnología agrícola que esté acorde con la problemática actual para el abastecimiento alimenticio de la población.

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América, ocupando a nivel mundial el tercer lugar en producción de especies cultivadas. En nuestro país se calcula que ésta especie cubre alrededor del 50 % del área total que se encuentra bajo cultivo.

En la mayoría de los suelos de México para producir una buena cosecha de maíz o de cualquier cultivo se hace necesaria la fertilización, siendo uno de los cultivos que requieren más información sobre la respuesta a la fertilización ya que éste se siembra a gran escala pero en áreas muy reducidas para el agricultor.

La mayoría de los suelos de la región son bajos en nitrógeno y medios en fósforo presentándose también algunas deficiencias de micronutrientes, los cuales también son esenciales para el cultivo aún y cuando se requieren en cantidades pequeñas. Aunado esto a la gran demanda del cultivo del maíz por

estos nutrientes, provoca en la mayoría de los casos que se tengan rendimientos muy bajos resultando algunas veces incosteable su producción.

Por otra parte, considerando que en los experimentos realizados es común probar dosis de nitrógeno y fósforo, siendo que también es importante la fertilización con micronutrientes ya que no siempre se encuentran disponibles para las plantas y en cantidades óptimas.

Se plantea el siguiente trabajo en el cual se probaron diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado con la aplicación adicional de micronutrientes en forma foliar.

Objetivos:

- 1.- Determinar cual de las dosis de macronutrientes que se van a aplicar responde mejor en cuanto a rendimiento en ausencia o presencia de micronutrientes.
- 2.- Estimar si la presencia de micronutrientes influye en la mejor asimilación de nitrógeno y fósforo.

Hipótesis:

- 1.- El efecto de la fertilización es igual en todas las variables en estudio.
- 2.- Los contenidos de nitrógeno y fósforo en la materia seca-

no están influenciados por los micronutrientes.

- 3.- El rendimiento en el cultivo no se ve influenciado por las dosis de macronutrientes aplicadas en presencia o ausencia de micronutrientes.

REVISION DE LITERATURA.

La obtención de una buena producción en los cultivos requiere de un equilibrio apropiado entre los distintos nutrientes necesitados por las plantas. Es decir los nutrientes deberán estar a disposición de la planta en un cierto rango superior al nivel crítico que será para cualquier elemento la concentración a la cual la producción descienda significativamente. (20).

1. Elementos esenciales.

Un elemento es considerado esencial cuando cumple los siguientes tres requisitos.

- 1.- Sin el, la planta no puede completar su ciclo de vida, es decir no puede crecer y reproducirse cuando no dispone de una cantidad adecuada del elemento.
- 2.- La actividad biológica del elemento debe ser específica; esto es, que no puede ser substituido por otro elemento en el metabolismo de la planta.
- 3.- Debe quedar demostrado que participa en el metabolismo de la planta; es decir, que es componente de un metabolito esencial o que es necesario para la actividad de una enzi-

ma esencial.

En la actualidad se han encontrado 16 elementos que satisfacen estos criterios siendo esenciales y son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, hierro, magnesio, zinc, cobre, manganeso, boro, molibdeno y cloro.

Estos elementos se clasifican según la cantidad relativa del elemento que requieren las plantas, en macronutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio; expresados en "porcentaje de peso seco" en concentraciones de los tejidos (necesarios en grandes cantidades) y los micronutrientes expresados en "partes por millón de peso seco" requiriéndose en cantidades menores, ejemplos: fierro, zinc, cobre, boro, -- manganeso, cloro y molibdeno.

En la práctica el carbono, hidrógeno y oxígeno se omiten de ambas categorías porque la planta los obtiene de la atmósfera. (9).

2. Nutrición.

Los nutrientes requeridos por las plantas son en mayor -- cantidad principalmente nitrógeno, fósforo y potasio.

Entre más altos sean los rendimientos que se obtengan bajo favorables condiciones climáticas y de cultivo, y mayor sea el tiempo en que el suelo haya estado en explotación, tanto -- más importante y necesaria resulta ser la fertilización correcta y balanceada, la cual no solo deberá comprender los tres elementos principales nitrógeno, fósforo y potasio, si no también los elementos que manifiestan su deficiencia.

Las plantas obtienen de diferentes formas sus nutrientes:

- a) A través de las hojas.
- b) De la solución del suelo.
- c) De iones intercambiables en la superficie de la arcilla y de las partículas de humus.
- d) De minerales que se descomponen con facilidad.

Todas las plantas de cultivo se alimentan principalmente por la raíz absorbiendo los nutrientes del suelo. (24).

El maíz agota al suelo en forma considerable, siendo únicamente bajo un correcto abastecimiento de nutrientes cuando puede proporcionar rendimientos satisfactorios, su rápido desarrollo origina que la planta presente en sus primeras etapas de crecimiento una elevada demanda de nutrientes fácilmente aprovechables.

En cuanto a la necesidad de nutrientes, el maíz desde que se siembra hasta 20 días después el consumo de nitrógeno, ácido fosfórico y potasio es pequeño. En la segunda etapa (20 a 53 días) la planta inicia una absorción de alimentos en forma intensa, y en la tercera etapa (53 a 88 días) la demanda de nutrientes es mayor respecto a los períodos anteriores y de 88 a 122 días declina las exigencias de nitrógeno, con respecto a la tercera etapa, se estima que para una producción de 5 toneladas por hectárea de maíz se requiere de 120 Kg/Ha. de nitrógeno. (11).

El maíz requiere de fertilizantes en la siembra y tres semanas antes del espigamiento que es cuando más necesita el nitrógeno. (3).

El nitrógeno es importante debido a que se encuentra en forma de proteína, se haya presente en el protoplasma de cada célula, se encuentra en compuestos importantes como la clorofila, nucleótidos fosfátidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. ✓

El nitrógeno en cantidades adecuadas proporciona las siguientes características al cultivo:

- plantas color verde oscuro y más suculentas.
- que las células sean más grandes con paredes celulares más

delgadas.

- aumenta la proporción de agua y reduce el porcentaje de calcio en los tejidos de la planta.
- fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad facilitando la producción de carbohidratos y ayudando a la succulencia.
- tiene mayor capacidad para absorber los demás nutrientes.
- incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- produce un rápido desarrollo de las plantas.
- las plantas crecen vigorosamente. (27).

El fósforo es otro elemento esencial y fundamental en la nutrición de las plantas. Se encuentra en toda célula viva y ocupa una posición clave en el metabolismo de los carbohidratos, desempeña un papel importante en las transformaciones de energía y participa en el metabolismo de las grasas y las proteínas, es un constituyente esencial de muchos compuestos vitales como los nucleótidos, las lecitinas y la mayor parte de las enzimas.

El efecto más evidente del fósforo se efectúa sobre el sistema de raíces de la planta, fomentando la formación de raíces laterales y fibrosas, lo que aumenta la superficie de absorción de nutrientes. El fósforo aumenta el número de renue -

vos en los cereales y por lo tanto crece el número de vástagos que por último generan espigas o mazorcas y grano.

La presencia de fósforo disponible y suficiente apresura la maduración de las plantas, es esencial para la formación de semillas y los cultivos maduran varios días más pronto que -- cuando el fósforo es deficiente.

El fósforo proporciona fortaleza a la paja y ayuda a evitar el acame, aumenta la proporción de grano con la paja en -- los cereales y aumenta así el rendimiento de grano, hace mayor la resistencia a las enfermedades de las plantas, a causa, es de suponer, el desarrollo normal de la célula y el crecimiento vigoroso del cultivo. (23).

3. Función de los elementos.

Nitrógeno.

El nitrógeno es un constituyente esencial de toda la materia viviente. Además de su papel en la formación de proteínas, el nitrógeno es parte integral de la molécula de clorofila, interviene también en la formación de aminoácidos y ácidos nu -- cléicos.

Un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde.

El suministro de nitrógeno se relaciona con la utilización de los hidratos de carbono, cuando el nitrógeno está en cantidades adecuadas y las condiciones son favorables para el crecimiento, se forman proteínas a partir de los carbohidratos.

Fósforo.

Se ha reconocido al fósforo como un constituyente del ácido nucleico, fitina y fosfolípidos. El fósforo también se ha asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente cereales, su carencia es acompañada por una marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le considera esencial en la formación de semillas, donde se le encuentra en grandes cantidades.

Fierro.

El fierro tiene funciones específicas en la activación de varios sistemas meristemáticos: hidrogenasa fumárica, catalasa, oxidasa y citocromos.

Se cree que el fierro está asociado con la síntesis de proteína cloroplástica. Otra función atribuida al fierro es su evidente necesidad para la enzima flavina que reduce el citocromo. (28)

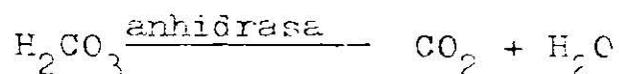
El fierro es esencial para la formación de clorofila, -- aunque no forma parte de su molécula. Actúa como catalizador en las reacciones de síntesis de la clorofila. El fierro también actúa en el transporte de electrones y en el metabolismo oxidativo de las células. Por ejemplo; metabolitos tan importantes como la catalaza, citocromo-oxidasa, ferredoxinas y -- los citocromos que son compuestos que contienen fierro. (9).

Zinc.

El zinc interviene en el proceso normal de oxido-reduc-- ción, se le considera necesario para el metabolismo del azu-- fre y juega un papel muy importante en la síntesis de cloro-- fila. (Thompson, 1966; citado por Villarroel, 1979).

Del Rivero (1968) citado por Villarroel (1979), menciona que el zinc es necesario para la síntesis de triptofano, a -- partir del cual se forman las auxinas.

El zinc forma parte de la enzima anhidrasa que cataliza-- la descomposición del ácido carbónico.



Otra de las funciones atribuidas al zinc es que está pre-- sente en la trifosfato-deshidrogenasa que es precursora de la fosforilación del aldehído fosfoglicérico con producción de á

cido difosfatoglicérico, siendo un escalón importante en la -- glicólisis de los glúcidos y también en los fenómenos de res-- piración y fermentación. (Baeyens, 1970 y Ray, 1977; citados - por Villarroel, 1979).

La formación de hormonas de crecimiento es estimulada por la presencia de zinc. (24, 30).

Cobre.

El cobre participa en varias funciones vitales como la -- síntesis de clorofila y ciertas reacciones productoras de energía como la respiración y la fotosíntesis. También influye en la permeabilidad de la membrana celular y en el proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitratos es reducido a la forma- amoniacal en las plantas. (19).

Una de las funciones del cobre es de que activa un grupo- de enzimas oxidantes y es constitutivo de ciertas proteínas. - Se encuentra en la oxidasa ascórbica, la butiril coenzima des- hidrogenasa, la tirisinasasa y otras enzimas.

Se sabe que el cobre actúa como un conductor electrónico- en las enzimas que realizan la oxidación y reducción, regulan- do la actividad respiratoria en las plantas. (24).

Manganeso.

El manganeso tiene funciones tanto en la formación de la clorofila como en la integridad estructural de los cloroplastos. Se cree que el manganeso actúa en las reacciones celulares de oxidación y reducción, especialmente en las que el ion ferrico (Fe^{+++}) se reduce a la forma ferrosa (Fe^{++}).

El manganeso también activa ciertas enzimas incluidas algunas deshidrogenasas y carboxilasas respiratorias. (9).

Así también participa en la activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, reacciones de fosforilación y en conjunto con otros metales interviene en la activación de enzimas tales como la arginasa, cisteína de sulfidrasa, desoxido de nucleasa y fosfatasa, evidentemente se le considera como un activador de las enzimas prolidasa y glutamil transferasa.

Recientemente se le han atribuido al manganeso funciones en ciertos procesos fotoquímicos como la reacción de Hill.

Boro.

Una de las funciones del boro es que interviene en el metabolismo de los carbohidratos y facilita el movimiento de los azúcares formadores de un complejo permeable boro-azúcar o jun

tando la membrana de las células de tal manera que se hacen -- más permeables a los azúcares.

Se cree que el boro tiene influencia en el desarrollo de la célula por el control que ejerce en la formación de los polizacaridos.

La velocidad de la división celular en las plantas ha sido señalada como función de la síntesis de pectina. Otra de -- las funciones atribuidas a éste elemento es la inhibición de -- la formación de almidón mediante combinación con la parte activa de la fosforilasa. (28).

4. Asimilación.

Nitrógeno.

El nitrógeno que se haya en el suelo puede ser clasifica- / do como inorgánico y orgánico.

a) Compuestos nitrogenados inorgánicos:

Las formas inorgánicas de nitrógeno en el suelo incluyen -- NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO y nitrógeno elemental.

b) Compuestos nitrogenados orgánicos:

Estas formas de nitrógeno se hayan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y o --

tros complejos.

El nitrógeno para ser absorbido por la mayoría de las --- / plantas (excepto leguminosas) debe estar en forma diferente -- que la del nitrógeno elemental.

Las formas más comunmente asimilables por las plantas son los iones nitrato (NO_3^-), el amonio (NH_4^+) y el nitrógeno elemental en las leguminosas.

Fósforo.

El fósforo orgánico se halla en tres formas principales-- como fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfatos de inositol.

Las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de -- ión primario ortofosfato (H_2PO_4^-) y pequeñas cantidades del -- ión secundario ortofosfato (HPO_4^-) son absorbidas. De hecho la absorción por las raíces de las plantas del ión primario ortofosfato es diez veces más rápida que la del ión secundario ortofosfato. (28).

Fierro.

El fierro es el tercer elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre. Considerando la constitución de la planta hay menos fierro que boro, manganeso y zinc, a excepción de algún caso particular. (16).

003876

El fierro debe ser absorbido por las raíces de las plantas en forma iónica o como sales orgánicas complejas. También es absorbido por las hojas cuando se aplican pulverizaciones-foliarias de sulfato de fierro y sales complejas de fierro que son llamadas quelatos. Aunque el ión férrico puede ser absorbido por las plantas, la forma activa metabólicamente parece ser el ión ferroso. (20).

El ión ferroso o el que se encuentra en estado reducido es mucho más fácilmente asimilable por las plantas que el ión férrico completamente oxidado. (4).

Zinc.

La forma aprovechable más común de zinc en el suelo es como Zn^{++} , aunque también existen otras formas como $Zn(OH)^+$, $Zn(OH)_2$. (Lindsay, 1977; Nuñez y Lair, 1976; citados por Villarreal, 1979).

Las plantas contienen algunos cientos de ppm de zinc y solo en los casos de cultivo en disolución, en los que la concentración de zinc era muy elevada, la proporción en la planta superó las 1000 ppm. (16).

El zinc es absorbido por las plantas en forma de ión Zn^{++} y puede ser también absorbido bajo la forma de un comple

jo molecular de agentes queláticos tales como EDTA, pulverizaciones conteniendo sales solubles de zinc o complejos de zinc aplicándose al follaje de las plantas para corregir una deficiencia de éste elemento, ya que es capaz de penetrar en el sistema de la planta directamente a través de las hojas. (28).

Cobre.

El cobre existe en el suelo en forma de catión asimilable pero puede estar en la solución o en forma intercambiable. Es más soluble en el suelo ácido y su solubilidad disminuye al aumentar el pH. (16).

Normalmente una concentración de 7 ppm. de cobre disponible en el suelo seco, proporciona la cantidad mínima requerida por la mayoría de los cultivos. (19).

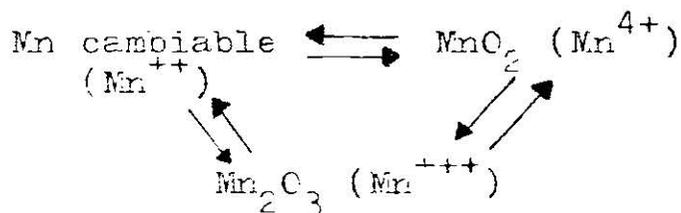
El cobre es absorbido por las plantas en forma de ión cúprico (Cu^{++}) y puede ser absorbido como una sal de un complejo orgánico tal como el EDTA. Las sales de cobre son absorbidas a través de las hojas y las deficiencias son a menudo corregidas o prevenidas por las aplicaciones de éste elemento en pulverizaciones sobre las hojas. (28).

Manganeso.

El manganeso en los suelos se considera generalmente que

existe en tres estados de valencia.

- a) Manganeso divalente (Mn^{++}), que se haya presente como un ca tión adsorbido o en la solución del suelo.
- b) Manganeso trivalente. Se supone que existe como un óxido - altamente reactivo Mn_2O_3 .
- c) Manganeso tetravalente (Mn^{4+}), que existe como óxido y es - muy inerte MnO_2 . Algunos científicos creen que entre esas - tres formas existe un equilibrio dinámico. (28).



El contenido de manganeso de las plantas puede variar ampliamente, según la cantidad de éste elemento en el suelo, el cual se encuentra en el suelo en forma de catión y puede estar combinado con los minerales primarios o secundarios. (26).

Las plantas absorben el manganeso principalmente como ión manganeso y en menor cantidad como ión mangánico.

La rápida absorción y traslocación de manganeso por la ma yoría de las especies vegetales indica que no existen uniones - entre manganeso y compuestos orgánicos y que el transporte es - realizado con el nutrimento en forma iónica. (14).

Boro.

El boro se haya en la mayor parte de los suelos en cantidades extremadamente pequeñas. El boro nativo en la mayoría de los suelos de las regiones húmedas está en forma de turmalina que es un mineral completamente insoluble y resistente al humedecimiento; es un boro silicato que contiene cantidades de hierro, aluminio, magnesio, manganeso, calcio, litio y sodio.

El boro es absorbido en una o más de sus formas iónicas - tales como $B_4O_7^{=}$, $H_2BO_3^{=}$, $HBO_3^{=}$ o BO_3^{3-} . Se requiere en cantidades generalmente pequeñas. El boro se traslada rápidamente de las viejas a las nuevas regiones meristemáticas.

5. Deficiencia.

Nitrógeno.

Cuando las plantas soportan deficiencia de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillentas, éste amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores, las hojas superiores permanecen verdes. En casos de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se vuelven color marrón y mueren.

En las gramíneas las hojas inferiores se quemán y se vuelven marrones comenzando por el ápice de la hoja y avanzando --

progresivamente por el limbo hasta que la hoja entera se mue--
re. (28).

Fósforo.

El síntoma más común es la aparición de una coloración --
verde azulada, que puede presentarse acompañada por tintes ---
bronceados o purpureos. La coloración purpurea es causada por--
los pigmentos de antocianina, siendo el síntoma más evidente y
el que se menciona con más frecuencia. (5).

Fierro.

La deficiencia de fierro ha sido observada en muchas espe--
cies, es más frecuentemente vista en cultivos que crecen en --
suelos calizos o alcalinos, aunque la presencia de altos nive--
les de fosfato puede también provocar ésta condición en suelos
ácidos. Una deficiencia de fierro se muestra primero en las --
hojas jóvenes de las plantas. No parece haber traslocación de--
los viejos tejidos a la punta de los meristemos y como resulta
do cesa el crecimiento, las hojas jóvenes presentan una cloro--
sis intervenal que progresa rápidamente sobre la hoja entera.
En casos extremos las hojas se vuelven completamente blancas.
(28).

El riego excesivo en suelos calcareos es causa común de -

insuficiencia de fierro, probablemente debido a la gran cantidad de HCO_3 en el agua.

La falta de oxígeno en suelos mal drenados o con riego excesivo, también son causa de deficiencia de fierro. (8).

Zinc.

El síntoma más fácilmente reconocido de deficiencia de zinc es el que se aprecia en las plantas de maíz, que faltando las cantidades apropiadas de este elemento desarrollan el llamado brote blanco, presentándose los nuevos brotes de color blanco en lugar de verdes. Las plantas varían considerablemente en cuanto a su exigencia en zinc, necesitando mayor cantidad de éste elemento el maíz, el nogal y los agrios. (4).

Varias enfermedades de las plantas cuyas causas se desconocían hoy se sabe que son manifestaciones de la deficiencia de zinc. Ejemplos; la roseta del nogal, enfermedades foliares de varios árboles y la yema blanca del maíz.

El crecimiento meristemático anormal puesto de manifiesto por la distorsión de las hojas nuevas en las plantas con deficiencia de zinc, es probablemente debido al papel del zinc en la biosíntesis del ácido indolacético (AIA). La deficiencia de zinc reduce la formación de AIA y causa distorsiones en el de-

sarrollo de los tejidos meristemáticos y de reciente forma --
ción. (9).

Cobre.

Los síntomas de deficiencia varían con el cultivo. En el maíz las hojas jóvenes se vuelven amarillas y si la deficiencia es más grave, las hojas jóvenes palidecen y las hojas viejas mueren. En estados avanzados aparecen tejidos muertos y los brotes de las hojas presentan síntomas similares a la deficiencia de potasio. (28).

La fase reproductiva del desarrollo vegetal es la primera en ser afectada. Los síntomas característicos en cereales incluyen crecimientos atrofiados, marchitez en las puntas de las hojas y falta de polinización en las flores, que resultan en espigas vacías. (19).

La deficiencia de cobre causa enfermedades de las plantas tales como la gangrena de los cítricos y la llamada enfermedad de las forrajeras en los suelos rehabilitados. La última es especialmente grave porque resulta en deficiencia de cobre en el ganado, además de la reducción directa de la producción de forraje. (9).

Manganeso.

La sintomología en condiciones incipientes de deficiencia consiste en manchas cloróticas entre las venas principales, -- quedando éstas rodeadas por franjas de color verde al avanzar el estadio de deficiencia.

Alteraciones fisiológicas por deficiencia de manganeso: alteraciones en la estructura lamelar del cloroplasto, alteración en la síntesis de clorofila, alteración en el ciclo de Krebs, aumento en la actividad de la peroxidasa. (14).

Homan (1967) y Anderson (1969), citados por Enriquez, mencionan que la deficiencia de manganeso afecta principalmente -- el desprendimiento de oxígeno del proceso fotosintético. Indican también, que hay una disminución de clorofila hasta un 65% en hojas de plantas deficientes en relación a plantas bien nutridas.

Boro.

El primer síntoma visual de deficiencia es el cese del -- crecimiento del bloque terminal, seguido inmediatamente des -- pués de la muerte de las hojas jóvenes. Las hojas jóvenes se -- vuelven de color pálido, perdiendo más color en la base que en el ápice. Los tejidos basales se resquebrajan y si el creci --

miento continúa las hojas se retuercen, usualmente el área foliar muere y el crecimiento terminal cesa. (28).

La deficiencia de boro causa varias enfermedades con causas desconocidas. Ejemplos: la pudrición del corazón de la remolacha, el corazón pardo del nabo y el enrollamiento en la hoja de la papa. En plantas con deficiencia de boro el desequilibrio del metabolismo respiratorio causa la producción excesiva de compuestos fenolicos en los tejidos. (9).

6. Toxicidad.

Nitrógeno.

Los nitritos son generalmente tóxicos para las plantas pero afortunadamente no se acumulan bajo las condiciones naturales del suelo.

Al presentarse un exceso de nitrógeno se presenta un desequilibrio en la planta y esto se comprueba con un retraso en la maduración de los granos. (28).

Fósforo.

Un exceso de fósforo puede acelerar la madurez a costa -- del crecimiento vegetativo, además de ello, las deficiencias de elementos menores (Fe y Zn) han sido atribuidas en ciertos-

casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el --
rendimiento. (5).

Fierro.

La toxicidad por fierro está asociada con un aumento y --
traslocación del mismo.

Hewitt (1967), citado por Enriquez, indica que debido a --
la función del fierro como activador de enzimas es probable la
alteración de diversos procesos metabólicos, pudiendo ser oca-
cionada por el desplazamiento de metales pesados de sus posi--
ciones enzimáticas en las cuales el fierro sea cofactor. El --
bloqueo en forma aislada de sistemas enzimáticos puede condu--
cir en conjunto a alteraciones en los procesos de captación de
energía de síntesis y de oxidación biológica. (14).

Zinc.

El zinc es tóxico para las plantas en ciertas cantidades--
aunque sean muy pequeñas. (28).

Cobre.

La toxicidad por cobre puede ser consecuencia de una adi-
ción excesiva, teniendose que demasiado cobre puede interferir
la absorción de fierro, esto es, los síntomas de toxicidad por
cobre están relacionados con los de deficiencia de Fe. (16).

Manganeso.

En general la toxicidad por manganeso se caracteriza por acumulaciones localizadas en diversos puntos de la estructura vegetal, así se tiene:

- a) Manchas necróticas sobre la lámina de la hoja.
- b) Clorosis marginal.

Alteraciones fisiológicas por toxicidad de manganeso:

- a) Existe un bloqueo de enzimas y se asocia la toxicidad de -- manganeso con la destrucción de auxinas, siendo la más estudiada el ácido-3-indolacético (AIA). (14).
- b) La toxicidad por manganeso que se presenta en los casos en que hay deficiencia de fierro, supone casi siempre un suelo ácido con un contenido en manganeso intercambiable elevado. (16).

Boro.

Un nivel alto de boro en los suelos es tóxico para muchos cultivos. En regiones áridas el boro se acumula en el suelo -- con frecuencia debido a que el agua de riego contiene niveles altos de éste elemento. (8).

El margen entre deficiencia y toxicidad de boro puede ser muy estrecho; de hecho los niveles de suficiencia y de exceso de boro para una planta están sobrepuestas. La concentración -

de boro que produce crecimiento óptimo, también puede causar - síntomas de toxicidad. (9).

7. Interacciones de los elementos nutrientes.

Este proceso se refiere a la acción recíproca de un nutrimento sobre el otro en relación al crecimiento de la planta o - la respuesta diferencial para un nutrimento en comparación con otros niveles variables de otro nutriente que es aplicado si-- multaneamente. Las interacciones pueden producir un aumento o - abatimiento en el crecimiento vegetativo afectando por consi-- guiente los rendimiento de un cultivo. (30).

Interacción nitrógeno-zinc.

Boawn et al, (1960) y Gunes et al, (1961), señalan que el sulfato de amonio incrementa la absorción de zinc mejor que el nitrato de calcio cuando la cosecha es grano de sorgo o papa, - esto relacionado con el cambio en el pH del suelo, por efecto - de la fuente nitrogenada.

Del Rivero (1968), señala que la fertilización nitrogena - da puede ocasionar deficiencia de zinc, lo que puede atribuir - se más que todo a la influencia de las fuentes nitrogenadas so - bre el pH del suelo, por otra parte, indica que el nitrato de -

sodio disminuye la absorción de zinc, mientras que el sulfato de amonio lo aumenta.

Interacción fósforo-zinc.

Terma et al, (1966), indican que la absorción y concentración de zinc varia de acuerdo a las fuentes de fosfato empleado. La absorción de zinc está de acuerdo al siguiente orden: polifosfato de amonio > fosfato monoamonico > superfosfato concentrado > fosfato dicalcico fino.

Diferentes investigadores tienen reportada la acción depresiva del fósforo aplicado, sobre la absorción de zinc. El fenómeno es atribuido por algunos como resultado de las reacciones químicas en el sistema suelo. (Stukenholtz, 1966).

Keefer et al, (1972), reportan el mutuo antagonismo entre el fósforo y el zinc en las plantas que crecen en suelos que contienen cantidades grandes de fósforo aprovechable. Este antagonismo lo explica dentro de tres procesos generales:

- a) Físicos, químicos o movilización de zinc o fósforo en el suelo.
- b) Precipitación por el fósforo dentro de la planta o en la superficie de la raíz de la planta.
- c) Rompimiento del metabolismo de la planta resultando de un desvalance de nutrientes.

Interacción fierro- fósforo.

El fósforo es comunmente relacionado con la inducción de clorosis férrica. Numerosos estudios realizados muestran que un exceso de fósforo indica la aparición de clorosis férrica debido a restricciones en la absorción y traslocación de fierro. (Brown, 1961; citado por Enriquez, 1980).

Interacción fierro-zinc.

Adriano et al, (1971), indican que el fierro y el zinc son mutuamente antagónicos e interactúan más marcadamente que otros micronutrientes. El efecto antagónico de fierro y zinc pueden explicar el porqué a bajos y altos niveles de fierro se acentuó la deficiencia de zinc.

Ortega (1978), señala que el mecanismo de ésta interacción se explica en que el zinc (Zn^{++}) puede competir con el fierro (Fe^{++}) por los agentes quelantes en algunas reacciones de precipitación.

Del Rivero (1968), reporta que el fierro es transportado en el interior de la planta en forma ferrosa (Fe^{++}) y que el zinc puede funcionar como agente catalítico de reacciones oxidativas, por lo que bajo éste supuesto, el exceso de zinc puede impedir la reducción de fierro y su transporte en el in --

terior de la planta a causa de la estimulación de dichas reacciones. (30).

Interacción fierro-manganeso.

Las plantas desarrolladas en suelos ácidos que contienen altas cantidades de manganeso asimilable, presentan una sintomatología de deficiencia similar a la causada por deficiencia de fierro; llegando a la conclusión de que el fierro y el manganeso interactúan en sus funciones metabólicas y la actividad fisiológica de uno es afectada por la concentración del otro. (Somers y Shive, 1942; citado por Enriquez, 1980).

Foy et al, 1978; indican que la capacidad de fierro de disminuir los efectos por toxicidad de manganeso en las plantas varía ampliamente en función de la especie. (14).

Interacciones del cobre.

El cobre interactúa con otros elementos y puede inducir deficiencias en las plantas aunque el análisis de suelo muestre concentraciones adecuadas de cobre. Los niveles altos de nitrógeno, fósforo y zinc reducen la absorción de cobre por las plantas y pueden causar deficiencias. Es probable que esas interacciones tengan lugar en la superficie de las raíces, y sean fisiológicas en vez de atribuir las a la química del suelo. (8).

Interacción manganeso-fósforo.

Agarwala (1977), menciona que con una baja concentración de fósforo, el exceso de manganeso ocasiona una disminución -- en la actividad de la catalasa en plantas susceptibles a clorosis, pero en las plantas resistentes a clorosis la actividad de la catalasa no se ve afectada. (14)

Interacción manganeso-zinc.

Onki (1975), reporta que bajo muy severas condiciones de deficiencia de manganeso, se inducen altas concentraciones de zinc en las hojas. Sin embargo, si se incrementa más allá del nivel crítico de manganeso, la concentración de zinc permanece constante, indicando que el rango de suficiencia de manganeso y la acumulación de zinc en el tejido de la hoja es independiente de la concentración de manganeso, pero a elevadas dosis de manganeso se observa que la concentración de zinc en el tejido de los tallos disminuye constantemente de 127 a 24 microgramos/litro. (30).

Interacción boro-fósforo.

El boro está implicado en la absorción de calcio, la falta de boro tiende a aumentar la pérdida de fósforo de las raíces de las plantas. También parece que actúa como un regula--

dor de la proporción K/Ca; y está relacionado en forma estrecha con la absorción de nitrógeno. (24).

8. Factores que determinan la disponibilidad de los elementos nutritivos.

Existen algunos factores que influyen en la disponibilidad de los nutrientes entre los cuales encontramos los siguientes: pH del suelo, materia orgánica, textura, condiciones de óxido-reducción, carbonatos, clima y la actividad microbiana. (30).

8.1 pH del suelo.

Nitrógeno.

Los vegetales acusan una cierta predilección por la forma amoniacal o la nítrica, esto suele ser una pregunta de imposible contestación concreta. No obstante se considera que el pH es un importante factor en tal proceso. Así se tiene que dentro de elevados límites de alcalinidad, el ión nitrato (NO_3^-) es superior dado que bajo tales condiciones los compuestos amoniacales son transformados con resultados tóxicos para la planta, a amoniaco libre (NH_3). También dentro de elevados límites de acidéz el ión nitrato resulta superior. (18).

Fósforo.

Las cantidades relativas del ión primario ortofosfato --- H_2PO_4^- y el ión secundario ortofosfato HPO_4^{2-} , absorbidas por las plantas son afectadas por el pH del suelo que las rodea. Valores bajos de pH incrementan la absorción del ión primario-ortofosfato, mientras que los valores más altos de pH incrementan la absorción del ión secundario ortofosfato. (28).

Cuando el pH o la actividad del ión hidroxilo aumentan -- los fosfatos de fierro y aluminio liberan fosfato en forma soluble y tanto el aluminio como el fierro permanecen en forma insoluble como hidroxilos. (5).

Fierro.

La solubilidad del fierro como ión ferrico en el suelo, -- depende también del pH. La máxima solubilidad del fierro como ión ferrico (Fe^{+++}) se presenta en pH de 3 a 5, en tanto que -- el ión ferroso (Fe^{++}) es suficientemente soluble hasta un pH -- de 7. (28).

Zinc.

Tisdale y Nelson (1970); Nuñez y Lair (1976), sostienen -- que las deficiencias de zinc ocurren a valores de pH entre 6.5 y 8. Si el pH es alto, el zinc parece ser precipitado como --

$Zn(OH)_2$ o $ZnCO_3$. (30).

Cobre.

La disponibilidad de cobre es máxima a un pH de 5 a 7. El cobre disponible puede ser inadecuado incluso en algunos suelos ácidos cuando son cultivados por primera vez.

Ha sido demostrado por algunos científicos que la acidez del suelo influencia la disponibilidad de cobre, aunque otros no hallan relación entre estos dos factores. (28).

Manganeso.

El manganeso se vuelve más disponible al aumentar la acidez, encontrándose su deficiencia en suelos neutros o ligeramente ácidos o alcalinos.

La cantidad de manganeso obtenible es pequeña en suelos con reacciones alcalinas y ricos en carbonatos de calcio. (1).

Boro.

Los síntomas de deficiencia en boro están asociados con altos valores de pH y el consumo de boro por las plantas se reduce si se incrementa el pH del suelo. (28).

8.2 Materia orgánica.

Nitrógeno.

La profundidad de acumulación de nitrógeno varía según la acumulación de materia orgánica en los suelos de regiones áridas y semiáridas, en el que el agua penetra poco, ambos se acumulan a poca profundidad. Sin embargo, en la mayoría de los --suelos, la mayor parte de materia orgánica y de nitrógeno se -- halla en los primeros 50 cm. de la superficie del perfil. (5).

Fósforo.

El fósforo en el suelo se puede clasificar en general como orgánico o inorgánico. La fracción orgánica se halla en el humus y otros materiales orgánicos, que pueden estar o no asociados con el.

El contenido de fósforo orgánico en el suelo mineral es -- usualmente mayor en las capas superficiales que en el subsuelo, a causa de la acumulación de materia orgánica que alcanza en -- las capas superiores del perfil del suelo.

Fierro.

La deficiencia de fierro ha sido observada en muchas espe--cies, es más frecuentemente vista en cultivos que crecen en --suelos calizos o alcalinos con bajo contenido de materia orgá--nica.

Zinc, cobre y manganeso.

Las deficiencias de éstos elementos se presentan en suelos ricos en materia orgánica. (28).

Boro.

El boro es el elemento que más se combina con la materia orgánica y luego es liberado por el metabolismo de los microorganismos del suelo. Esta liberación disminuye durante los periodos secos por la menor actividad de los microorganismos. (8).

8.3 Textura.

Nitrógeno.

El nitrógeno orgánico del suelo se halla como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros complejos. El grupo que consiste en aminoácidos y proteínas consolidadas se halla usualmente en fuerte combinación con arcillas, lignina y quizá otros materiales.

Fósforo

Los fosfatos reaccionan también con las arcillas para formar complejos arcilla-fosfato que por lo general son insolubles.

Fierro.

La deficiencia de fierro es muy frecuente en suelos calcáreos de textura arcillosa. (28).

Zinc.

Nourop y Ravkovipch (1978), indican que el contenido total de zinc en los suelos se incrementa con el contenido de arcilla.

Sillanpaa (1976) y Del Rivero (1978), mencionan que la deficiencia de zinc se presenta en una amplia variedad de texturas pero con frecuencia se presenta en los suelos arenosos pobres en materia orgánica donde son lavados. (30).

Cobre.

Deficiencias de cobre se han señalado en numerosas plantas, aunque es más frecuente entre cultivos que crecen en suelos de turba u orgánicos. (28).

Manganeso.

En general la deficiencia de manganeso se presenta en los suelos arenosos muy lixiviados o calcáreos. (26).

Boro.

Se ha encontrado en general que los suelos de textura ---

gruesa, bien drenados y arenosos son pobres en boro. Los suelos de textura fina tienden a retener el boro añadido durante periodos de tiempo más largo que los suelos de textura gruesa. (28).

8.4 Condiciones de óxido - reducción.

Un factor importante en la concentración de un nutriente en la solución del suelo es el potencial REDOX. Este factor guarda relación con la aireación del suelo, el cual a su vez depende de la respiración microbiana y de la velocidad de difusión del oxígeno.

El potencial (REDOX) afecta a aquellos elementos que están en el rango normal de potenciales redox de los suelos, pueden existir en más de un estado de oxidación, tales elementos son carbono, oxígeno, hidrógeno, azufre, hierro, manganeso y cobre.

8.5 Carbonatos.

Fósforo.

La concentración de fósforo en la solución de los suelos alcalinos o calcáreos, sería ampliamente gobernada por tres factores:

- 1.- Actividad del calcio.
- 2.- Cantidad y tamaño de las partículas de carbonato de calcio libre en el suelo.
- 3.- La cantidad de arcilla presente.

La actividad del fósforo será menor en aquellos suelos -- que tienen alta actividad de Ca^{++} , una gran cantidad de carbonato cálcico finamente dividido y una gran cantidad de arcilla saturada de calcio.

En suelos alcalinos que contienen carbonato de calcio libre, los iones fosfato que entran en contacto con la fase sólida de carbonato de calcio son precipitados en la superficie expuesta por carbonato de calcio y por la concentración de fosfato en la solución del suelo. (28).

Zinc.

Naurov y Ravkovitch (1969), indican que el contenido de zinc en los suelos se incrementa con el contenido de arcilla. Un coeficiente de correlación altamente significativo se encontró entre el contenido total de zinc y el porcentaje de arcilla en los suelos calcáreos, en los cuales el carbonato está grandemente asociado con la fracción arcilla, en ellos está presente el zinc como ZnCO_3 y Zn(OH)_2 . Estos compuestos pueden

aparecer como precipitados o como un revestido sobre la arcilla carbonatada de las partículas superiores. (30).

La deficiencia de zinc es más común en suelos calcáreos - debido a la formación de complejos solubles. En suelos alcalinos, el nivel alto de carbonatos agrava aún más la deficiencia de zinc. (8).

Manganeso.

La cantidad de manganeso disponible es pequeña en suelos de reacción alcalina y ricos en carbonatos de calcio. Esta cantidad de manganeso es pequeña debido a la formación de compuestos insolubles. (10).

8.6 El clima y la actividad microbiana.

El clima actúa en forma indirecta puesto que modifica la actividad de las plantas superiores y de los microorganismos. (5).

Los microorganismos juegan un papel importante para asegurar una provisión uniforme y constante de minerales del suelo. Las condiciones favorables que determinan su desarrollo son -- las siguientes:

a) El agua.

La amonificación es un proceso hidrolítico que requiere agua en cantidad suficiente. La mayoría de los microorganismos que intervienen en la química del suelo son aerobios por lo cual debe haber un adecuado suministro de agua y de oxígeno.

b) La temperatura.

La temperatura es importante porque la actividad de los microorganismos del suelo cesa ligeramente por arriba del punto de congelación, debiendo existir condiciones óptimas de temperatura para que los microorganismos puedan tener una buena y eficiente actividad. (25).

Nitrógeno.

La mineralización de los compuestos nitrogenados se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: Aminización, amonificación y nitrificación. Las dos primeras etapas se efectúan a través de organismos heterotrofos y la tercera etapa es realizada por bacterias autótrofas del terreno. (28).

Jenny (1930), citado por Black (1975), realizó la investigación principal acerca de las relaciones de temperatura y el suministro de agua, observando un pronunciado descenso de nitrógeno orgánico a medida que la temperatura anual aumenta de 0 a 20°C, siendo la principal causa de éstas variaciones el e-

fecto que la temperatura ejercía sobre la actividad microbiana. Según Jenny, cuando los demás factores permanecen constantes - el contenido de nitrógeno aumenta según el suministro de agua.

Fósforo.

Los microorganismos del suelo contribuyen al aprovechamiento del fósforo por las plantas, a consecuencia de los diversos ácidos que producen y que aumentan la solubilidad de los fosfatos que son insolubles. (25).

Un aumento en la temperatura trae por consecuencia generalmente un aumento en la velocidad de las reacciones químicas. La extensión en que éste factor influye en la fijación de fósforo del suelo bajo condiciones normales de campo no es bien conocida, sin embargo, los suelos de climas cálidos son generalmente mucho más fijadores de fósforo que en los suelos de regiones más templadas. (28).

Fierro.

El contenido de humedad interviene en el potencial de óxido-reducción favoreciendo la formación de manganeso Mn^{++} y Fe^{++} utilizable para la mayoría de las plantas. Cuando este potencial se aparta del intervalo, la disponibilidad de cationes de microelementos disminuye.

Zinc.

La reducción de zinc por exceso de fosfatos es más grave cuando la temperatura del aire y de las raíces es baja, y la disponibilidad de zinc es apenas suficiente. La deficiencia de zinc puede deberse principalmente a la temperatura baja del suelo.

Cobre.

La disponibilidad de cobre aumenta en las condiciones de rizósfera que promueven la oxidación, como son la aireación y drenaje adecuado.

Manganeso.

La cobertura vegetal del suelo puede agravar las deficiencias de manganeso, pues se forma un microclima y existe aportación de materia orgánica que favorece el desarrollo de organismos que oxidan el manganeso formando compuestos no aprovechables para las plantas.

Boro.

El boro se combina frecuentemente con la materia orgánica del suelo y es liberado por el metabolismo de los microorganismos. Al presentarse condiciones de sequía la actividad de los microorganismos disminuye y por lo tanto también disminuye la-

liberación de boro en el suelo. (8).

9. Antecedentes en fertilización.

Se realizó un estudio para determinar la dosis óptima económica de fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de maíz, en la zona de Caderyta Jiménez, N.L.

En los análisis estadísticos realizados, se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos en cuanto al rendimiento de grano. El tratamiento que presentó el máximo -- rendimiento fué con la dosis de 140-60-00 obteniéndose un rendimiento de 3.021 ton/ha. incrementándose 1.828 ton/ha. con -- respecto al testigo.

En el análisis económico realizado se determinó que la -- dosis óptima económica fué de 103 kg/ha. de nitrógeno y 36 kilogramos por hectárea de fósforo. (15).

Gutierrez de la Rosa, trabajó con niveles de fertiliza--- ción nitrogenada utilizando tres fuentes, en el cultivo de maíz para grano, en Marín, N.L.

No se encontró diferencia significativa estadísticamente -- para las fuentes de nitrógeno estudiadas con relación a los -- rendimientos de grano. En cambio, para las dosis de nitrógeno -

se encontró diferencia altamente significativa para el rendimiento de grano. Siendo el mejor tratamiento con la dosis de 100-40-00, el cual incrementó el rendimiento en 966 kg/ha. -- con respecto al testigo. (17).

En el Municipio de Marín, N.L., se efectuó un experimento con niveles de fertilización nitrogenada y tiempos de aplicación en maíz de riego.

Los rendimientos de grano de las diferentes dosis aplicadas y tiempos de aplicación, no mostraron diferencia estadísticamente significativa. Observándose el máximo rendimiento -- con la dosis de 0 kg/ha. obteniéndose un rendimiento en grano de 3240 kg/ha. (21).

Nolazco Neza, realizó un experimento para determinar el efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en maíz de la variedad Nuevo León U-127.

Los rendimientos obtenidos de maíz en grano para los tratamientos probados no mostraron diferencias estadísticas significativas. El máximo rendimiento se obtuvo con la dosis de 50-75-00, el cual fué de 3939 kg/ha., observándose una diferencia de 549 kg/ha. en comparación con el testigo. (22).

Torres Garfio, en General Terán, N.L., estudió la respuesta a la dosis de fertilización nitrogenada y fosforada en la variedad de maíz liebre.

Con respecto al rendimiento de grano el análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa para esta variable. El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fué al que se le aplicó la dosis de 160-80-00 con un rendimiento de 3012 kg/ha., observándose una diferencia de 1370 kg/ha. en comparación con el testigo. (29).

Los trabajos realizados en fertilización hasta la actualidad muestran clara tendencia a trabajar únicamente con dosis de nitrógeno y fósforo sin considerar otros elementos, como son los micronutrientes, los cuales aún y cuando se requieren en pequeñas cantidades pueden producir severos trastornos al cultivo cuando se presentan en deficiencia. Considerando esto, se realizó el presente trabajo experimental de fertilización probando el efecto del nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano de 1985, en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., localizado en el municipio de Marín, N.L., cuya altura sobre el nivel del mar es de 367 m. y sus coordenadas geográficas son de 25° latitud norte y 100° 03' longitud oeste.

Las condiciones de precipitación pluvial y temperaturas que se presentaron durante el período en que se desarrolló el experimento se muestran en la tabla No 1.

Tabla 1. Precipitación mensual (mm) y temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales (°C) registradas durante el desarrollo del experimento.

| | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio |
|--------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Precipitación | | | | | |
| media mensual | 17.60 | 122.00 | 22.80 | 30.20 | 35.70 |
| Temperatura máxima | 27.10 | 28.20 | 32.40 | 34.30 | 35.60 |
| Temperatura mínima | 16.00 | 18.20 | 21.80 | 22.80 | 23.20 |
| Temperatura media | 21.60 | 23.20 | 27.10 | 28.50 | 29.40 |

Los materiales, implementos y prácticas agrícolas utilizados, son los que comúnmente se emplean en el cultivo de maíz en ésta zona.

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. A la parcela grande se le asignó la presencia y ausencia de micronutrientes y a la parcela chica se le asignaron las diferentes dosis de macronutrientes.

Como parcela chica se emplearon cuatro surcos de 10 m. de largo y en cada parcela grande se asignaron 6 parcelas chicas, por lo tanto la parcela grande estuvo formada por 24 surcos de 10 metros de largo. De los cuatro surcos de cada parcela chica los dos centrales fueron los que formaron la parcela útil, en los cuales se eliminó 1 metro en cada cabecera para evitar el efecto de bordo.

La distancia entre surcos fué de 90 cm., representando 14.4 m² de parcela útil. El área total que ocupó el experimento fué de 2449.25 m².

El modelo estadístico utilizado en el experimento fué el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + f_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación de la K-ésima subparcela en la j-ésima parcela grande del i-ésimo bloque o repetición.

M = Es la media general.

P_i = Es el efecto del i -ésimo bloque.

S_{ij} = Es el error experimental de la j -ésima parcela grande (error interbloque).

A_j = Es el efecto del j -ésimo nivel del factor que va asignado a parcela grande.

B_k = Es el efecto del K -ésimo nivel del factor que va asignado a parcela chica.

$(AB)_{jk}$ = Es la interacción del nivel j del factor en parcela y el nivel K del factor en parcela chica.

E_{ijk} = Error experimental de la ijk -ésima subparcela (error intrabloque).

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron los siguientes:

| Tratamiento | Dosis |
|-------------|-----------|
| 1 | 150-75-00 |
| 2 | 50-40-00 |
| 3 | 100-40-00 |
| 4 | 80-40-00 |
| 5 | 80-120-00 |
| 6 | 00-80-00 |

Las dosis presentadas anteriormente, se eligieron de experimentos en los cuales estas dosis mostraban su mejor efecto en cuanto a rendimiento.

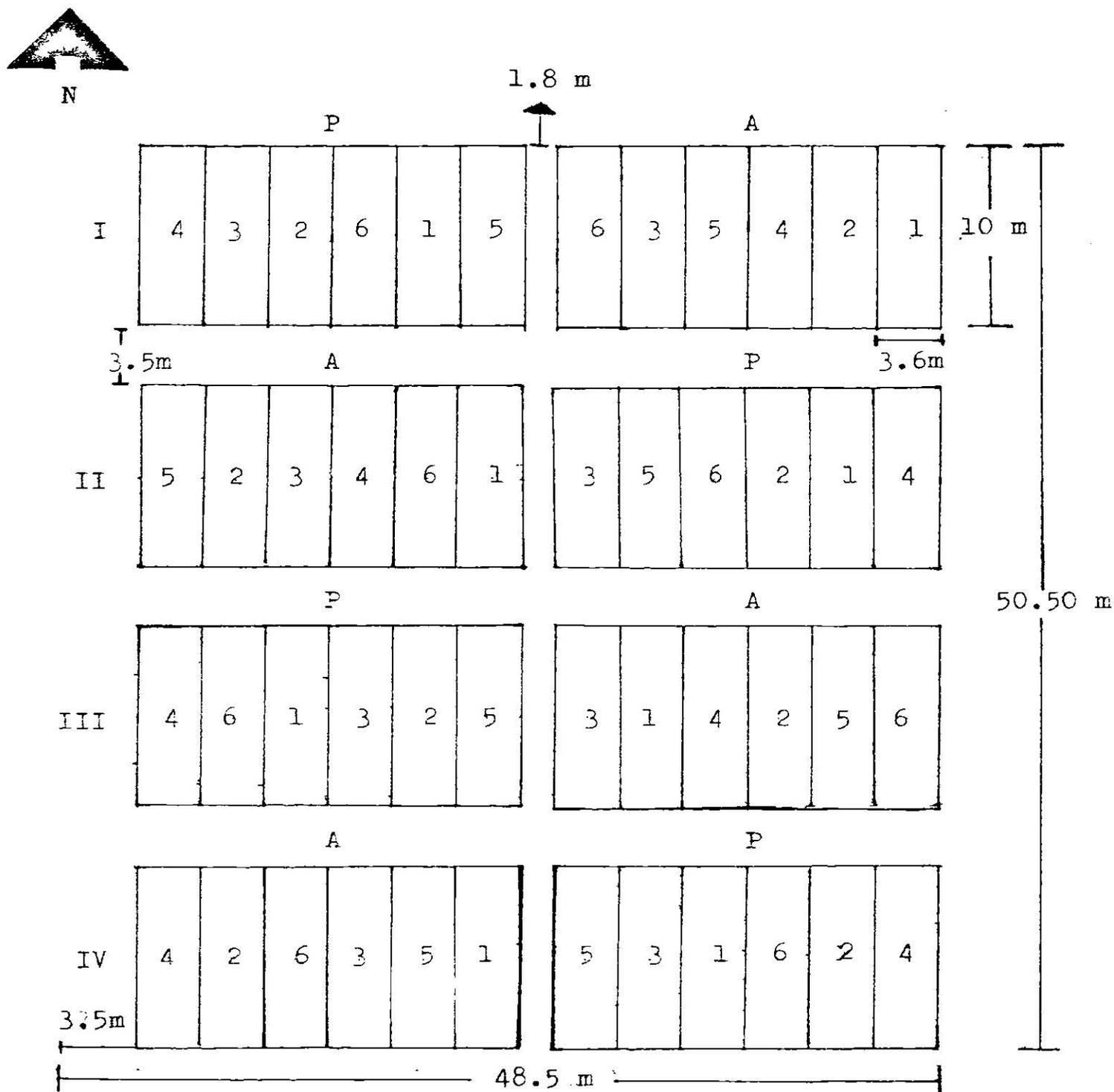
En la figura No. 1 se muestra el croquis del experimento así como la distribución de de los tratamientos en el campo.

La fuente de fertilizante empleada para nitrógeno fué--urea (46% de nitrógeno) y como fuente de fósforo el superfosfato de calcio triple (46% de P_2O_5), como fuente de micronutrientes se utilizó un producto comercial (fenziquel) que---contiene 1.9 % de fierro metálico, 1.2 % de zinc metálico,--0.3 % de manganeso metálico, 0.03 % de boro 0.4 gr/lto de fitohormona, recomendandose una dosis de 1 litro por 100 li---tros de agua.

Con anterioridad a la fecha de siembra, se efectuó un--muestreo de suelo a una profundidad de 0-30 cm., tomandose--una muestra por parcela para determinar el contenido de ni--trógeno, fósforo y los micronutrientes en estudio (Fe, Zn y--Mn). Tambien se tomó una muestra general para determinar el--color, pH, textura, materia orgánica y sales solubles.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

En la tabla No. 2, se describen las determinaciones y--metodología empleada en los análisis.



P = Presencia de micronutrientes

A = Ausencia de micronutrientes

Figura 1. Croquis del experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes.

Tabla 2. Determinaciones y metodologías empleadas en el análisis físico-químico de suelo realizado en el experimento de fertilización con N-P en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| DETERMINACION | METODOLOGIA | |
|--------------------------|---------------------------------------|------|
| Color del suelo | Carta Munsell | (2) |
| pH del suelo | Potenciometro | (2) |
| Textura | Hidrómetro de Bouyoucos | (2) |
| Materia orgánica | Walkley y Black | (2) |
| Nitrógeno amoniacal | Técnica Nessler | (6) |
| Fósforo | NaHCO ₃ (Olsen modificado) | (12) |
| Sales solubles | Puente de Wheatstone | (2) |
| Contenido de Fe, Zn y Mn | NaHCO ₃ (Olsen modificado) | (12) |

Los resultados obtenidos en el análisis físico-químico de suelo antes de la siembra se muestran en la tabla No 3.

El pH de 8.27 obtenido en éste suelo es clasificado como moderadamente alcalino; lo que determina baja solubilidad de fósforo debido a la formación de fosfatos que son precipitados con el calcio.

Por otra parte el bajo contenido de materia orgánica--- (1.65 %) muestra una baja disponibilidad de micronutrientes--- como fierro, cobre, zinc y manganeso. Así también como de ni

Tabla 3. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento.

| DETERMINACION | ANALISIS | CLASIFICACION AGRONOMICA |
|--|---|-------------------------------|
| COLOR DEL SUELO (Escala Munsell) | SECO 10 YR 7/3 HUMEDO 10 YR 5/4 | GRIS PALIDO AMARILLO CLARO |
| REACCION (Relación 1:2) | pH = 8.27 | MODERADAMENTE ALCALINO |
| TEXTURA (Método del Hidrómetro) | ARENA = 30 % LIMO = 50 % ARCILLA = 20 % | ARCILLOSO |
| MATERIA ORGANICA (Método Walkley y Black) | 1.65 % | MEDIANAMENTE POBRE |
| POSFORO (Olsen modificado) | 57.20 ppm | MEDIO |
| NITROGENO AMONIACAL (Técnica Nessler) | 58.32 ppm | |

trógeno.

Con respecto a los micronutrientes tanto el fierro,---- zinc y manganeso se ven afectados en suelos con pH superior a 7.0, ya que el ión ferroso (Fe^{++}) es suficientemente soluble hasta un pH de 7.0, siendo la forma más importante para las plantas.

La disponibilidad de zinc se ve afectada en pH alcalino debido a la formación de compuestos tales como el $\text{Zn}(\text{OH})_2$ y ZnCO_3 los cuales son precipitados.

La cantidad de manganeso extractable es pequeña en suelos de reacción alcalina, debido a la oxidación del manganeso que forma compuestos insolubles.

Los iones de fierro, zinc y manganeso se encuentran como elementos integrantes de algunas arcillas, siendo esto--- una de las posibles causas de la deficiencia de estos elementos en suelos de textura arcillosa.

El fertilizante nitrógenado se aplicó la tercera parte al momento de la siembra y las otras dos terceras partes al primer aporque, cuando las plantas tenían una altura aproximada de 70 cm., en cambio el fósforo se aplicó todo inmediatamente al momento de la siembra, la fertilización se realizó a mano aplicandola en el fondo del surco.

La siembra se realizó el día 22 de Marzo de 1985, ésta-

se efectuó a mano colocando tres semillas por punto, a una distancia de 25 cm. La semilla utilizada fue el híbrido de maíz H-412 con un índice de germinación del 85 %.

La emergencia de las plantas fué heterogénea y en general se observó una baja densidad de población en las parcelas.

El número de riegos aplicados fué de tres durante el desarrollo del cultivo.

| Riegos | Fecha |
|--------------------------|-------------|
| Primer riego de auxilio | 29 de Marzo |
| Segundo riego de auxilio | 10 de Mayo |
| Tercer riego de auxilio | 7 de Junio |

Anteriormente a la siembra se dió un riego el día 11 de Marzo de 1985 y se presentaron lluvias ligeras los días 13, 14 y 15 de Marzo. También en el intervalo comprendido entre el primero y segundo riego de auxilio se presentaron lluvias los días 7, 8, 9 y 10 de Abril siendo estas abundantes.

Durante el desarrollo del experimento se presentaron diferentes plagas, una de ellas fué el gusano cogollero Spodoptera frugiperda al observarse que la mayoría de las plantas presentaban orificios en sus hojas, realizandose un muestreo y encontrandose que la causa de ésto era por el ataque de di

cho gusano. Se controló utilizando volatón granulado al 5 %.

Se observaron después quemaduras en las hojas del cultivo, probablemente debido a la aplicación de una dosis alta de volatón.

Otra de las plagas que se presentó fué el pulgón Aphis maidis el cual fué controlado con la aplicación de metox (late) a razón de 200 gr/100 lts de agua por hectárea. También se hizo una aplicación de sevin 80 en polvo a razón de 1.2 Kg/Ha en 100 litros de agua para controlar el ataque del gusano elotero Heliothis zea, el cual causó un daño mínimo al cultivo.

La aplicación de micronutrientes fue en forma foliar, efectuándose tres aplicaciones con un intervalo de separación de una semana durante las siguientes fechas: 14, 22 y 30 de Mayo de 1985; utilizándose una dosis de 1 lto/100 de agua/Ha del producto.

El día 5 de Junio se realizó un muestreo foliar para determinar la concentración de los elementos nutrientes aplicados. Se muestrearon diez plantas de la parcela útil, tomando una hoja por planta siendo ésta la cuarta hoja.

Las determinaciones realizadas así como la metodología empleada en el muestreo foliar se presenta en la tabla No 3.

Antes de llevar a cabo la cosecha se realizó la toma de las siguientes variables agronómicas como son altura de plan

ta, número de plantas por parcela útil y número de plantas--
totales sometiendo a un análisis de varianza.

La cosecha se realizó el día 8 y 11 de Julio de 1985,--
cosechándose las mazorcas de la parcela útil. Para obtener--
el rendimiento de materia verde se cortaron y se pesaron las
plantas de la parcela útil, se tomo también una muestra de--
un kilogramo para determinar el rendimiento en materia seca.

Tabla 4. Determinación y metodología empleada en el análisis
foliar, en el experimento de fertilización con N-P-
en presencia y ausencia de micronutrientes en el---
cultivo de maíz.

| DETERMINACION | METODOLOGIA | |
|-------------------------------|-------------------|------|
| Nitrógeno amoniacal | Técnica Nessler | (6) |
| Fósforo | Amarillo-vanadato | (13) |
| Micronutrientes (Fe, Zn y Mn) | Digestión húmeda | (12) |

Después de efectuada la cosecha se procedió a realizar-
el segundo muestreo de suelo a una profundidad de 0-30 cm pa-
ra determinar las propiedades físico-químicas de suelo des--
pués de la fertilización, utilizando la misma metodología em-
pleada en el análisis preliminar.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Con anterioridad a la fecha de siembra se procedió a realizar un muestreo preeliminar de suelo, tomándose una muestra por parcela a una profundidad de 0-30 cm. con el propósito de evaluar el estado nutricional del suelo, consistente en la determinación de los contenidos de nitrógeno, fósforo, fierro, zinc y manganeso.

Los contenidos de nitrógeno, fierro y zinc se presentan en las tablas 6, 8 y 10 del apéndice. Dichos contenidos fueron sometidos a un análisis de varianza resultando no significativo estadísticamente. Lo cual indica que el suelo presentaba condiciones homogéneas al inicio del experimento.

Los análisis de varianza correspondientes se muestran en el apéndice, en las tablas 7, 9 y 11.

Se analizó el contenido de fósforo y manganeso encontrándose diferencia significativa entre repeticiones, fluctuando su concentración entre 40 y 66 ppm. para fósforo en la repetición 1 y 3 respectivamente. Mientras que para manganeso su concentración varió de 3 ppm. en la repetición 2 y 6 ppm. en la repetición 3. No se encontró diferencia significativa para parcela grande, ni para tratamientos en ninguna de las dos --

variables.

Los resultados obtenidos y el análisis de varianza se -- muestran en las tablas 12 a la 15 del apéndice.

Para evaluar el efecto de los tratamientos probados se -- procedió a la toma de algunas variables agronómicas antes de -- realizar la cosecha, las cuales fueron: número de plantas por parcela útil, número de plantas totales por parcela, altura -- de planta, rendimiento de materia verde, rendimiento de mate-- ria seca y rendimiento de grano. A estas variables se les rea-- lizó un análisis de varianza en el cual no se encontró dife-- rencia significativa; lo cual indica que las dosis probadas -- no tuvieron efecto sobre las variables estudiadas.

La concentración de datos, así como el análisis de va -- rianza se presentan en las tablas 16 a 27 del apéndice.

No se encontró diferencia significativa en las variables agronómicas elegidas, probablemente debido a que el rango o -- intervalo entre las dosis aplicadas fué muy estrecho para que éstas manifestaran diferencias significativas en el rendimien-- to.

Otra posible causa que afectó el rendimiento del cultivo probablemente fué la baja densidad de población obtenida en --

el experimento, por lo cual se realizó un análisis de varian-za para el número de plantas por parcela, encontrándose que no existía diferencia significativa; lo cual indica que el número de plantas por parcela era homogéneo. De acuerdo a la baja densidad de población podemos inferir que el rendimiento se vió disminuido, debido a que el rendimiento de un cultivo está en función de la densidad de población o el número de plantas que se tengan, por lo cual es de esperarse que con un bajo número de plantas se tengan bajos rendimientos.

El ataque de plagas, como el gusano elotero (Heliothis zea), el cual provocó un daño al cultivo afectando las partes apicales de las mazorcas, siendo éste daño ligero, pero en conjunto con los demás factores antes mencionados, se puede considerar como un factor que limitó el rendimiento.

Otra de las plagas que se presentó, fué el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), el cual se controló con la aplicación de volatón granulado, observándose después en el cultivo quemaduras en las hojas probablemente debido a la aplicación de una dosis alta, éstas quemaduras pudieron influir en que se redujera el área de absorción de la solución con micronutriente durante las aplicaciones foliares, ya que el tejido de las hojas que presentaba quemaduras no realizaba

ninguna función debido a que es tejido muerto y la solución - asperjada en ésta zona no es absorbida.

Se realizó un análisis gráfico con la finalidad de estudiar el comportamiento de las variables: rendimiento de grano, rendimiento de materia verde y rendimiento en materia seca, - con las dosis de nitrógeno y fósforo probadas en presencia y - ausencia de micronutrientes.

Los resultados de éste análisis gráfico se muestran en - las figuras 2 a la 7.

En la figura No. 2, se puede observar que el máximo rendimiento de grano se logró con la aplicación de 50 Kg/ha. de nitrógeno, siendo de 1.659 Ton/ha. en ausencia de micronutrientes; en presencia de micronutrientes el mayor rendimiento de grano fué de 1.410 Ton/ha. con la dosis de 0 Kg/ha. de nitrógeno.

Como se puede apreciar en la figura No. 3, en ausencia - de micronutrientes se obtuvo el máximo rendimiento de grano - (1.715 Ton/ha.) con la dosis de 120 Kg/ha. de fósforo. En presencia de micronutrientes se observa que el máximo rendimiento de grano fué de 1.410 Ton/ha. con dosis de 80 Kg/ha. de fósforo.

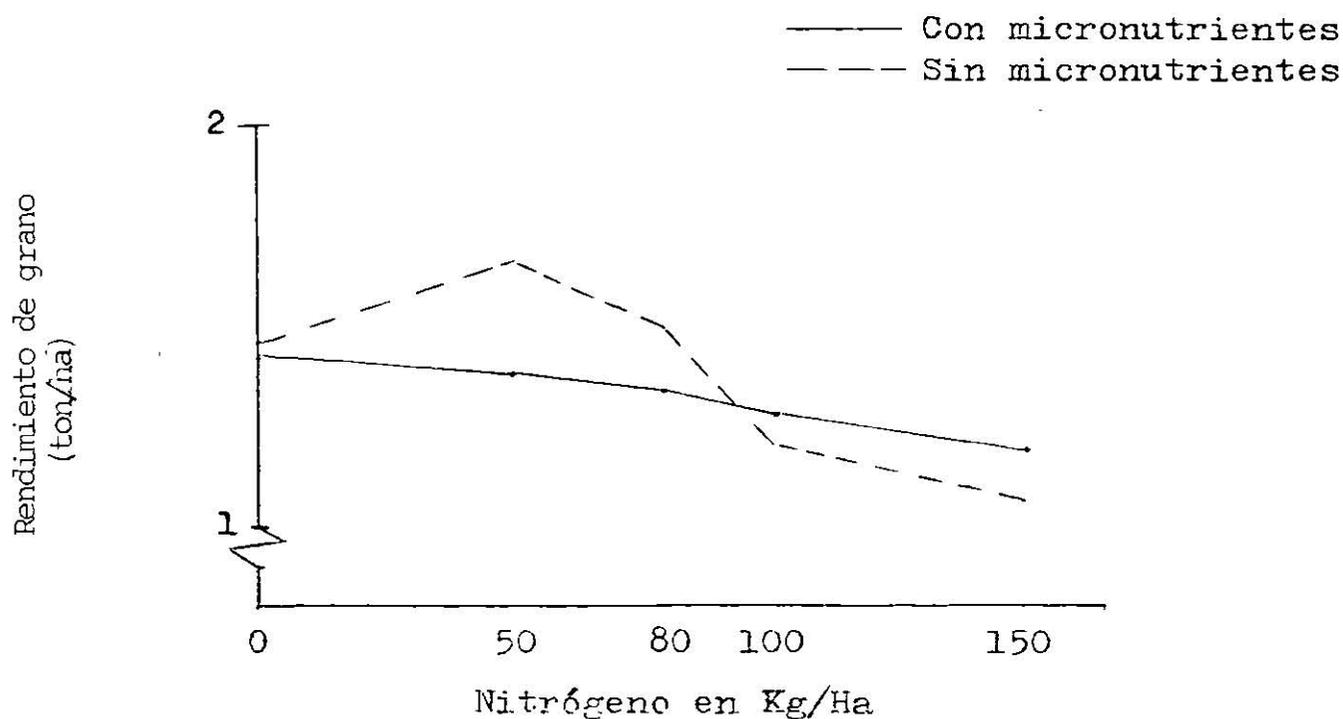


Figura 2. Comportamiento gráfico del rendimiento en grano--- con respecto a los niveles de nitrógeno en presencia y ausencia de micronutrientes.

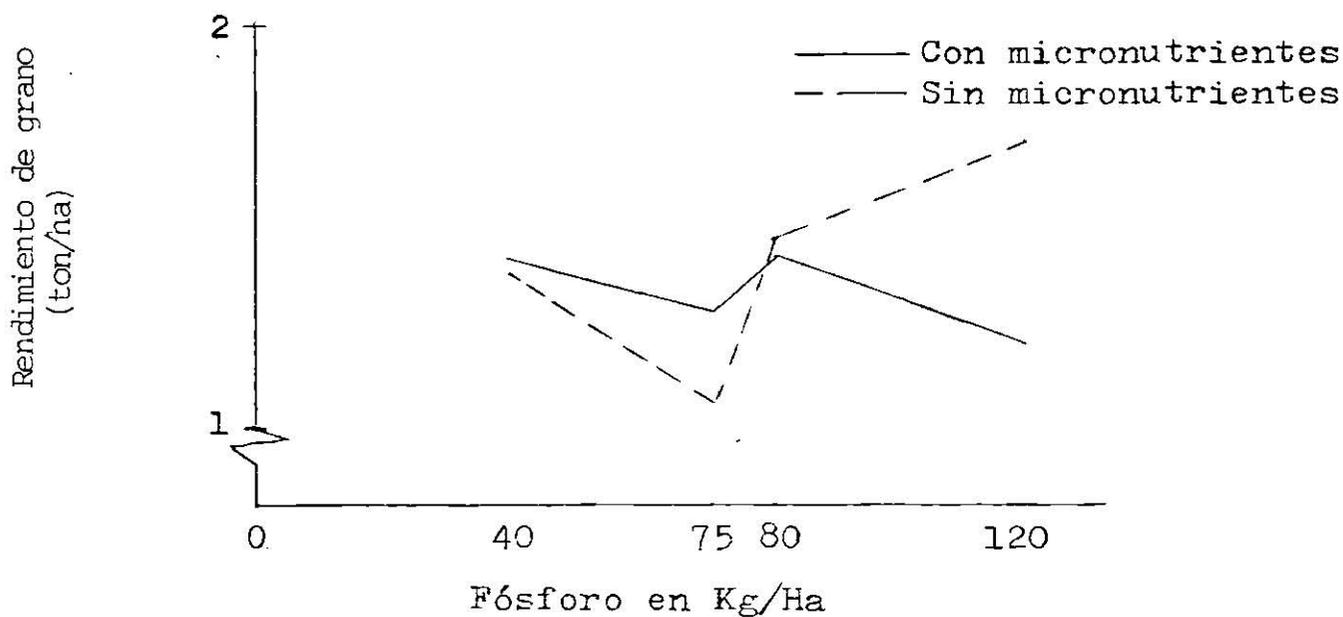


Figura 3. Comportamiento gráfico del rendimiento en grano--- con respecto a los niveles de fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes.

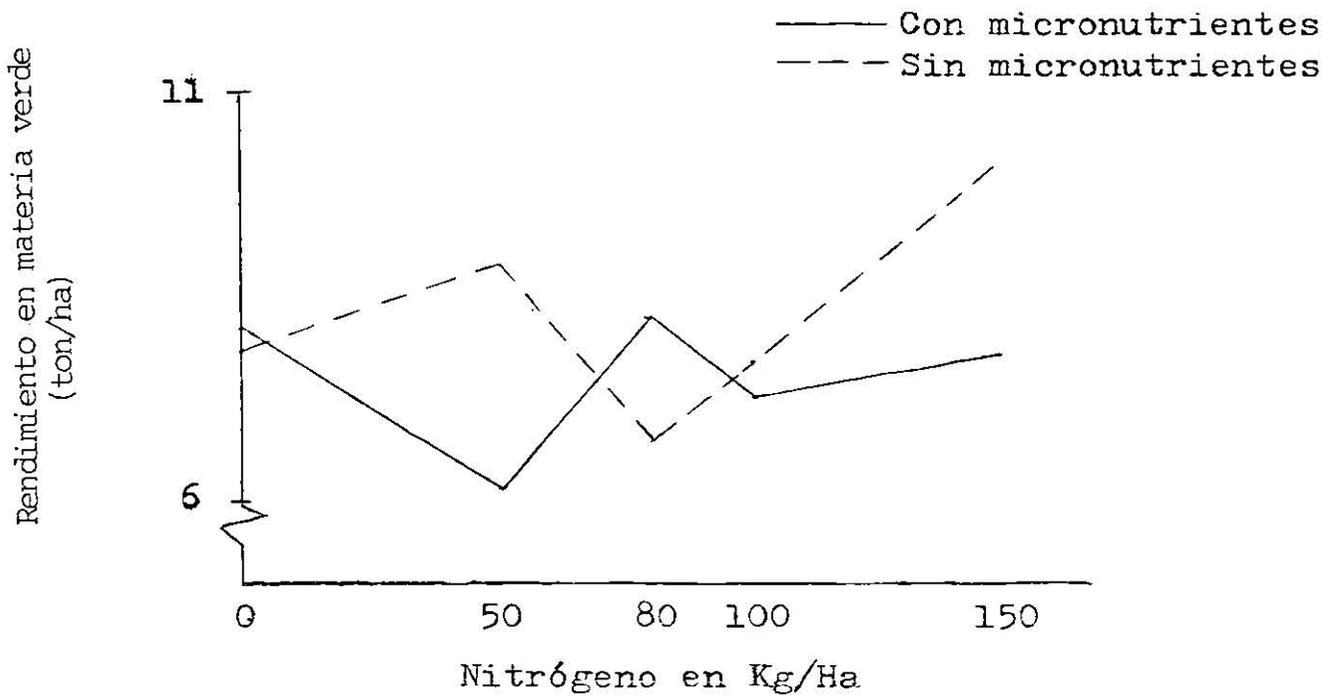


Figura 4. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia-verde con respecto a los niveles de nitrógeno en presencia y ausencia de micronutrientes.

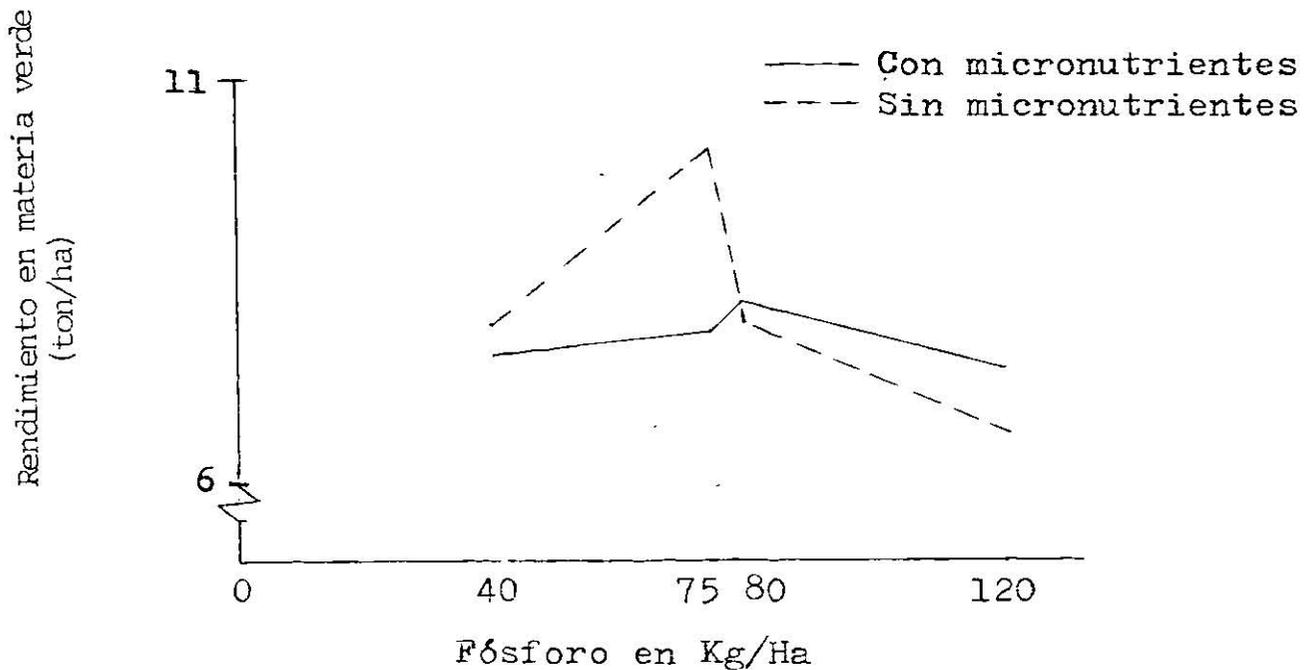


Figura 5. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia-verde con respecto a los niveles de fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes.

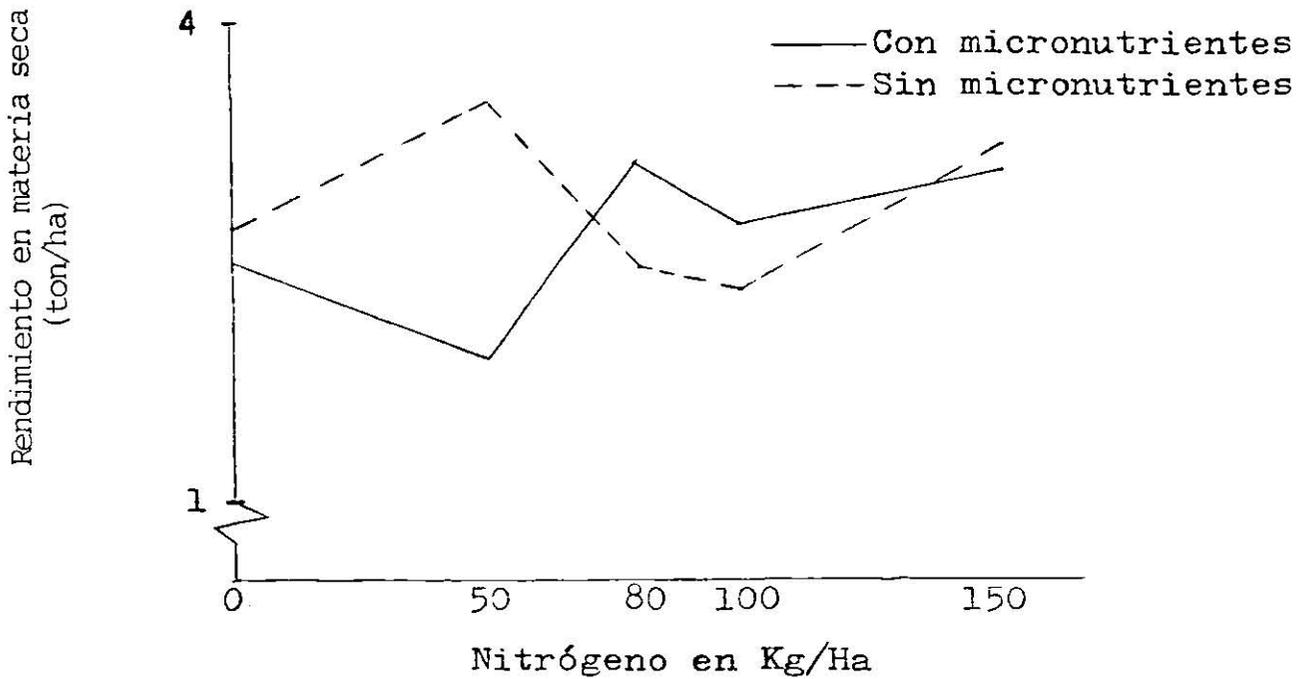


Figura 6. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia--seca con respecto a los niveles de nitrógeno en pre--sencia y ausencia de micronutrientes.

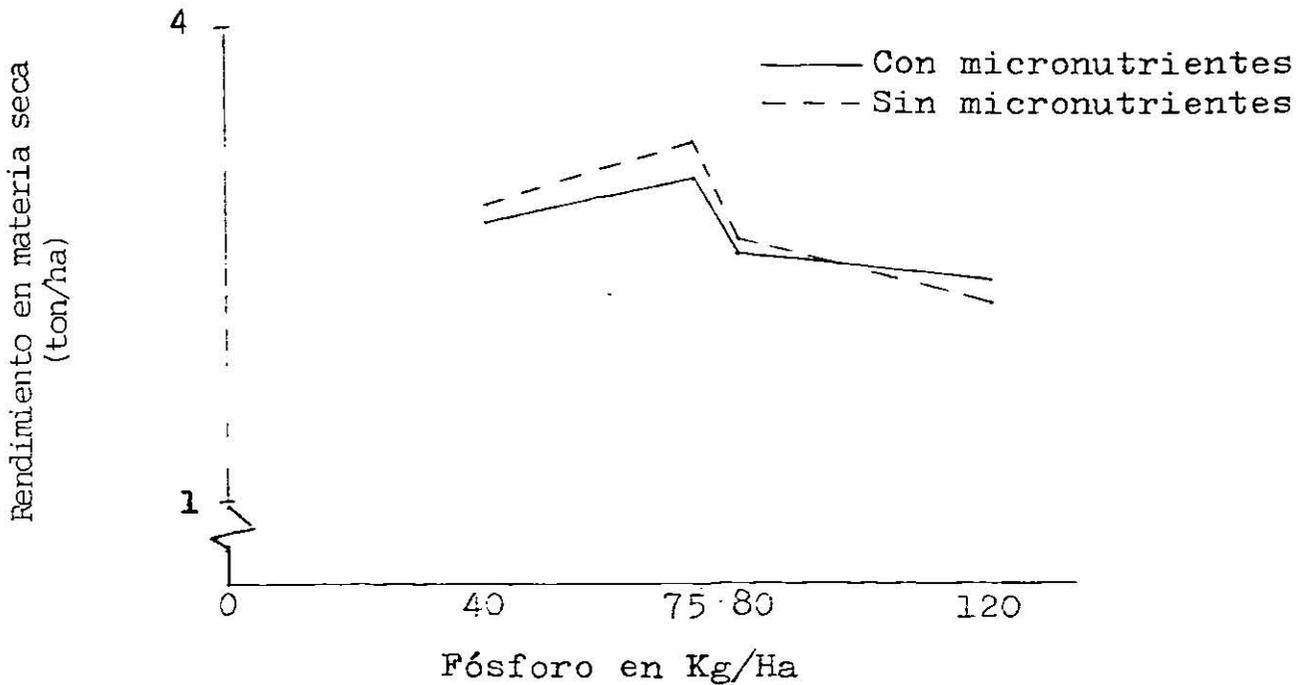


Figura 7. Comportamiento gráfico del rendimiento en materia--seca con respecto a los niveles de fósforo en pre--sencia y ausencia de micronutrientes.

Se observa en la figura No. 4, que el mejor rendimiento en materia verde se presentó con aplicaciones de 150 Kg/ha. de nitrógeno en ausencia de micronutrientes siendo de 10.208 Ton/ha., mientras que en presencia de micronutrientes el mejor rendimiento de materia verde fué de 8.349 Ton/ha. con la dosis de 80 Kg/ha. de nitrógeno.

En la figura No. 5, se muestra que la dosis de 75 Kg/ha. de fósforo presentó el máximo rendimiento de materia verde -- con 10.208 Ton/ha. en ausencia de micronutrientes. Por otra-- parte, en presencia de micronutrientes la mejor dosis fué de 80 Kg/ha. de fósforo produciendo un rendimiento en materia -- verde de 8.208 Ton/ha.

Como se presenta en la figura No. 6, el mejor rendimiento en materia seca fué de 3.625 Ton/ha. con la dosis de 50 -- kilogramos por hectárea de nitrógeno en ausencia de micronu-- trientes; ya que en presencia de micronutrientes el mejor ren dimiento (3.076 Ton/ha.), se obtuvo con la dosis de nitrógeno de 80 kg/ha.

Se muestra en la figura No. 7, que el máximo rendimiento de materia seca se obtuvo con la dosis de 75 kg/ha. de fósforo, tanto en presencia como en ausencia de micronutrientes, -

siendo estos rendimientos de 3.028 Ton/ha. y 3.222 Ton/ha. -- respectivamente.

Los resultados expuestos anteriormente no mostraron diferencia significativa, sin embargo, se observa que los valores máximos en cuanto a rendimiento se presentaron en ausencia de micronutrientes. Debido probablemente a que el producto había caducado o parte de los elementos se encontraban precipitados, por lo cual la absorción pudo ser reducida y tal vez las cantidades absorbidas de estos micronutrientes no fueron suficientes para que en combinación con las dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo incrementaran el contenido nutricional del cultivo y así manifestaran diferencias significativas en los rendimientos.

Con la finalidad de estimar la posible respuesta de la fertilización aplicada al cultivo y determinar si los nutrientes aplicados fueron absorbidos satisfactoriamente por las -- plantas, se procedió a realizar un análisis foliar para los -- contenidos de nitrógeno, fósforo, hierro, zinc y manganeso en la materia seca.

Se analizó el contenido de nitrógeno en la materia seca -- encontrándose diferencia significativa en la interacción dosis aplicadas con la presencia o ausencia de micronutrientes,

lo cual indica que las cantidades de nitrógeno tomadas por las plantas son diferentes. Los resultados obtenidos y el análisis de varianza se muestran en las tablas 28 y 29 del apéndice.

Debido a que los contenidos de nitrógeno en la materia seca mostraron diferencia significativa, se procedió a realizar comparación de medias por el método Duncan, la cual se muestra en la tabla No. 5.

Tabla 5. Comparación de medias para la variable contenido de nitrógeno foliar en ppm, según técnica Nessler.

| Tratamiento | <u>Con micronutrientes</u> | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|
| | media ppm. | $\alpha = 0.05$ |
| 80-40-00 | 3425.00 | |
| 80-120-00 | 2987.50 | |
| 00-80-00 | 2712.50 | |
| 150-75-00 | 2037.50 | |
| 100-40-00 | 1937.50 | |
| 50-40-00 | 1925.00 | |
| | <u>Sin micronutrientes</u> | |
| 50-40-00 | 4675.00 | |
| 00-80-00 | 3237.50 | |
| 100-40-00 | 3150.00 | |
| 80-40-00 | 2876.00 | |
| 80-120-00 | 2325.50 | |
| 150-75-00 | 1862.50 | |
| Duncan * | valor mínimo significativo = 1657 | |

Al realizar la prueba de medias de los contenidos de nitrógeno en la materia seca, se determinó que el más alto nivel de nitrógeno absorbido fué 4675 ppm, correspondiendo a la dosis de 50-40-00 siendo estadísticamente igual a la dosis de 00-80-00 y 100-40-00 presentándose en ausencia de micronutrientes. Mientras que donde se aplicaron micronutrientes las cantidades absorbidas de nitrógeno en la materia seca no mostraron diferencia significativa.

Debido a ésto se procedió a estudiar la correlación entre el nitrógeno foliar y los contenidos de fierro, zinc y manganeso presentes en la materia seca, resultando una relación de $r = 0.3171$, $r = -0.0676$ y $r = 0.0148$ respectivamente, siendo no significativas. Lo que indica que la absorción de nitrógeno contenido en la materia seca no se vió influenciado por la presencia de micronutrientes en el cultivo. Probablemente debido a que el contenido de micronutrientes no era el suficiente, tal vez porque el producto había caducado o algunos elementos estaban precipitados, por lo cual la absorción fué reducida.

Se analizó el contenido de fósforo en la materia seca, encontrándose que no existía diferencia significativa en cuanto a las cantidades absorbidas de éste elemento. Lo que mues-

tra que las cantidades de fósforo tomadas por las plantas son iguales en todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos y el análisis de varianza correspondiente se incluye en el apéndice, en las tablas 30 y 31.

La posible causa de que las cantidades absorbidas de fósforo no mostraran diferencia significativa pudo ser debido a la formación de compuestos con el calcio en el suelo, los cuales se precipitan.

En las tablas 32, 34 y 36 del apéndice se presentan los contenidos de fierro, zinc y manganeso en la materia seca, los cuales se sometieron a un análisis de varianza, no encontrándose diferencia significativa; indicando con ésto que las cantidades absorbidas por las plantas son iguales. Los análisis de varianza antes mencionados se muestran en las tablas 33, 35 y 37 del apéndice.

Con la finalidad de estudiar las posibles causas por las cuales no se encontró diferencia significativa en el análisis expuesto anteriormente se procedió a estudiar la correlación de las dosis aplicadas de fierro, zinc y manganeso, con las cantidades absorbidas de estos elementos presentes en la materia seca, encontrándose una relación de $r = 0.0687$, $r = 0.141$

y $r = 0.1663$ respectivamente, siendo no significativas. Lo cual indica que la fertilización foliar no fué totalmente eficiente, debido tal vez, a algunas causas como las mencionadas anteriormente, ya sea por caducación del producto, reducción del área de absorción de la solución micronutriente, por quemaduras en las hojas o por la interacción entre los elementos aplicados, entre ellos el contenido de fósforo foliar y el contenido de fierro, zinc y manganeso en la materia seca, ya que el fósforo es el elemento que interactúa más con los micronutrientes probados.

Con el propósito de determinar si el contenido de fósforo foliar influyó en el contenido de los micronutrientes aplicados presentes en la materia seca se estudió la correlación entre éstos elementos.

Los resultados expuestos por la correlación realizada muestran que a medida que aumenta el contenido de fósforo en la planta disminuye la presencia de fierro ($r = -0.2166$) y aumenta la presencia de zinc ($r = 0.0558$), éstos resultados fueron no significativos, excepto para manganeso, el cual fué significativo ($r = -0.2535$) mostrando que a medida que aumenta el contenido de fósforo en la planta disminuye la presencia de manganeso en la misma. De acuerdo a como menciona Hain

tze (1966) citado por Enriquez (1980), el fósforo interfiere en la traslocación del manganeso hacia la parte aérea de la planta, precipitándolo dentro de las raíces.

Existe una relación ($r = - 0.6332$), altamente significativa entre el fierro y el zinc contenidos en la materia seca; lo cual indica que a mayor contenido de fierro en la planta disminuye la presencia de zinc, siendo la posible causa de que el zinc no mostrara diferencia significativa. Debido a como menciona Adriano et al (1971), citados por Villarroel (1979), que el fierro y el zinc son mutuamente antagónicos e interactúan más marcadamente que otros micronutrientes, el efecto antagónico puede explicar porqué a altos y bajos niveles retrasa el crecimiento. También pudo ocurrir según Ortega (1978), citado por Villarroel (1979), el cual indica que éstos elementos compiten entre sí por agentes quelatantes en algunas reacciones de precipitación.

La posible causa de que el contenido de fierro en la materia seca no mostrara significancia pudo ser debido a que la planta limitó su absorción por encontrarse en forma férrica, siendo que la planta absorbe el fierro principalmente como ión ferroso que es la forma activa metabólicamente en las plantas. (20).

Para evaluar el contenido nutricional del suelo después de la cosecha se realizaron análisis de varianza para los contenidos de nitrógeno, fósforo, fierro y zinc en el suelo. Estos análisis no mostraron diferencia significativa en parcela grande ni para tratamientos, unicamente se encontró diferencia significativa en repeticiones para los contenidos de fósforo y fierro en el suelo.

Con respecto al fósforo se observó que el análisis de varianza para el contenido de éste elemento en el suelo antes de la siembra, mostró diferencia significativa en repeticiones variando entre 33 y 64 ppm. en la repetición 2 y 1 respectivamente. A comparación del contenido de fósforo después de la cosecha, el cual varió de 40 y 66 ppm en la repetición 1 y 3. Mostrando a nivel general que éste contenido variable en repeticiones se incrementó en el suelo después de la cosecha, lo cual indica que la fertilización fosforada tuvo efecto residual en el suelo.

En cambio, para el contenido de fierro en el suelo después de la cosecha el cual presentó 0.00 ppm. en la repetición 2 y 6.0 ppm. en la repetición 4. Debido a que no se encontró diferencia significativa en repeticiones antes de la siembra para el contenido de fierro, ésta diferencia mostrada

puede asumirse a una contaminación durante las aplicaciones foliares.

Los resultados obtenidos así como los análisis de varianza respectivos se muestran en las tablas 38 a la 45 del apéndice.

Se analizó el contenido de manganeso en el suelo después de la cosecha, encontrándose diferencia altamente significativa entre parcelas grandes fluctuando entre 3 y 4 ppm. También se encontró diferencia altamente significativa entre repeticiones variando de 3 ppm. en la repetición 3 y 4 ppm. en la repetición 4. Esto muestra que el contenido de manganeso en parcelas grandes era variable, debido probablemente a que la fertilización nitrogenada propició un medio ácido en el suelo, en el cual la cantidad de manganeso extractable aumentó reflejándose en parcelas grandes.

Los resultados obtenidos así como el análisis de varianza se muestran en el apéndice en las tablas 46 y 47.

Con respecto a la conductividad eléctrica, los valores obtenidos antes de la siembra 1.6 mmhos/cm^2 y después de la cosecha 2.23 mmhos/cm^2 son clasificados como no salinos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Los rendimientos de grano, materia verde y materia seca no presentaron diferencia significativa a la aplicación de los tratamientos de fertilización nitrogenada y fosforada en presencia y ausencia de micronutrientes.

El rendimiento del cultivo probablemente fué afectado--- por la baja densidad de población obtenida en el experimento, debido también a otros factores como el ataque de plagas y reducción del área de absorción a la aplicación foliar, por presentarse quemaduras en las hojas. Todo és to en conjunto influyó en forma determinante en el efecto de los tratamiéntos.

2.- El análisis estadístico para el contenido de fósforo foliar no mostró diferencia significativa, probablemente-- debido a la pérdida de éste elemento por la formación de compuestos con el calcio en el suelo, los cuales se precipitan.

3.- El análisis foliar para los contenidos de fierro, zinc y manganeso no mostró diferencia significativa, probable-- mente debido a la caducación o precipitación de algunos-

elementos en el producto, lo cual pudo haber influido en que se redujera la absorción de estos micronutrientes; o tal vez ocurrieron interacciones entre los mismos elementos aplicados.

- 4.- El análisis estadístico realizado para el contenido de nitrógeno foliar, presentó diferencia significativa en la interacción dosis aplicadas con la presencia o ausencia de micronutrientes, presentándose la mejor media en ausencia de micronutrientes con 4675 ppm. Mientras que en presencia de micronutrientes no existió diferencia entre las medias obtenidas.
- 5.- Se recomienda probar fuentes nitrogenadas que tiendan a acidificar el suelo y sean de liberación lenta, ya que las condiciones de suelo en ésta zona estimulan las pérdidas de nitrógeno por volatilización.
- 6.- Se recomienda la aplicación de los elementos micronutrientes por separado para evitar posibles alteraciones ya sea por caducación o precipitación de los elementos.

RESUMEN

Considerando que la mayoría de los suelos de la región son bajos en nitrógeno y medios en fósforo, presentándose -- también algunas deficiencias de micronutrientes los cuales -- también son esenciales para el cultivo aún y cuando se re -- quieren en cantidades muy pequeñas. Por ésta razón se reali -- zó el siguiente experimento en el ciclo primavera-verano de -- 1985, en el campo agrícola experimental de la Facultad de -- Agronomía de la U.A.N.L., localizado en el municipio de Ma -- rín, N.L.

El experimento consistió en estudiar el efecto de va -- rias dosis de fertilizante nitrogenado y fosforado en presen -- cia y ausencia de fierro, zinc y manganeso foliar.

El diseño experimental empleado fué el de bloques al -- azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticio -- nes. Se probaron cinco niveles de nitrógeno (00, 50, 80, 100 y 150 Kg/ha.) y cuatro niveles de fósforo (40, 75, 80, y 120 Kg/ha.) para micronutrientes se aplicó una dosis fija de un -- producto comercial (fenziquel) a razón de un litro en 100 -- litros de agua/ha.

A la parcela grande se le asignó la presencia y ausen -- cia de micronutrientes, mientras que a la parcela chica se -- le asignaron las diferentes dosis de macronutrientes.

La semilla utilizada para la siembra fué el maíz H-412 con un 85 % de germinación.

Para la fertilización se utilizó urea (46 % de nitrógeno) como fuente de nitrógeno y como fuente de fósforo se empleó el superfosfato de calcio triple (46 % de P_2O_5), en el caso de micronutrientes se utilizó un producto comercial --- (fenziquel), que contiene 1.9 % de fierro metálico, 1.2 % de zinc metálico, 0.3 % de manganeso metálico, 0.03 % de boro y 0.4 gr/lto de fitohormona. Recomendandose una dosis de 1 litro por 100 litros de agua/Ha.

A partir de la fecha de floración se realizaron tres aplicaciones en forma foliar con un intervalo de separación-- de una semana. El fertilizante nitrogenado se aplicó la tercera parte al momento de la siembra y las otras dos terceras partes al primer aporque, el fósforo se aplicó todo inmediatamente al momento de la siembra.

Para evaluar el efecto de los tratamientos probados se-- procedió a la toma de algunas variables agronómicas antes de realizar la cosecha las cuales fueron: número de plantas por parcela útil, número de plantas totales por parcela, altura de planta, rendimiento en materia verde, rendimiento en materia seca y rendimiento en grano. Para todas estas variables-- no se encontró diferencia significativa; lo cual indica que las dosis probadas no tuvieron efecto sobre las variables estudiadas.

No se encontró diferencia significativa en las variables agronómicas elegidas, probablemente debido a que el rango o intervalo entre las dosis aplicadas fué muy estrecho para que estas manifestaran diferencias significativas en el rendimiento.

Otras de las posibles causas que afectaron el rendimiento del cultivo probablemente fueron la baja densidad de población obtenida en el experimento, el ataque de plagas como el gusano elotero (Heliothis zea) el cual provocó un ligero daño al cultivo afectando las partes apicales de las mazorcas. También se puede considerar que existió una reducida absorción de los nutrientes aplicados foliarmente, probablemente debido a que el producto había caducado o algunos elementos se precipitaron.

Con la finalidad de determinar el contenido nutricional del cultivo se realizó un análisis foliar, encontrándose que para el contenido de fósforo, fierro, zinc y manganeso no existió diferencia significativa, lo cual indica que las cantidades de estos elementos tomadas por las plantas son iguales. En cambio para el contenido de nitrógeno en la materia seca se encontró diferencia significativa en las dosis probadas con la presencia o ausencia de micronutrientes, presentándose la mejor media en ausencia de micronutrientes con 4675 ppm.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agronomic Amaco # 1. 1977. Los microelementos y el pH --
Agricultura de las Américas. 6 : 46.
- 2.- Aguirre Cossio, J.E. 1982. Manual de prácticas de campo-
y laboratorio para análisis de suelo. F.A.U.A.N.L.
- 3.- Aldrich, S.R. y Long, E.R. 1974. Producción moderna del-
maíz. Editorial Hemisferio-Sur. Buenos Aires Argent
tina. pp. 261-262.
- 4.- Bear, F.E. 1969. Los suelos en relación con el crecimient
to de los cultivos. Ediciones Omega S.A. Barcelona
España. pp. 294-298.
- 5.- Black, C.A. 1975. Relaciones suelo-planta. Primera edi--
ción, Tomo II. Editorial Hemisferio-Sur. Buenos Ait
res Argentina. pp. 445-446.
- 6.- Black, C.A., et al. 1979. Methods of soil analysis. Part
2 Chemical and microbiological properties. Number-
9 in the series Agronomy American Society of Agro-
nomy INC, Publisher, Madison Wisconsin U.S.A. p.--
1291.
- 7.- Bowen, E.J. 1981. Hierro: Elemento vital para las plan--
tas y animales. Agricultura de las Américas. 2(30)
: 14-16, 3 : 36-41.

- 8.- Bowen, E.J. y Kratky, B.A. 1983. Microelementos: Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las Américas. 6 (36) : 6-11.
- 9.- Bowen, E.J. 1985. Funciones fisiológicas de los 16 elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Agricultura de las Américas. 8 (34) : 6-10.
- 10.- Buckman, O.H. y Brady, C.N. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Texto de edafología para enseñanza. Editorial Montaner y Simon, S.A. Barcelona España. pp. 476-478, 480, 481, 483, 487.
- 11.- Diaz del Pino, A. 1964. El maíz: cultivo, fertilización y cosecha. Editorial B. Trucco. México, D.F. pp. 240-241.
- 12.- Diaz Romeu, R y Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo, tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba Costa Rica. CATIE (Mimeo). p. 68.
- 13.- Dickman, S.R. y Bray, R.H. 1940. Colorimetric determination of Phosphate. Ind. eng. Chem., Anal. Ed. 12. pp. 665-668.
- 14.- Enriquez Reyes, S.A. 1980. Efecto de la relación Fe/Mn sobre sintomatología, contenidos nutrimentales, -

de la clorofila, de SAAL, catalaza y peroxidaza--
en la vid (vitis vinifera) c.v. Malga roja. Tesis
de maestria. Chapingo, México.

- 15.- Espinoza Garza, A.E. 1985. Determinación de la dosis óp-
tima económica nitrogenada y fosforada para maíz-
(Zea mays) de riego, en la zona de Cadereyta Jimé-
nez, N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 16.- Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos. Instituto in-
teramericano de ciencias agrícolas. Turrialba Cos-
ta Rica. pp. 304, 306-308, 362, 364, 367, 372.
- 17.- Gutierrez de la Rosa, F.J. 1984. Estudio de niveles de-
fertilización nitrogenada, utilizando tres fuen-
tes en el cultivo de maíz. En el municipio de Ma-
rín N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 18.- Jacob, A. y Vexkull, H.V. 1973. Fertilización, nutri-
ción y abonado de los cultivos tropicales y sub-
tropicales. Cuarta edición. Ediciones Euroamerica-
nas. México. pp. 47-49.
- 19.- Lees, P. 1980. El cobre: Indispensable para la vida. --
Agricultura de las Américas. 12 (29) : 52-54.
- 20.- López Ritas, J. y López Melida, J. 1978. El diagnóstico
de suelos y plantas. Metodología de campo y labo-
ratorio. Tercera edición. Editorial Mundi-prensa.

Madrid España. pp. 27, 33-34, 254-258.

- 21.- Mora Castillo, M.A. 1982. Niveles de fertilización nitrógenada y tiempos de aplicación en el cultivo de maíz de riego, en el Municipio de Marín, N.L.- Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 22.- Nolazco Meza, D.C. 1982. Efecto de la fertilización nitrógenada y fosforada en el cultivo de maíz, en la zona de Marín, N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 23.- Sandoval Acosta, D. 1981. Respuesta del trigo (Triticum aestivum) a diferentes programas de riego en el área de influencia de Marín, N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 24.- Tamhane, R.V., Motiramani, D.P. y Bali, V.P. 1978. Suelos, su química y su fertilidad en zonas tropicales. Primera edición. Editorial Diana. México. -- pp. 199-200, 214-216, 286-289, 292-295, 299-303.
- 25.- Teuscher, H. y Rudolph, A. 1969. El suelo y su fertilidad. Primera edición. Editorial CECSA. México. -- pp. 292-293, 410.
- 26.- Thompson, L.M. 1962. El suelo y su fertilidad. Editorial Reverte, S.A. pp. 303-304, 306-308.

- 27.- Thorne, D.W. y Peterson, H.B. 1977. Técnica de riego,-- fertilidad y explotación de los suelos. Segunda-- edición. Editorial CECSA. México. pp. 101, 344 -- 347.
- 28.- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Primera edición. Unión Tipográfica Hispanoamericana. México. pp. 80-85, 101-109,- 127-130, 165, 167, 169-170, 212-216, 220, 223, -- 227-228, 347, 349-354, 357-360, 365-367.
- 29.- Torres Garfio, M.A. 1982. estudio de la respuesta a las dosis de fertilización nitrogenada y fosforada en maíz (Zea mays L.) de la variedad liebre en General Terán, N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, --- U.A.N.L.
- 30.- Villarroel Almaraz, J.M. 1979. Respuesta del maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol de vacuno, Zn, Mn y Fe. En suelos de Cd. Serdán, Puebla. Bajo condiciones de campo e invernadero. -- Tesis de maestría. Chapingo, México.

APENDICE

Tabla 6. Concentración de datos de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo antes de la siembra en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 55.00 | 51.60 | 62.50 | 63.50 | 58.15 |
| 50-40-00 | 51.00 | 61.80 | 62.00 | 54.50 | 57.32 |
| 100-40-00 | 59.60 | 56.10 | 56.80 | 49.10 | 55.40 |
| 80-40-00 | 71.00 | 67.50 | 48.55 | 66.00 | 63.26 |
| 80-120-00 | 66.60 | 67.40 | 61.10 | 49.10 | 61.05 |
| 00-80-00 | 57.50 | 58.90 | 51.80 | 50.62 | 54.70 |
| \bar{X} | 60.11 | 60.55 | 57.12 | 55.47 | 58.31 |

Tabla 7. Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo antes de la siembra en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|----------|---------|-------------|
| Repetición | 3 | 213.017 | 71.006 | 0.528 NS |
| A | 1 | 196.588 | 196.588 | 1.46 NS |
| Error(a) | 3 | 403.179 | 134.393 | |
| B | 5 | 435.957 | 87.191 | 0.989 NS |
| AB | 5 | 316.467 | 63.293 | 0.718 NS |
| Error(b) | 30 | 2642.799 | 88.09 | |
| Total | 47 | 4208.006 | 89.532 | |

A = Parcela grande

B = Parcela chica

NS = No significativo

C.V.(a)= 8.11

C.V.(b)= 16.10

Tabla 8. Concentración de datos de la variable contenido de hierro en el suelo antes de la siembra en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50-40-00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.125 |
| 100-40-00 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | 0.00 | 0.375 |
| 80-40-00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 80-120-00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 00-80-00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.375 |
| \bar{X} | 0.00 | 0.166 | 0.416 | 0.00 | 0.145 |

Tabla 9. Análisis de varianza de la variable contenido de hierro en el suelo antes de la siembra, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|--------|-------|-------------|
| Repetición | 3 | 1.396 | 0.465 | 0.625 NS |
| A | 1 | 0.187 | 0.187 | 0.251 NS |
| Error(a) | 3 | 2.229 | 0.743 | |
| B | 5 | 1.354 | 0.271 | 1.06 NS |
| AB | 5 | 1.187 | 0.273 | 0.933 NS |
| Error(b) | 30 | 7.625 | 0.254 | |
| Total | 47 | 13.979 | 0.297 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 242.70

B = Parcela chica

C.V.(b)= 347.60

NS = No significativo

Tabla 10. Concentración de datos de la variable contenido de zinc en el suelo antes de la siembra en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 0.95 | 0.55 | 1.25 | 0.80 | 0.89 |
| 50-40-00 | 0.45 | 0.40 | 1.10 | 6.25 | 2.05 |
| 100-40-00 | 0.80 | 1.00 | 0.30 | 2.25 | 1.09 |
| 80-40-00 | 1.00 | 1.00 | 4.00 | 0.75 | 1.69 |
| 80-120-00 | 3.85 | 3.60 | 8.40 | 0.98 | 4.21 |
| 00-80-00 | 0.30 | 0.30 | 0.80 | 0.70 | 0.53 |
| \bar{X} | 1.22 | 1.14 | 2.64 | 1.95 | 1.74 |

Tabla 11. Análisis de varianza de la variable contenido de zinc en el suelo antes de la siembra, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl. | SC | CM | F calculada |
|------------|-----|---------|--------|-------------|
| Repetición | 3 | 17.785 | 5.928 | 0.670 NS |
| A | 1 | 7.015 | 7.015 | 0.795 NS |
| Error(a) | 3 | 26.443 | 8.814 | |
| B | 5 | 70.624 | 14.096 | 2.15 NS |
| AB | 5 | 71.624 | 14.325 | 2.18 NS |
| Error(b) | 30 | 196.377 | 6.546 | |
| Total | 47 | 389.723 | 8.292 | |

A = Parcela grande
 E = Parcela chica
 NS = No significativo

C.V.(a) = 69.65
 C.V.(b) = 147.09

Tabla 12. Concentración de datos de la variable contenido de fósforo en el suelo antes de la siembra en ppm, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 49.25 | 37.25 | 55.75 | 64.75 | 51.81 |
| 50-40-00 | 55.00 | 36.68 | 58.03 | 56.15 | 51.51 |
| 100-40-00 | 61.25 | 36.68 | 77.00 | 63.38 | 59.62 |
| 80-40-00 | 57.50 | 41.63 | 53.75 | 75.13 | 57.00 |
| 80-120-00 | 55.38 | 41.75 | 94.38 | 70.13 | 65.41 |
| 00-80-00 | 61.25 | 46.13 | 59.38 | 64.63 | 57.85 |
| \bar{X} | 56.60 | 40.13 | 66.38 | 65.69 | 57.20 |

Tabla 13. Análisis de varianza de la variable contenido de fósforo en el suelo antes de la siembra, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|-----------|----------|-------------|
| Repetición | 3 | 5379.314 | 1793.105 | 18.03 * |
| A | 1 | 739.470 | 739.470 | 7.43 NS |
| Error(a) | 3 | 298.190 | 99.397 | |
| B | 5 | 1080.403 | 216.081 | 1.68 NS |
| AB | 5 | 265.034 | 53.007 | 0.41 NS |
| Error(b) | 30 | 3844.831 | 128.161 | |
| Total | 47 | 11607.244 | 246.963 | |

A = Parcela grande

B = Parcela chica

* = Diferencia significativa

NS = No significativo

C.V.(a)= 7.11

C.V.(b)= 19.79

Tabla 14. Concentración de datos de la variable contenido de manganeso en el suelo antes de la siembra en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 4.37 | 2.55 | 7.95 | 5.90 | 5.19 |
| 50-40-00 | 4.25 | 3.45 | 4.85 | 4.59 | 4.28 |
| 100-40-00 | 4.15 | 3.00 | 4.45 | 5.45 | 4.26 |
| 80-40-00 | 4.88 | 3.30 | 5.35 | 5.95 | 4.62 |
| 80-120-00 | 5.00 | 1.85 | 7.70 | 5.60 | 5.04 |
| 00-80-00 | 3.70 | 2.30 | 5.27 | 5.55 | 4.20 |
| \bar{X} | 4.22 | 2.74 | 5.93 | 5.51 | 4.60 |

Tabla 15. Análisis de varianza de la variable contenido de manganeso en el suelo antes de la siembra, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|---------|--------|-------------|
| Repetición | 3 | 74.140 | 24.713 | 12.71 * |
| A | 1 | 0.038 | 0.038 | 0.02 NS |
| Error(a) | 3 | 5.833 | 1.944 | |
| B | 5 | 7.316 | 1.463 | 0.77 NS |
| AB | 5 | 6.763 | 1.353 | 0.71 NS |
| Error(b) | 30 | 56.596 | 1.886 | |
| Total | 47 | 150.685 | 3.206 | |

A = Parcela grande

B = Parcela chica

* = Diferencia significativa

NS = No significativo

C.V.(a)= 12.71

C.V.(b)= 29.85

Tabla 16. Concentración de datos de la variable número de — plantas por parcela útil, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y — ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 46.00 | 57.50 | 56.50 | 46.50 | 51.62 |
| 50-40-00 | 40.00 | 43.00 | 56.50 | 55.50 | 48.75 |
| 100-40-00 | 39.50 | 48.50 | 50.50 | 59.50 | 49.50 |
| 80-40-00 | 60.00 | 47.50 | 52.50 | 60.00 | 55.00 |
| 80-120-00 | 39.00 | 44.00 | 47.00 | 58.50 | 47.13 |
| 00-80-00 | 48.50 | 47.50 | 53.00 | 56.50 | 51.38 |
| \bar{X} | 45.50 | 48.00 | 52.67 | 56.08 | 50.56 |

Tabla 17. Concentración de datos de la variable número de -- plantas totales por parcela, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de --- maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|--------|--------|--------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 104.00 | 134.00 | 145.00 | 127.50 | 127.63 |
| 50-40-00 | 95.50 | 126.50 | 132.00 | 128.00 | 120.50 |
| 100-40-00 | 84.00 | 117.50 | 129.00 | 142.50 | 118.25 |
| 80-40-00 | 111.00 | 134.00 | 121.50 | 132.00 | 126.13 |
| 80-120-00 | 95.00 | 114.00 | 121.50 | 125.00 | 113.87 |
| 00-80-00 | 78.00 | 124.00 | 132.50 | 141.50 | 119.00 |
| \bar{X} | 94.59 | 125.00 | 131.25 | 132.75 | 120.89 |

Tabla 18. Concentración de datos de la variable altura de planta (cm), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|--------|--------|--------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 136.50 | 141.50 | 152.50 | 147.00 | 144.38 |
| 50-40-00 | 148.00 | 150.50 | 152.50 | 148.00 | 149.75 |
| 100-40-00 | 132.00 | 131.50 | 149.50 | 155.00 | 142.00 |
| 80-40-00 | 130.00 | 147.50 | 146.00 | 151.50 | 143.75 |
| 80-120-00 | 139.00 | 134.50 | 153.00 | 160.50 | 146.88 |
| 00-80-00 | 142.00 | 140.00 | 150.50 | 159.50 | 148.00 |
| \bar{X} | 137.92 | 140.92 | 150.75 | 153.58 | 145.79 |

Tabla 19. Concentración de datos de la variable rendimiento de materia verde por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 17.29 | 14.08 | 11.25 | 8.53 | 12.79 |
| 50-40-00 | 12.06 | 10.49 | 12.49 | 8.80 | 10.96 |
| 100-40-00 | 10.74 | 11.97 | 10.21 | 10.51 | 10.85 |
| 80-40-00 | 14.66 | 11.43 | 10.05 | 11.20 | 11.83 |
| 80-120-00 | 10.54 | 11.85 | 9.21 | 8.63 | 10.06 |
| 00-80-00 | 12.53 | 10.33 | 12.60 | 11.20 | 11.66 |
| \bar{X} | 12.97 | 11.69 | 10.97 | 9.81 | 11.36 |

Tabla 20. Concentración de datos de la variable rendimiento de materia seca por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 5.880 | 5.630 | 4.305 | 2.170 | 4.496 |
| 50-40-00 | 4.990 | 4.165 | 9.187 | 2.148 | 5.122 |
| 100-40-00 | 3.825 | 4.081 | 3.152 | 3.441 | 3.642 |
| 80-40-00 | 6.600 | 4.778 | 2.713 | 3.932 | 4.505 |
| 80-120-00 | 3.780 | 4.245 | 3.070 | 2.467 | 3.390 |
| 00-80-00 | 3.865 | 2.730 | 4.653 | 3.735 | 3.745 |
| \bar{X} | 4.823 | 4.271 | 4.513 | 2.982 | 4.147 |

Tabla 21. Concentración de datos de la variable rendimiento de grano por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 2.01 | 1.55 | 1.38 | 1.74 | 1.67 |
| 50-40-00 | 2.20 | 2.63 | 1.48 | 2.50 | 2.20 |
| 100-40-00 | 2.15 | 1.82 | 1.22 | 2.13 | 1.83 |
| 80-40-00 | 1.66 | 1.69 | 2.05 | 2.56 | 1.99 |
| 80-120-00 | 2.19 | 2.19 | 2.14 | 2.10 | 2.15 |
| 00-80-00 | 1.89 | 1.64 | 2.08 | 2.54 | 2.04 |
| \bar{X} | 2.02 | 1.92 | 1.72 | 2.26 | 1.98 |

Tabla 22. Análisis de varianza de la variable número de plantas por parcela útil, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|----------|--------|-------------|
| Repetición | 3 | 1032.729 | 344.24 | 1.89 NS |
| A | 1 | 20.21 | 20.021 | 0.11 NS |
| Error(a) | 3 | 544.729 | 181.57 | |
| B | 5 | 300.85 | 60.17 | 0.63 NS |
| AB | 5 | 589.854 | 117.97 | 1.25 NS |
| Error(b) | 30 | 2821.793 | 94.05 | |
| Total | 47 | 5309.980 | 112.98 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 10.88

B = Parcela chica

C.V.(b)= 21.48

NS = No significativo

Tabla 23. Análisis de varianza de la variable número de plantas totales por parcela, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|-----------|----------|-------------|
| Repetición | 3 | 13688.062 | 4562.680 | 5.60 NS |
| A | 1 | 111.021 | 111.021 | 0.13 NS |
| Error(a) | 3 | 2441.288 | 813.762 | |
| B | 5 | 1789.688 | 357.937 | 2.36 NS |
| AB | 5 | 1119.352 | 223.87 | 1.47 NS |
| Error(b) | 30 | 4551.402 | 151.713 | |
| Total | 47 | 23700.813 | 504.272 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 9.63

B = Parcela chica

C.V.(b)= 10.19

NS = No significativo

Tabla 24. Análisis de varianza de la variable altura de planta (cm), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|----------|---------|-------------|
| Repetición | 3 | 2052.91 | 648.30 | 2.38 NS |
| A | 1 | 3.00 | 3.00 | 0.01 NS |
| Error(a) | 3 | 859.33 | 286.44 | |
| B | 5 | 338.167 | 67.633 | 0.54 NS |
| AB | 5 | 461.750 | 92.35 | 0.74 NS |
| Error(b) | 30 | 3740.749 | 124.69 | |
| Total | 47 | 7455.916 | 158.635 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 4.74

B = Parcela chica

C.V.(b)= 7.66

NS = No significativo

Tabla 25. Análisis de varianza de la variable rendimiento de materia verde por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|---------|--------|-------------|
| Repetición | 3 | 63.075 | 21.075 | 3.35 NS |
| A | 1 | 2.482 | 2.482 | 0.39 NS |
| Error(a) | 3 | 18.820 | 6.273 | |
| B | 5 | 35.759 | 7.152 | 0.95 NS |
| AB | 5 | 71.609 | 14.329 | 1.92 NS |
| Error(b) | 30 | 223.858 | 7.462 | |
| Total | 47 | 415.603 | 8.84 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 5.66

B = Parcela chica

C.V.(b)= 24.04

NS = No significativo

Tabla 26. Análisis de varianza de la variable rendimiento de materia seca por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada | |
|------------|----|--------|-------|-------------|----|
| Repetición | 3 | 20.36 | 6.78 | 5.74 | NS |
| A | 1 | 0.11 | 0.11 | 0.09 | NS |
| Error(a) | 3 | 3.55 | 1.18 | | |
| B | 5 | 0.54 | 0.108 | 0.03 | NS |
| AB | 5 | 20.13 | 4.02 | 1.32 | NS |
| Error(b) | 30 | 91.49 | 3.04 | | |
| Total | 47 | 136.18 | 2.89 | | |

A = Parcela grande

C.V.(a) = 10.69

E = Parcela chica

C.V.(b) = 42.04

NS = No significativo

Tabla 27. Análisis de varianza de la variable rendimiento de grano por parcela útil (Kg), en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada | |
|------------|----|--------|-------|-------------|----|
| Repetición | 3 | 1.790 | 0.596 | 0.62 | NS |
| A | 1 | 0.016 | 0.016 | 0.01 | NS |
| Error(a) | 3 | 2.865 | 0.955 | | |
| B | 5 | 1.610 | 0.322 | 1.15 | NS |
| AB | 5 | 1.547 | 0.309 | 1.45 | NS |
| Error(b) | 30 | 6.394 | 0.213 | | |
| Total | 47 | 14.222 | 0.302 | | |

A = Parcela grande

C.V.(a) = 21.10

B = Parcela chica

C.V.(b) = 23.30

NS = No significativo

Tabla 28. Concentración de datos de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en la materia seca en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 1850 | 2275 | 1800 | 1875 | 1950.00 |
| 50-40-00 | 3150 | 3350 | 3225 | 3475 | 3300.00 |
| 100-40-00 | 2800 | 2000 | 1825 | 3550 | 2543.75 |
| 80-40-00 | 1775 | 3825 | 3650 | 3350 | 3150.00 |
| 80-120-00 | 2625 | 2325 | 3025 | 2650 | 2656.25 |
| 00-80-00 | 3575 | 2125 | 4025 | 2175 | 2975.00 |
| \bar{X} | 2629.17 | 2650.00 | 2925.00 | 2845.83 | 2762.50 |

Tabla 29. Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en la materia seca, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada | |
|------------|----|--------------|-------------|-------------|----|
| Repetición | 3 | 765416.687 | 255138.891 | 0.40 | NS |
| A | 1 | 3203332.750 | 3203332.750 | 5.08 | NS |
| Error(a) | 3 | 1888749.750 | 629583.250 | | |
| B | 5 | 9628126.000 | 1925625.250 | 1.46 | NS |
| AB | 5 | 16957290.000 | 3391458.000 | 2.58 | * |
| Error(b) | 30 | 39459582.000 | 1315319.400 | | |
| Total | 47 | 71902496.000 | 1529840.375 | | |

A =Parcela grande

C.V.(a)= 11.72

B =Parcela chica

C.V.(b)= 41.15

* =Diferencia significativa

NS =No significativo

Tabla 30. Concentración de datos de la variable contenido de fósforo en la materia seca en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 2312.50 | 2031.25 | 2593.73 | 2187.50 | 2281.25 |
| 50-40-00 | 1531.25 | 1625.00 | 2687.50 | 1312.50 | 1787.06 |
| 100-40-00 | 2781.25 | 2562.50 | 2375.00 | 1687.50 | 2351.56 |
| 80-40-00 | 2218.75 | 1562.50 | 2562.50 | 1375.00 | 1929.69 |
| 80-120-00 | 4093.75 | 1500.00 | 2781.25 | 1562.50 | 2484.38 |
| 00-80-00 | 1875.00 | 1531.25 | 2062.50 | 1125.00 | 1648.44 |
| \bar{X} | 2468.75 | 1802.08 | 2510.42 | 1541.67 | 2080.73 |

Tabla 31. Análisis de varianza de la variable contenido de fósforo en la materia seca, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo del maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada | |
|------------|----|--------------|-------------|-------------|----|
| Repetición | 3 | 8441080.000 | 2813693.250 | 0.81 | NS |
| A | 1 | 94075.508 | 94075.508 | 0.02 | NS |
| Error(a) | 3 | 10305662.000 | 3435220.750 | | |
| B | 5 | 4569987.000 | 913997.375 | 1.67 | NS |
| AB | 5 | 3741862.250 | 748372.437 | 1.37 | NS |
| Error(b) | 30 | 16362633.500 | 545421.116 | | |
| Total | 47 | 43515300.000 | 925857.437 | | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 36.36

B = Parcela chica

C.V.(b)= 35.49

NS = No significativo

Tabla 32. Concentración de datos de la variable contenido de hierro en el materia seca en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|--------|--------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 60.50 | 44.00 | 60.50 | 106.70 | 67.92 |
| 50-40-00 | 59.40 | 12.10 | 83.60 | 112.20 | 66.83 |
| 100-40-00 | 0.00 | 96.80 | 117.70 | 90.20 | 76.18 |
| 80-40-00 | 0.00 | 80.30 | 84.70 | 116.60 | 70.40 |
| 80-120-00 | 0.00 | 62.70 | 99.00 | 119.35 | 70.26 |
| 00-80-00 | 22.00 | 68.20 | 85.80 | 94.60 | 67.65 |
| \bar{X} | 23.65 | 60.68 | 88.55 | 106.61 | 69.87 |

Tabla 33. Análisis de varianza de la variable contenido de hierro en la materia seca, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo del maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|------------|-----------|-------------|
| Repetición | 3 | 47031.988 | 15677.329 | 3.33 NS |
| A | 1 | 559.650 | 559.650 | 0.12 NS |
| Error(a) | 3 | 14106.063 | 4702.021 | |
| B | 5 | 465.372 | 93.074 | 0.05 NS |
| AB | 5 | 6431.264 | 1286.253 | 0.77 NS |
| Error(b) | 30 | 49925.144 | 1664.171 | |
| Total | 47 | 118519.484 | 2521.691 | |

A = Parcela grande

B = Parcela chica

NS = No significativo

C.V.(a)= 40.06

C.V.(b)= 58.38

Tabla 34. Concentración de datos de la variable contenido de zinc en la materia seca en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 17.96 | 12.32 | 13.09 | 15.53 | 14.73 |
| 50-40-00 | 17.38 | 12.87 | 19.86 | 14.85 | 16.24 |
| 100-40-00 | 12.65 | 19.05 | 18.10 | 14.63 | 16.11 |
| 80-40-00 | 13.22 | 13.20 | 16.61 | 16.56 | 14.90 |
| 80-120-00 | 9.96 | 12.10 | 23.51 | 14.08 | 14.92 |
| 00-80-00 | 11.99 | 13.53 | 13.90 | 12.08 | 12.87 |
| \bar{X} | 13.86 | 13.85 | 17.52 | 14.62 | 14.97 |

Tabla 35. Análisis de varianza de la variable contenido de zinc en la materia seca, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada | |
|------------|----|---------|--------|-------------|----|
| Repetición | 3 | 109.184 | 36.395 | 0.52 | NS |
| A | 1 | 18.020 | 18.020 | 0.25 | NS |
| Error(a) | 3 | 208.320 | 69.440 | | |
| B | 5 | 58.900 | 11.780 | 0.83 | NS |
| AB | 5 | 78.089 | 15.618 | 1.10 | NS |
| Error(b) | 30 | 424.471 | 14.149 | | |
| Total | 47 | 896.984 | 19.085 | | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 22.72

B = Parcela chica

C.V.(b)= 25.12

NS = No significativo

Tabla 36. Concentración de datos de la variable contenido de manganeso en la materia seca en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 92.40 | 71.83 | 89.65 | 89.51 | 85.85 |
| 50-40-00 | 95.70 | 79.42 | 96.80 | 89.51 | 91.58 |
| 100-40-00 | 90.20 | 96.80 | 74.25 | 90.75 | 88.00 |
| 80-40-00 | 73.70 | 96.80 | 86.13 | 94.71 | 87.83 |
| 80-120-00 | 65.29 | 92.40 | 87.12 | 98.78 | 85.90 |
| 00-80-00 | 69.30 | 61.93 | 85.14 | 82.50 | 74.72 |
| \bar{X} | 81.10 | 83.20 | 86.52 | 91.77 | 85.65 |

Tabla 37. Análisis de varianza de la variable contenido de manganeso en la materia seca, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|-----------|----------|-------------|
| Repetición | 3 | 779.513 | 259.838 | 0.25 NS |
| A | 1 | 388.625 | 388.625 | 0.38 NS |
| Error(a) | 3 | 3014.618 | 1004.873 | |
| B | 5 | 1320.177 | 264.035 | 1.03 NS |
| AB | 5 | 931.193 | 186.239 | 0.73 NS |
| Error(b) | 30 | 7624.484 | 254.149 | |
| Total | 47 | 14058.611 | 299.119 | |

A = Parcela grande

B = Parcela chica

NS = No significativo

C.V.(a) = 15.10

C.V.(b) = 18.61

Tabla 38. Concentración de datos de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo después de la cosecha en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 65.90 | 65.00 | 52.90 | 59.90 | 60.93 |
| 50-40-00 | 66.50 | 59.80 | 47.70 | 55.10 | 57.28 |
| 100-40-00 | 48.90 | 51.70 | 68.70 | 47.80 | 54.28 |
| 80-40-00 | 58.10 | 61.00 | 51.10 | 51.70 | 55.48 |
| 80-120-00 | 48.50 | 58.50 | 55.80 | 45.10 | 51.98 |
| 00-80-00 | 33.30 | 54.50 | 57.80 | 48.30 | 48.48 |
| \bar{X} | 53.53 | 58.42 | 55.67 | 51.32 | 54.73 |

Tabla 39. Análisis de varianza de la variable contenido de nitrógeno amoniacal en el suelo después de la cosecha, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|----------|---------|-------------|
| Repetición | 3 | 330.620 | 110.207 | 1.32 NS |
| A | 1 | 27.000 | 27.000 | 0.32 NS |
| Error(a) | 3 | 249.486 | 83.162 | |
| B | 5 | 738.656 | 147.731 | 0.96 NS |
| AB | 5 | 181.310 | 36.262 | 0.23 NS |
| Error(b) | 30 | 4601.355 | 153.380 | |
| Total | 47 | 6128.428 | 130.392 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 6.80

B = Parcela chica

C.V.(b)= 22.62

NS = No significativo

Tabla 40. Concentración de datos de la variable contenido de fósforo en el suelo después de la cosecha en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 58.87 | 35.50 | 52.25 | 35.00 | 45.41 |
| 50-40-00 | 62.70 | 30.13 | 54.28 | 34.73 | 45.46 |
| 100-40-00 | 62.87 | 26.35 | 48.38 | 39.50 | 44.28 |
| 80-40-00 | 67.88 | 28.75 | 51.50 | 30.80 | 44.75 |
| 80-120-00 | 71.23 | 49.18 | 48.75 | 60.50 | 57.41 |
| 00-80-00 | 61.25 | 29.38 | 53.00 | 42.13 | 46.56 |
| \bar{X} | 64.22 | 33.21 | 51.36 | 40.45 | 47.31 |

Tabla 41. Análisis de varianza de la variable contenido de fósforo en el suelo después de la cosecha, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|-----------|----------|-------------|
| Repetición | 3 | 6575.598 | 2191.866 | 43.92 ** |
| A | 1 | 25.521 | 25.521 | 0.51 NS |
| Error(a) | 3 | 149.703 | 49.901 | |
| B | 5 | 1003.558 | 200.712 | 2.42 NS |
| AB | 5 | 197.846 | 39.569 | 0.47 NS |
| Error(b) | 30 | 2484.305 | 82.810 | |
| Total | 47 | 10436.531 | 222.054 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 6.09

B = Parcela chica

C.V.(b)= 19.23

** = Diferencia altamente significativa

NS = No significativa

Tabla 42. Concentración de datos de la variable contenido de fierro en el suelo después de la cosecha en ppm., - en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 5.75 | 1.81 |
| 50-40-00 | 1.00 | 0.00 | 4.25 | 4.75 | 2.50 |
| 100-40-00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 7.50 | 2.25 |
| 80-40-00 | 0.00 | 0.00 | 3.50 | 4.75 | 2.06 |
| 80-120-00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 7.50 | 2.00 |
| 00-80-00 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 5.75 | 1.81 |
| \bar{X} | 0.17 | 0.00 | 2.13 | 6.00 | 2.07 |

Tabla 43. Análisis de varianza de la variable contenido de fierro en el suelo después de la cosecha en ppm., - en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz..

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|---------|--------|-------------|
| Repetición | 3 | 280.266 | 93.422 | 14.62 * |
| A | 1 | 13.547 | 13.547 | 2.12 NS |
| Error(a) | 3 | 19.141 | 6.380 | |
| B | 5 | 2.839 | 0.568 | 0.38 NS |
| AB | 5 | 1.047 | 0.209 | 0.14 NS |
| Error(b) | 30 | 44.157 | 1.471 | |
| Total | 47 | 360.995 | 7.681 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 48.81

B = Parcela chica

C.V.(a)= 58.60

* = Diferencia significativa

NS = No significativo

Tabla 44. Concentración de datos de la variable contenido de zinc en el suelo después de la cosecha en ppm., en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 1.30 | 1.40 | 1.90 | 1.60 | 1.55 |
| 50-40-00 | 1.40 | 2.15 | 2.00 | 1.40 | 1.74 |
| 100-40-00 | 1.95 | 1.65 | 0.75 | 1.60 | 1.49 |
| 80-40-00 | 2.30 | 1.95 | 1.30 | 1.55 | 1.78 |
| 80-120-00 | 1.95 | 2.00 | 1.25 | 2.15 | 1.84 |
| 00-80-00 | 1.60 | 1.90 | 1.85 | 1.90 | 1.81 |
| \bar{X} | 1.75 | 1.84 | 1.51 | 1.70 | 1.70 |

Tabla 45. Análisis de varianza de la variable contenido de zinc en el suelo después de la cosecha, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|--------|-------|-------------|
| Repetición | 3 | 0.712 | 0.237 | 0.38 NS |
| A | 1 | 0.213 | 0.213 | 0.35 NS |
| Error(a) | 3 | 1.838 | 0.613 | |
| B | 5 | 0.850 | 0.170 | 0.64 NS |
| AB | 5 | 1.327 | 0.265 | 0.99 NS |
| Error(b) | 30 | 6.780 | 0.266 | |
| Total | 47 | 11.720 | 0.249 | |

A = Parcela grande

C.V.(a) = 18.80

B = Parcela chica

C.V.(b) = 30.30

NS = No significativo

Tabla 46. Concentración de datos de la variable contenido de manganeso en el suelo después de la cosecha en ppm en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| Tratamientos | Repetición | | | | \bar{X} |
|--------------|------------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 150-75-00 | 3.45 | 2.80 | 2.70 | 4.70 | 3.41 |
| 50-40-00 | 3.00 | 3.25 | 3.00 | 4.25 | 3.38 |
| 100-40-00 | 3.92 | 3.45 | 2.05 | 4.50 | 3.48 |
| 80-40-00 | 4.55 | 2.75 | 2.30 | 4.25 | 3.46 |
| 80-120-00 | 4.20 | 2.75 | 2.45 | 4.60 | 3.50 |
| 00-80-00 | 3.80 | 3.00 | 3.00 | 4.85 | 3.66 |
| \bar{X} | 3.82 | 3.00 | 2.58 | 4.53 | 3.48 |

Tabla 47. Análisis de varianza de la variable contenido de manganeso en el suelo después de la cosecha, en el experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en presencia y ausencia de micronutrientes en el cultivo de maíz.

| F.V. | gl | SC | CM | F calculada |
|------------|----|--------|-------|-------------|
| Repetición | 3 | 26.897 | 8.966 | 79.34 ** |
| A | 1 | 3.927 | 3.927 | 34.74 ** |
| Error(a) | 3 | 0.338 | 0.113 | |
| B | 5 | 0.397 | 0.079 | 0.18 NS |
| AB | 5 | 0.395 | 0.079 | 0.18 NS |
| Error(b) | 30 | 12.886 | 0.430 | |
| Total | 47 | 44.839 | 0.945 | |

A = Parcela grande

C.V.(a)= 3.94

B = Parcela chica

C.V.(b)= 18.82

** = Diferencia altamente significativa

NS = No significativo

005876

