

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL MAIZ A LA
APLICACION DE CUATRO NIVELES DE NITROGENO EN
COMBINACION CON SEIS DENSIDADES DE POBLACION,
EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA



NO

en el grado académico de

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA CENTRAL USAC.

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Abril de 1977

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

R
01
T(249,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Roberto Valdeavellano P.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:

en funciones: **Ing. Agr. Rodolfo D. Estrada G.**

Vocal 1o.:

Vocal 2o.:

Dr. Antonio Sandoval S.

Vocal 3o.:

Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.

Vocal 4o.:

P.A. Laureano Figueroa

Vocal 5o.:

P.A. Carlos Leonardo

Secretario:

Ing. Leonel Coronado Cabarrús

**TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:

Ing. Agr. Carlos F. Estaada C.

Examinador:

Ing. Agr. Salvador Castillo O.

Examinador:

Ing. Agr. Ernesto Gonzalez

Examinador:

Ing. Agr. Baltazar Arévalo

Secretario:

Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda

DEDICO ESTE ACTO

A mis padres

Salvador Gonzalez C.
Alicia Arauz de González

A mi esposa é hija

Blanca Ruth de González
Ruth Marisol Gonzalez P.

A mis hermanos

Ma. del Rosario, Sonia,
Fernando, Ana Luisa y
Aníbal.

A mis familiares
y amigos

DEDICO ESTA TESIS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de
Guatemala.

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer patente mi agradecimiento al Dr. Víctor M. Urrutia, por sus acertadas sugerencias y colaboración prestada en la revisión y asesoramiento de este estudio.

Al personal técnico, administrativo y de campo de la Estación Experimental del ICTA en La Máquina.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), por haberme permitido realizar esta investigación.

El Autor

Guatemala, 21 de abril de 1977

Ingeniero Agrónomo
Rodolfo Estrada González
Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad de Guatemala

Respetable Señor Decano:

En cumplimiento a la designación que se me hizo para asesorar la tesis de grado del universitario Danilo Agustín Gonzalez Arauz, me complace informarle que el Prof. González Arauz ha presentado un trabajo de investigación altamente meritorio titulado "Evaluación de la Respuesta del Maíz a la Aplicación 4 Niveles de Nitrógeno en Combinación con 6 Densidades de Población, en el Parcelamiento La Máquina".

Por lo tanto, espero que el valioso trabajo del Sr. González Arauz merezca la aprobación correspondiente de esa Decanatura a su digno cargo.

Deferentemente,

(f) Dr. Víctor M. Urrutia R.
Asesor

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Dé conformidad con lo establecido en La Ley Orgánica de La Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestro criterio el trabajo de tesis titulado: "EVALUACION DE LA RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE 4 NIVELES DE NITROGENO EN COMBINACION CON 6 DENSIDADES DE POBLACION, EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA".

Esperando que el presente trabajo merezca vuestra aprobación, me es grato presentarles mi respetuoso saludo y muestras de consideración.

(f) Deferentemente,

Danilo Agustín Gonzalez Arauz

Los datos que se presentan en este trabajo, se obtuvieron durante el período que el autor prestó servicios como Técnico de la Región IV del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad del Instituto y se publican con la autorización requerida.

CONTENIDO

	Hoja
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
II.1 El nitrógeno en la planta	3
II.2 Densidades de población	5
II.3. Requerimientos de nitrógeno en densidades de población	9
III. MATERIALES Y METODOS	13
III.1 Descripción del área experimental	13
III.2 Características de los suelos	13
III.3 Material experimental	18
III.4 Metodología experimental	18
III.4.1 Diseño experimental	18
III.4.2 Tratamientos seleccionados	19
III.5 Manejo del experimento	19
III.6 Análisis estadístico	20
III.7 Análisis económico	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	27
IV.1 Efecto de las densidades	27
IV.2 Efecto del nitrógeno	32
IV.3 Análisis económico	35
V. CONCLUSIONES	41
VI. BIBLIOGRAFIA	43

I. INTRODUCCION

JUSTIFICACION

Las estadísticas de producción y las características de difusión del cultivo de maíz, indican que se usa en casi todos los países y generalmente para 3 fines: alimento humano básico, forraje para el ganado y como materia prima para la fabricación de muchos productos industriales. En Guatemala, el maíz constituye principalmente fuente de alimentación para sus habitantes; así, en 1976 se sembraron 735.6 miles de manzanas que produjeron 14,920 miles de quintales de maíz, con un promedio de 20.3 qq/Mz de producción, que fué consumida en forma interna pues no hubo cifras de exportaciones.

El Parcelamiento La Máquina, es una zona agrícola eminentemente productora de maíz, dentro del Departamento de Suchitepéquez, que aporta el 90o/o del maíz producido en el Departamento y 7-6o/o de la producción nacional, con un promedio de 25 qq/Mz aproximadamente. En ésta región, el agricultor inicia su cultivo en el mes de mayo, con las primeras lluvias. Hace sus prácticas culturales como él acostumbra y llegado el período de madurez, dobla las cañas de maíz abajo de la mazorca, para facilitar el secamiento en el campo y evitar las pudriciones. Inmediatamente, en el mes de agosto, siembra el cultivo intercalado, que puede ser ajonjolí o maíz de segunda temporada, utilizando el espacio entre calles de maíz.

El sistema empleado por el agricultor, ha sido poco modificado con los años; se ha incluido el uso de mecanización en la preparación del suelo y la siembra y pese al esfuerzo del Estado a través de Instituciones de Extensión Agrícola y Bancaria, aún no se ha podido mejorar.

Recientemente, el ICTA inició investigaciones en la zona, con el objetivo de mejorar la tecnología utilizada y aumentar los rendimientos por unidad de área. Los resultados obtenidos en 1975-76, indicaron un mayor aumento de la productividad

agrícola de la región a través del uso de semillas mejoradas que por la fertilización. Sin embargo, los avances obtenidos en la tecnología moderna han sido posibles por la combinación de la fertilización con otros factores tecnológicos, que han ayudado al aumento de la producción agrícola en el mundo, indispensable, para abastecer a la población que cada día se multiplica y crece más.

OBJETIVOS:

En este trabajo se busca a) Evaluar el efecto de las densidades de población sobre los rendimientos de maíz a varios niveles de fertilización nitrogenada, utilizando una variedad mejorada disponible en la zona. b) Obtener con esto una práctica que incremente los rendimientos por unidad de área de la zona en mención.

II. REVISION DE LITERATURA

II. EL NITROGENO EN LA PLANTA

El nitrógeno es un elemento esencial y bastante móvil, en su dinámica se presentan fenómenos de mineralización, fijación, lixiviación y volatilización (14). Del suelo, es absorbido por las plantas como ion nitrato NO_3^- y como ion amonio NH_4^+ , solo entre valores de pH 3-8 y 5-7 respectivamente (38).

La absorción de iones por las células de la raíz, es un proceso complejo, cuyos detalles aún no son bien conocidos (35); sin embargo, Bonnet (20) considera que los nutrimentos que son solubles en agua, son absorbidos por las raíces y se trasladan por el xilema de la planta hacia los tallos, ramas y hojas. Del total del agua absorbida por la planta, solo el 20/o se utiliza como disolvente, agua de imbibición y para el metabolismo; el 90/o restante se pierde por transpiración y de este modo, se depositan los nutrientes en las partes vegetales donde se van a utilizar (38, 2).

Durante los procesos metabólicos, los nitratos sufren cambios de reducción y deben ser transformados a NH_4^+ , para después ser incorporados como compuestos orgánicos propios de la célula (35). El nitrógeno, es un componente esencial de todo el protoplasma celular, de los aminoácidos y las proteínas, siendo indispensable para los procesos de reproducción, crecimiento y respiración celular, así como para el desarrollo de órganos vegetales (38, 40, 2). Es requerido para un crecimiento vigoroso de las plantas, especialmente durante las primeras etapas del desarrollo, pues estimula y prolonga el crecimiento de la parte superior contribuyendo a la formación de un follaje mas suculento (34, 2).

Lugo (25), considera que el nitrógeno, es importante en la producción del maíz y de los 3 elementos principales aplicados en forma de fertilizantes comerciales, es el que produce los efectos mas rápidos y pronunciados. Durante las primeras fases

de crecimiento de la planta de maíz asimila fácilmente el nitrógeno del suelo y fertilizantes aplicados, siendo el promedio de asimilación total desde la siembra hasta la floración de 105 Kg. de N/Ha.

El grado de concentración de nitrógeno afecta el desarrollo de las plantas. Una deficiencia, afecta la síntesis o renovación de enzimas, aminoácidos y nucleoproteínas (35) y como resultado, las proteínas celulares de las hojas inferiores de la planta se ponen en movimiento ascendente hacia las hojas superiores y nuevas, causándose un amarillamiento y caducidad en las mismas (2). El exceso de nitrógeno causa acame, pues los tallos pierden solidez al no lignificar lo suficiente (40, 2).

La concentración de nitrógeno en el suelo, ha sido objeto de estudio por parte de muchos investigadores, por ejemplo Montes (29), que estudió las fracciones de nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica y que reportó concentraciones de nitrógeno total que variaron entre 1700 a 5600 ppm y con la fracción de nitrógeno orgánico e inorgánico variando entre 1700 a 500 ppm y 52 a 120 ppm, respectivamente, localizándose la mayor parte del contenido total en la capa superficial del suelo (0-15 cms) (22).

Otras fuentes de nitrógeno pueden ser agregadas al suelo por medio de la lluvia, así Kass y Drosdoff en 1970 citados por (12), calcularon que las ganancias de nitrógeno por la lluvia y la fijación no simbiótica en pastizales y cañaverales en los trópicos pueden variar de 4 a 88 Kg. por hectárea al año, pero que esas ganancias son inadecuadas, pues los cultivos responden a la aplicación de nitrógeno. Otra forma de agregarse al suelo es por medio de los fertilizantes y la materia orgánica.

De cualquier fuente de que se trate, el nitrógeno puede ser afectado cuando se encuentra agregado al suelo. Así por ejemplo según el Iowa Corn Research Institute, citado por (13), considera que algunos factores ambientales, la época del cultivo, la naturaleza del suelo y la aplicación de fertilizantes afectan el contenido de elementos nutritivos.

Con aplicaciones de nitrógeno, los porcentajes de rendimiento de un cultivo pueden acrecentarse y en el caso del maíz, Perdomo et al (34) dice que los rendimientos de éste cultivo están relacionados con el contenido de nitrógeno en el suelo y cualquier reducción por su uso continuo es casi una relación lineal, causando los efectos mas pronunciados en la mayoría de las cosechas.

II.2 DENSIDADES DE POBLACION

Segun Sen, citado por (28), "Todo país que pretenda aumentar el rendimiento de los cultivos alimenticios o económicos, debe tratar ante todo de incrementar el consumo de fertilizantes". Sin embargo, el grado de empleo de substancias nutritivas para las plantas, es un factor limitante, por lo que debe de combinarse con otros factores tecnológicos para integrarse como un elemento esencial en la elevación del nivel de producción agrícola (28).

Luchsinger (22) dice que los incrementos en los rendimientos de maíz en el mundo, han sido posibles por el aumento de la densidad de siembra, niveles de alta fertilización y mejores híbridos. En los Estados Unidos y la India, Moyle et al (28), después de realizar muchos experimentos, llegó a la conclusión de que la aplicación de fertilizantes contribuye más al incremento de la producción, que el uso del agua y semillas mejoradas respectivamente.

En Mexico, el CYMMIT en 1967 (6), en el Proyecto Puebla, en base a resultados de muchos ensayos efectuados, determinaron que el aumento de la población en el cultivo del maíz, produjo un incremento medio de 5760 Kg./Ha. de grano que fué 570/o mas alto que el obtenido con fertilización solamente.

En Guatemala, el ICTA, durante el año 1976, con resultados promedio de muchos ensayos realizados en el Parcelamiento La Máquina, encontró que la mayor contribución

al incremento de la producción, es causado por el uso de semillas mejoradas, más que las densidades y la fertilización (18).

El cultivo del maíz, es por excelencia uno de los que mas información ha brindado, debido a su importancia en la alimentación e industria de muchos países y también por sus grandes requerimientos de nutrimentos, se considera un excelente indicador del estado nutritivo del suelo (Jacobs et al citado por 1).

En cualquier situación, es muy importante adaptar la población de maíz a la capacidad productiva del suelo. Wilson et al (41), reporta que las variedades híbridas tienen una población óptima de 5000 plantas más por hectárea, que las variedades comunes de polinización libre.

El establecimiento de la población óptima requiere el estudio aislado de los componentes de la densidad, distancias entre hileras, distancias entre plantas dentro de la hilera y el número de plantas por cada postura, cuando las siembras son manuales. Tesar citado por (41), realizó estudios en maíz, estableciendo una población fija de 40,000 plantas por hectárea haciendo variable la distancia entre hileras que fueron 100, 150, y 200 cms. en forma respectiva. Con la distancia de 150 cms. obtuvo rendimientos que fueron 40/o menores de los obtenidos con la distancia de 100 cms. Cuando sembró a 200 cms. el rendimiento fue menor en un 170/o, respecto de la siembra a 100 cms.

En Nicaragua, Moreno (30) estudió el efecto de las densidades en maíz, usando un espacio entre hileras de 36 pulgadas (aproximadamente 90 cms.). En el surco, sembró a distancias entre posturas de 36, 24 y 12 pulgadas (aproximadamente 90, 60 y 30 cms. respectivamente), con 3, 2 y 1 planta por postura en forma respectiva. Obtuvo una población de 25,208 plantas por manzana (aproximadamente 37,037 plantas por hectárea) y rendimientos de 53, 59 y 64 quintales por manzana (equivalentes a 3.41, 3.83 y 4.15 toneladas por hectárea) respectivamente.

Bokde et al, citado por (26) opina que densidades de 58,000 a 60,000 plantas por hectárea, conducen a la mas alta producción de grano y la mayor distancia entre plantas produce mayor tamaño de mazorcas, peso de mazorcas y peso de grano por planta. Sin embargo, Moreno (30) dice que existe una relación lineal negativa del rendimiento sobre el mayor distanciamiento entre plantas.

En Nicaragua, Salazar citado por (30) mediante ensayos conducidos en 2 lugares y durante los años 1954-55, encontró que la población más conveniente cuando no se fertiliza es de 25,000 plantas por manzana (Aproximadamente 37,741 plantas por hectárea), en surcos espaciados a 92 cms. y posturas a 90, 60, y 30 cms. con 3, 2 y 1 plantas respectivas.

Lara (23) estudió diferentes densidades de población en 4 variedades de maíz, utilizando una distancia de 90 cms. entre hileras constante y espacios diferentes entre plantas. Las poblaciones evaluadas fueron 40, 65, 90 y 115 mil plantas por hectárea. El mejor rendimiento se obtuvo con la variedad Tuxpeño Planta Baja de 5.69 toneladas por hectárea, a una densidad de 115,000 plantas por hectárea.

En Costa Rica (9), en un experimento de densidades de población, se obtuvieron resultados similares a los encontrados por Ordaz (33), en los cuales establecen que para lograr una población de 43,500 plantas por hectárea, es preferible tener 1 planta cada 25 cms. ó 2 plantas cada 50 cms. en surcos espaciados a 92 cms., en lugar de tener 3 plantas a cada 75 cms. ó 4 plantas a cada 100 cms.

Por otro lado, también se ha estudiado en forma independiente el efecto de diferentes espaciamientos entre hileras sobre los otros componentes de la densidad. Así por ejemplo, Bielick et al (3), observó el efecto de variar el distanciamiento entre surcos, sobre el rendimiento del maíz bajo diferentes niveles de abonamiento. Las distancias entre surcos ensayadas fueron 90, 80, 70 y 60 cms. manteniendo constante la distancia

de 60 cms. entre posturas, con 3 plantas por cada una. Las densidades correspondientes fueron: 55,000, 62,500, 71,400 y 83,300 plantas por hectárea. Durante el desarrollo del cultivo las plantas tuvieron menor grosor en los tallos a las mayores densidades, pero no se registraron aumentos en el porcentaje de acame; los mayores rendimientos se obtuvieron a las densidades mas altas.

En Panamá, Cajar (8) en ensayos conducidos en diferentes localidades, obtuvo rendimientos mejores con distancias entre surcos de 100 cms. y 70 cms.. El mismo autor y colaboradores (7), en prueba de densidades de siembra con los híbridos Poey T-66 y Pioneer X-306-B, en diferentes localidades, demostraron que el mayor incremento de producción se obtienen con poblaciones de 50,000 a 56,400 plantas por hectárea; sin embargo al utilizar la variedad PD (Ms)6, la densidad óptima disminuyó a intervalos de 40,000 a 50,000 plantas, notándose a poblaciones mayores, un descenso progresivo en el rendimiento.

Leng citado por (22), estudió el efecto del incremento en densidad de población de 30,000 a 50,000 plantas por hectárea, obteniendo aumentos altamente significativos en el rendimiento total del grano de línea puras, híbridos simples, triples y dobles de maíz. Por el contrario, Espinosa (10) no encontró diferencias apreciables en los rendimientos, cuando comparó las producciones de 4 variedades de maíz estudiadas, a poblaciones de 40, 60, 90 y 115 mil plantas por hectárea. En forma similar Cajar (7), estudiando las densidades de población con la variedad Selepa (Selección de maíces Panameños) en 1972 con valores 40,000 a 80,000 plantas por hectárea, no logró encontrar diferencias apreciables; pero si logró observar una tendencia de aumento en los rendimientos conforme aumentaba la población.

Hernández et al (15), llegó a la conclusión de que el factor más importante es la distribución de las plantas dentro de la hilera de siembra, en distancias entre surcos que oscilen de 0.50 a 1.00 mts. y a pesar de no haber diferencias en el rendimiento sobre distancias entre surcos, considera que las distancias de 0.75 a 1.00 mts. ofrecen mayores ventajas, por la

facilidad del cultivo con tracción animal o mecánica, así como el control de plagas y la cosecha; además, distancias menores de 0.75 mts. provocaron acame de tallos y afectaron la altura de mazorca y el porcentaje de las mismas por planta cosechable.

El comportamiento del maíz, ante el aumento de la población, es diferente y se relaciona con el genotipo de que se trata; los híbridos están en mejor capacidad de soportar poblaciones altas en comparación a otros genotipos. Dos híbridos dobles de maíz, genotipos bien diferenciados por tipo de endosperma de grano (colorado cristalino R-110 y semi dentado S-910) fueron evaluados para su comportamiento a 10 distancias entre golpes con 1 y 2 plantas por cada uno. El genotipo R-110 demostró mayor capacidad para tolerar competencia en distancias menores y mayor potencial de rendimiento y desarrollo de las plantas individualmente. La interacción genotipo-densidad, resultó ser significativa, así el genotipo R-110 logró un rendimiento máximo de 72.74 quintales por hectárea (equivalente a 3.35 toneladas por hectárea), a una densidad de 74,224 plantas por hectárea y con una distancia de 67 cms. entre golpes. Cuando se comparó el número de plantas por golpe, se estableció que el mejor sistema es colocar 2 plantas por cada golpe, pues el maíz tolera mayor densidad de plantas con éste sistema de siembra (4).

II.3 REQUERIMIENTOS DE NITROGENO EN DENSIDADES DE POBLACION

El combinar el uso de fertilizantes con las densidades de población, en el cultivo del maíz, ha sido objeto de estudio en muchos lugares del mundo. Los resultados obtenidos han permitido establecer un grado de absorción de nutrientes de éste cultivo con el que se consigue generalmente, aumentar el rendimiento por unidad de área, hasta un grado óptimo.

Segun Fox (12), los rendimientos de grano de maíz en los trópicos van de 3.0 a 7.0 toneladas por hectárea, con aplicaciones óptimas de nitrógeno entre 67 a 132 Kg. de nitrógeno por hectárea.

En Mexico, con una densidad de 50,000 plantas por hectárea y aplicaciones de nitrógeno y fósforo en promedio de 27 ensayos se obtuvieron rendimientos de aumento de 3672 Kg. de grano por hectárea. La respuesta al nitrógeno solo fué significativa en 17 ensayos, dando un promedio recomendado de 132 Kg. de nitrógeno por hectárea. En las zonas donde los requerimientos fueron menores, se recomendaron densidades de 46,000 plantas por hectárea con niveles de nitrógeno y fósforo de 117 y 73 Kg./Ha. respectivamente (6).

En Nicaragua (31) el Programa de Mejoramiento de Maíz y Sorgo, realizó estudios que incluyeron la densidad y la fertilización. Las poblaciones variaron desde 52,500 a 69,500 plantas por hectárea. Se usaron niveles de fósforo y potasio con valores de 64.5 y 38.6 Kg./Ha., aplicados uniformemente. Los resultados se consignan en el siguiente cuadro:

CUADRO 1

RENDIMIENTOS OBTENIDOS CON DIFERENTES POBLACIONES Y VARIOS NIVELES DE NITROGENO (31).

Población por Ha.	Nivel de N. en Kg. por Ha.		
	0	32.2	48.3
52,500	4897	6147	5425
61,000	4478	5300	5717
69,500	4195	6599	5939

La práctica de fertilizar el maíz, ha sido respaldada por estudios económicos en las zonas donde se ha investigado, para asegurarse que su uso siempre tenga como resultado, provocar un ingreso a las actividades de los agricultores.

Salazar (37), en un intento de difusión de prácticas mejoradas en parcelas demostrativas con agricultores de Nicaragua, estudió el efecto de aplicaciones de nitrógeno, fósforo

y potasio en 142 localidades. Encontró que en el 75o/o de los casos, la respuesta a la aplicación de nitrógeno fué económica y la fórmula 100-0-0, causó 36o/o de aumento promedio en el rendimiento de maíz, en relación al testigo.

En Guatemala, Kuile (21) en trabajos hechos con fertilizantes durante los años 1963-64 y resultados en base a 64 demostraciones y 12 ensayos, reporta respuestas pobres en las zonas bajas (menores de 800 mts. s.n.m.) en parte por efectos de sequía, siendo la respuesta más económica del 49o/o con la aplicación de 75 y 40 Kg. de nitrógeno y fósforo por hectárea en forma respectiva.

En el mismo país, el ICTA, en 1975 instaló en terrenos de agricultores del Parcelamiento La Máquina, un total de 96 lotes de prueba. De ellos solamente se cosecharon 77 lotes, llegando a la conclusión que la fertilización nitrogenada incrementa los rendimientos en el cultivo del maíz, pero solo es significativo cuando se utiliza el híbrido Pioneer X-304-A, pues otras variedades y comparaciones, aumentaron la inversión en un 38o/o, reduciendo la rentabilidad en 29o/o (19).

Resultados de la misma zona en 1976, indicaron respuestas muy bajas a la aplicación de nitrógeno, en densidades de población, siendo el nivel más eficiente no aplicar (18). Estos resultados coinciden con las recomendaciones del INIA en Mexico, (17), para la zona de Río Bravo, en donde si el maíz rinde más de 4.7 toneladas por hectárea, se recomienda no fertilizar. Cuando los rendimientos van de 3.5 a 4.7 toneladas, deben aplicarse 30 ó 40 Kg. de N/Ha. Lizarraga et al (24), investigó en el Salvador y Honduras, el efecto de utilizar una población de 40,000 a 50,000 plantas por hectárea, con niveles de nitrógeno a valores de 0 y 45 Kg./Ha.. Cuando no se aplicó nitrógeno, los rendimientos fueron para Honduras y el Salvador, 3.19 y 2.6 Ton./Ha. en forma respectiva. Con los 45 Kg., los rendimientos aumentaron a 4.14 Ton./Ha. y 5.88 Ton./Ha. en la misma forma.

En Costa Rica, Ortiz (32), hizo aplicaciones de nitrógeno en 2 densidades de población. No encontró significancia en las

densidades y en la interacción; la respuesta al nitrógeno fué lineal y representada por la ecuación: $Y = 0.58 X + 6.32$, en libras de nitrógeno por parcela. En el mismo país, Salas (36), obtuvo similares resultados en ensayos de fertilización en 2 localidades. Cuando utilizó 80 Kg. de N/Ha. y una población de 40,000 plantas por hectárea, el rendimiento fué de 2.24 Ton./Ha. Con 120 Kg. de N/Ha. y 30,000 plantas, aumentó a 4.36 Ton./Ha., concluyendo que una limitante de nitrógeno en el primer ensayo fué la causa del bajo rendimiento obtenido.

En Mexico, experimentado con maíz en el Valle del Yaqui, Jiménez y Sánchez (20) obtuvieron con 60 Kg. de N/Ha. y 40,000 plantas por hectárea, en presencia de 40 Kg. de P_2O_5 /Ha., un rendimiento de 6.58 Ton./Ha. de grano, como el mejor tratamiento. Laird et al (26) en experimentos realizados en 1962-63, 47 en total, obtuvo para aplicaciones de 40, 80 y 120 Kg. de N/Ha. un incremento en grano de 1.2, 0.92 y 0.52 Ton./Ha. Encontraron que en arcillas pesadas y con un promedio de precipitación anual de 600 a 675 mm., el nivel óptimo de aplicación de nitrógeno es de 40 a 50 Kg./Ha.

III. MATERIALES Y METODOS

III.1 DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

El estudio fué realizado en la Parcela B-412, Sector B del Parcelamiento La Máquina, que se localiza en jurisdicción del Municipio de Cuyotenango, Departamento de Suchitepéquez. Está ubicado geográficamente entre las coordenadas 14 grados 24' Latitud Norte y 91 grados Longitud Oeste, a una altura de 105 metros sobre el nivel del mar. La zona ecológica corresponde según Holdrige (16) a la subtropical seca, con una precipitación media anual de 1860 mm. distribuidos en los meses de mayo a octubre y temperaturas media anual y máxima media de 27 y 35 grados respectivamente.

III.2 CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

Después de seleccionar el área experimental, se procedió a recolectar muestras de suelo, para observar el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio y valores de pH extractables, cuyos resultados se encuentran resumidos en el Cuadro 2.

De acuerdo a éstos resultados, el fósforo estuvo deficiente y variable, por lo que se determinaron valores de fijación en ppm extraíbles que se presentan sumariados en el Cuadro 3.

Posteriormente, se estudiaron las características del sitio experimental, por medio de calicatas. Se extrajeron muestras a las profundidades de 0-18 cms., 18-40 cms. y 40-60 cms, correspondientes a los horizontes Ap A y B del perfil respectivo. Las muestras se analizaron en detalle en el laboratorio y en los Cuadros 4 y 5 están resumidos sus resultados.

CUADRO 2

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO REALIZADO
ANTES DE LA SIEMBRA.

No. de muestra	pH	ug/ml(1)		meq/100 ml(2)	
		P	K	Ca	Mg
1	6.9	5.50	470	3.20	3.40
2	6.7	2.25	305	3.40	3.40
3	6.4	2.50	325	13.00	3.40
4	6.4	1.00	175	12.00	3.30
5	6.4	2.50	250	12.00	3.00
6	6.5	1.50	275	11.20	3.10
7	6.6	1.50	255	12.40	3.20
8	5.7	0.25	200	10.80	3.00
9	6.0	2.25	160	12.40	3.30

(1) Relación suelo/agua 1:2.5

(2) Determinado en 0.05 N HCl + 0.025 N H₂SO₄ suelo
solución 1:5

CUADRO 3

RESULTADOS DE ANALISIS DE FIJACION DE FOSFORO, DE MUESTRAS TOMADAS ANTES DE LA SIEMBRA (1)

P agregado ppm	MUESTRAS ANALIZADAS								
	1	2	3 ppm de	4 P	5 extraídos	6	7	8	9
0	5.25	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.25	1.50
25	16.50	5.00	6.00	4.50	4.75	4.50	4.50	4.00	4.50
75	18.25	10.00	7.75	7.25	8.25	7.75	7.00	7.25	6.50
150	25.00	28.12	25.00	18.75	18.75	21.87	25.00	28.12	28.12
300	68.75	62.50	57.81	31.25	34.38	40.62	54.69	54.69	51.56
500	106.25	129.00	106.00	103.00	109.00	100.00	103.00	109.00	122.00

(1) Estos valores de fijación de fósforo, se determinaron en forma colorimétrica, con espectrofotómetro Coleman Modelo 295 y según la metodología de Fitts y Waugh (11).

CUADRO 4

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO ESTUDIADO, SITIO P-B412, LA MAQUINA 1976.

No. de muestra	Profundidad	o/o Arcilla	o/o Limo	o/o Arena	Clase Textural
673	0 - 18 cms.	73.11	2.12	24.77	Arcilla
674	18 - 40 cms.	45.39	45.63	11.98	Arcillo limoso.
675	40 - 60 cms.	56.31	14.00	29.61	Arcilla

CUADRO 5

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO EXPERIMENTAL, SITIO P-B412, LA MAQUINA, 1976.

No. de muestra	Profundidad	o/o M.O	pH(1)	meq / 100 gr. de S u e l o				Suma Cationes.(2)
				Ca	Mg	K	Na	
673	0 – 18 cms.	3.19	7.0	18.65	3.40	1.5	0.73	24.28
674	18 – 40 cms.	1.69	7.3	13.36	3.49	0.67	0.63	18.15
675	40 – 60 cms.	1.23	7.2	12.38	5.18	0.26	0.75	18.57

(1) Relación 1; 2.5

(2) Suma de Ca, Mg, K y Na.

En base a los datos de los Cuadros 3, 4 y 5, se identificó el suelo según el sistema sugerido por Buol et al (5) de acuerdo a la capacidad potencial de fertilidad y el propuesto por Simmons et al (39) en su clasificación de reconocimiento. Para realizar la primera clasificación, se utilizaron los criterios que se describen en el Cuadro 6.

Resumiendo los resultados de los dos sistemas, el suelo queda clasificado por Buol et al así: C i y por Simmons, como perteneciente a la Serie Ixtan Arcilla, profundos y de consistencia plástica.

III.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

Según los resultados de los análisis de suelos, reportados en el Cuadro 2, el contenido de fósforo era deficiente, no así el potasio que siempre fué adecuado. Las deficiencias de fósforo, se corrigieron con una aplicación de 60 Kg. de P_2O_5 /Ha, utilizando como fuente, el triple superfosfato al 46o/o. Para las aplicaciones de nitrógeno, se usó como fuente nitrato de amonio al 33o/o. Para las evaluaciones se usó como indicador el híbrido Pioneer X-304-A, de grano amarillo y ciclo aproximado de 105 días después de siembra.

III.4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

III.4.1 Diseño Experimental

El diseño experimental fue el de Parcelas Subdivididas, distribuidas en Bloques al Azar con 4 repeticiones. El área de cada unidad experimental fue de 33.12 mts. cuadrados, que incluyó 4 surcos espaciados a 92 cms. entre ellos y de 9 mts. de largo. Las evaluaciones y toma de datos al cultivo se hicieron sobre los 2 surcos centrales. El área total del experimento fué de 3878.72 mts. cuadrados.

III.4.2 Tratamientos Seleccionados

Para los efectos principales, se seleccionaron 6 densidades de población; como subtratamientos, 4 niveles de nitrógeno, observándose en detalle en el Cuadro 7.

III.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

La preparación del suelo, se realizó en el mes de abril, en forma mecanizada, consistiendo en chapeo, aradura y 2 pases de rastra. Se aplicó al voleo 60 Kg. de P_{205} por hectárea, para corregir deficiencias y 65 Kg. de volatón granulado, para desinfectar el suelo, ámbos incorporándolos con el segundo pase de rastra. La siembra se efectuó a mano, el 27 de mayo de 1976, utilizando para las guías de surco, cintas marcadas a las distancias seleccionadas y depositando 2 semillas más del número de plantas requerido en cada postura. A los 15 días se efectuó un raleo, eliminando plantas en cada postura y obtener las poblaciones deseadas.

El fertilizante se aplicó en los niveles seleccionados, en forma de nitrato de amonio en dos partes: 50o/o de la dosis inmediatamente después del raleo y el resto a los 35 días. La aplicación se hizo en forma mateada, depositando el fertilizante en golpes hechos con macana, a un lado de las matas y a 5 cms. de profundidad.

Para el control de plagas del follaje, se hicieron 2 aplicaciones de insecticidas. La primera a los 20 días, con Tamaron 600, a razón de 0.46 lt./Ha., y la segunda a los 30 días con Volatón granulado al 2.5o/o, a razón de 13 Kg./Ha.

Las malezas, se controlaron en forma preemergente, con los productos Lazo y Karmex, mezclados, en dosis de 2 lts. y 1 Kg./Ha. respectivamente; a los 35 días se hizo una limpia manual para eliminar las pocas malezas que escaparon al control.

Al momento de la floración, se tomaron muestras foliares de los surcos bordes, usando las primeras hojas opuestas y por

debajo de la posición de la mazorca en el maíz, a fin de identificar el grado de asimilación de nitrógeno en las plantas en ese período. El grano se recolectó a mano, como lo acostumbra el agricultor, determinándose su porcentaje de humedad y llevando su peso a una humedad constante del 150/o.

También se determinaron los componentes del rendimiento, para estudiar cómo éstos fueron afectados por las variables estudiadas. Para esto se utilizó un grupo de valores que se seleccionaron en base a los resultados obtenidos por el ICTA en Guatemala (19), siendo los siguientes:

1. 40,000 plantas por hectárea.
2. 1.0 mazorcas por planta.
3. Mazorcas que pesan 150 gramos.
4. 3,333 granos por kilogramo.

Estos valores fijos, producen 40,000 mazorcas por hectárea con un promedio de 500 granos por mazorca, que tienen un peso cada uno de 0.3 gramos. En éstas condiciones, se produce un rendimiento por hectárea de 6,000 Kg. Estos valores fijos, tienen en forma numérica, un valor de 1.000, para calcular en base a ellos, los valores experimentales y obtener en cada factor componentes del rendimiento, un valor mayor, igual o menor que 1.000.

III.6 ANALISIS ESTADISTICO

Se efectuó un Análisis de Regresión, utilizando un modelo cuadrático, por medio del método de los cuadrados mínimos. La interpretación de las regresiones se hizo en términos del costo del fertilizante y valor del grano de maíz, para calcular niveles óptimos y mas eficientes. El modelo cuadrático empleado, para el análisis del ensayo fue el siguiente:

$$Y = A + B_1 X + B_2 X^2$$

III.7 ANALISIS ECONOMICO

Para realizar éste análisis, se determinaron los costos de producción de cada sub-tratamiento, dentro del tratamiento respectivo. En base a precios por Kg. de nitrógeno y Kg. de maíz se calcularon niveles óptimos de fertilización y sus relaciones Beneficio/Costo.

CUADRO 6

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS DE ACUERDO A SU CAPACIDAD DE FERTILIDAD (5).

TIPO

Textura promedio de la capa arable o 20 cms. de profundidad, el que sea menos profundo.

- S = Arenoso: arena y arenas francas (USDA)
- L = Franco: menor de 35o/o arcilla excepto arenas francas
- C = Arcilloso: mayor de 35o/o arcilla
- O = Suelo orgánico: mayor de 30o/o materia orgánica en los primeros 50 cms.

SUBTIPO

Usado solo si existe un cambio de textura o una capa dura que impide desarrollo radicular dentro de los primeros 50 cms.

- S = Subsuelo arenoso: igual que en tipo
- L = Subsuelo franco: igual que en tipo
- C = Subsuelo arcilloso: igual que en tipo
- R = Roca u otra capa dura que restringe desarrollo radicular.

MODIFICADORES

En la capa arable o 20 cms. el que sea menos profundo excepto cuando marcado con un asterisco (*).

* g = (Gley):

Moteadores con cromas menor igual a 2 dentro de los primeros 60 cms. y debajo de los horizontes A, o suelo saturado con agua por mas de 60 días en la mayoría de los años.

* d = (Seco):

Régimen de humedad ústico o xérico: suelo seco por más de 60 días consecutivos por un año, dentro de 20 a 60 cms. de profundidad.

e = (Baja CIC):

menor de 4 meq/100 gr. de suelo, determinado por suma de bases mas aluminio extraído por KCl 1 N. menor de 7 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes a pH 7.

menor de 10 meq/100 gr. de suelo determinado por suma de cationes + aluminio + H á pH 8.2.

* a = (Toxicidad de Al):

mayor 60o/o de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al en los primeros 50 cms.).

ó mayor de 67o/o de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 7) en los primeros 50 cms.

ó mayor 86o/o de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 8.2) en los primeros 50 cms.

ó pH en H_2O (1:1) menor de 5.0 excepto en suelos orgánicos.

* h = (Acido):

10 a 60o/o de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cms.

ó pH en H₂O (1:1) entre 5.0 y 6.0

i = (Fijación Fe-P):

o/o Fe₂ libre/o/o arcilla mayor de 0.2, ó matices más rojos que 5 YR y estructura granular.

x = (Min. amortos):

pH mayor 10 en NaF 1 N, ó prueba de NaF en el campo positivo, ú otras evidencias indirectas del alofano como mineral de arcilla predominante.

v = (Vertisol):

mayor 35o/o arcilla muy plástica y pegajosa y mayor 50o/o de la fracción arcilla expandible (2:1), ó COLE mayor 0.09, ó severo agrietamiento e hincamiento del suelo.

* k = (K def.):

menor 10o/o minerales meteorizables en la fracción limo o arena dentro de los primeros 50 cms. ó un contenido de K intercambiable menor de 0.2 meq/100 gr. ó K menor 2o/o de la suma de base si ésta es menor de 10 meq/100 gramos.

* b = (Calcáreo):

Carbonato de calcio libre dentro de 50 cms. (efervescencia con HCl), ó pH mayor de 7.3.

* s = (Salino):

mayor 4 mmhos/cm de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25°C dentro de 1mt. de profundidad.

* n = (Sódico):

mayor 15o/o de la CIC saturada con Na dentro de los primeros 50 cms.

* c = (Cat Clay):

pH en H₂O (1:1) menor de 3.5 cuando seco, moteamiento de jarosita con matices 2.5 y/o más amarillos y cromas de 6 ó más altas dentro de 60 cms.

CUADRO 7

TRATAMIENTOS SELECCIONADOS EN EL EXPERIMENTO

A. PARCELAS PRINCIPALES: DENSIDADES Y DISTRIBUCION DE PLANTAS.

No.	Distancias entre posturas (1)	No. Plantas	Pob./ Ha.
1	1.00 Mts.	4	43478
2	0.90 Mts.	4	48250
3	0.50 Mts.	3	65217
4	0.50 Mts.	2	43478
5	0.45 Mts.	2	48250
6	0.20 Mts.	1	54347

B. SUBPARCELAS: NIVELES DE NITROGENO POR HECTAREA.

No.	Kg. N/Ha.
1	0
2	30
3	60
4	90

(1) En surcos distanciados a 92 centímetros.

1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV.1 EFECTO DE LAS DENSIDADES

Los rendimientos de grano de maíz al 15o/o de humedad obtenidos en el ensayo en cada una de las densidades y para cada nivel de aplicación de nitrógeno, se presentan en el Cuadro 8.

El análisis de varianza, del Cuadro 9, muestra la existencia de diferencias significativas entre densidades de población y altamente significativas entre niveles de nitrógeno. La interacción Densidad x Niveles, no aparece ser significativa, por lo que es válido calcular los rendimientos promedios para cada densidad. La comparación de media por el método de Duncan en el Cuadro 10 indica que las densidades 3, 4, 5 y 6 son iguales entre si y diferentes de las densidades 1 y 2, formándose así 2 grupos de respuesta.

Las densidades 6 y 3 en el primer grupo, son las que presentan los valores en plantas por hectárea más altos; sin embargo, según los datos de componentes del rendimiento del Cuadro 11, en la columna correspondiente a granos por mazorca, éstas muestran los valores más bajos. Esto significa que se cosecharon mayor número de mazorcas con menor tamaño, obteniéndose así rendimientos similares a los observados para las densidades 4 y 5.

En el Cuadro 10 se puede notar que la distribución espacial de plantas a una misma densidad es un factor que contribuye significativamente al rendimiento. Por ejemplo, los tratamientos No. 1 y 4 tienen ámbos 43,478 plantas por hectárea, pero el primer tratamiento tiene una distribución de 4 plantas cada metro y el segundo tratamiento de 2 plantas cada 50 centímetros, dando como resultado un mayor rendimiento para la distribución de 2 plantas cada 50 centímetros.

CUADRO 8

RENDIMIENTO DE MAIZ EN Kg./Ha. CON 6 DENSIDADES
DE POBLACION Y 4 NIVELES DE NITROGENO. (1)

NIVEL Kg.N/Ha	DENSIDADES					
	D1 4/100	D2 4/90	D3 3/50	D4 2/50	D5 2/45	D6 1/20 (2)
0	5010	5100	5040	5450	5530	5420
30	5420	5440	5730	5800	5570	5840
60	5140	5120	5670	5760	5490	5560
90	5480	5600	5740	5480	5350	5680
X	5262	5318	5548	5620	5485	5625

(1) Datos de campo.

(2) Clave para el tratamiento: No. de plantas/cm. entre matas. Por ejemplo, 4/100 significa 4 plantas cada 100 cms.

CUADRO 9

ANALISIS DE VARIANZA.

F. Variación	S. C.	G. L.	C. M.	Fc.	F. 5o/o	Tab. 1o/o
Parcelas Grandes	3.487	23	0.1516	1.53		
Bloques	0.098	3	0.0326	0.33	3.29	5.42
Densidades	1.910	5	0.3820	3.86(*)	2.90	4.56
Error a	1.482	15	0.0988			
Niveles	1.867	3	0.6220	5.97(**)	2.79	4.20
D x N	1.730	15	0.1153	1.10	1.95	2.56
Error b	5.628	54	0.1042			
Total	12.712	95				

C.V. 5.86o/o

(*) Significativo al 5o/o de probabilidad.

(**) Significativo al 1o/o de probabilidad.

CUADRO 10

COMPARACION DE MEDIAS DE 6 DENSIDADES DE POBLACION, POR EL METODO DE DUNCAN.

No.	Distribución	Densidad Pl / Ha.	Rendimientos Kg. / Ha.	
6	1/20(*)	54347	5625	a
4	2/50	43478	5620	a
3	3/50	65217	5548	a
5	2/45	48250	5485	a
1	4/90	48250	5318	b
1	4/100	43478	5262	b

Los tratamientos designados con la misma letra no presentan diferencia estadística.

(*) Clave para el tratamiento: No. de plantas/cm. entre matas. Por ejemplo, 4/100 significa 4 plantas cada 100 cms.

CUADRO 11
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE 6 DENSIDADES DE POBLACION Y 3 NIVELES DENITROGENO.

No. de Trata.	Distribución	Nivel en Kg.N/Ha.	granos/Mzca.	peso/grano.	Plantas Ha.	Mzca./planta.
1	4/100(*)	0	0.812	1.03	0.959	0.99
		30	0.816	1.03	1.030	1.00
		60	0.852	1.03	1.040	0.92
2	4/90	0	0.806	1.00	1.158	0.91
		30	0.808	1.00	1.133	0.97
		60	0.814	1.00	1.158	0.91
3	3/50	0	0.652	0.96	1.560	0.84
		30	0.681	0.96	1.560	0.93
		60	0.674	1.00	1.580	0.87
4	2/50	0	0.824	1.03	1.065	0.99
		30	0.886	1.00	1.076	0.99
		60	0.896	1.06	1.065	0.96
5	2/45	0	0.830	0.96	1.182	0.95
		30	0.772	1.03	1.158	0.99
		60	0.828	0.96	1.182	0.95
6	1/20	0	0.754	0.96	1.318	0.94
		30	0.788	0.96	1.345	0.93
		60	0.752	0.96	1.331	0.94

(*) Datos tomados en base a los rendimientos obtenidos en el experimento
 Clave para el tratamiento: No. de plantas/cm. entre matas. Por ejemplo:, 4/100 significa 4 plantas cada 100 cms.

Se puede notar en el Cuadro 11, que la población cosechada fué menor en los tratamientos con mayor número de plantas por postura, en relación a los tratamientos de igual población; es decir, a mayor espaciamento entre posturas, se aumenta la pérdida de población y la competencia, lo cual afecta el desarrollo de las plantas y disminuye los rendimientos.

Los rendimientos obtenidos fueron influenciados favorablemente por una mejor distribución de plantas y por la aplicación de nitrógeno. El híbrido Pioneer X-304-A no respondió a las poblaciones investigadas aún cuando se aplicaron niveles crecientes de nitrógeno.

IV.2 EFECTO DEL NITROGENO

Según el análisis de varianza, hubo respuesta significativa al 1o/o de probabilidad a la aplicación de nitrógeno. Esta respuesta puede describirse matemáticamente utilizando un modelo cuadrático. Para el cálculo de las ecuaciones, fué necesario eliminar el tratamiento de 90 Kg. de N/Ha., debido a su comportamiento errático.

El Cuadro 12 muestra las ecuaciones de regresión cuadrática para cada grupo de densidades. Se consignan también los rendimientos obtenidos para cada nivel de aplicación de nitrógeno en base a las ecuaciones de regresión respectivas.

La Figura 1 muestra éstos rendimientos en forma gráfica.

El efecto del nitrógeno sobre los rendimientos fué poco y parece estar condicionado a un contenido de nitrógeno suficiente en el suelo. El Cuadro 13 contiene los resultados de los análisis foliares tomados del maíz a los 56 días después de siembra. Para comparar éstos datos, se utilizaron los niveles sugeridos por la Universidad de Illinois y que en detalle describe Melsted et al (27) siendo los valores comparativos los siguientes: N — 3o/o, P — 0.25o/o, K — 1.9o/o, Ca — 0.4o/o, Mg — 0.25o/o Fe — 25ppm, Mn — 15ppm, Cu — 5ppm, Zn — 15 ppm.

CUADRO 12

RENDIMIENTO PROMEDIO DE GRANO DE MAIZ, AL 15o/o DE HUMEDAD, CALCULADOS PARA DOS GRUPOS DE DENSIDADES EN CADA NIVEL DE FERTILIZACION DE ACUERDO A LAS ECUACIONES DE REGRESION.

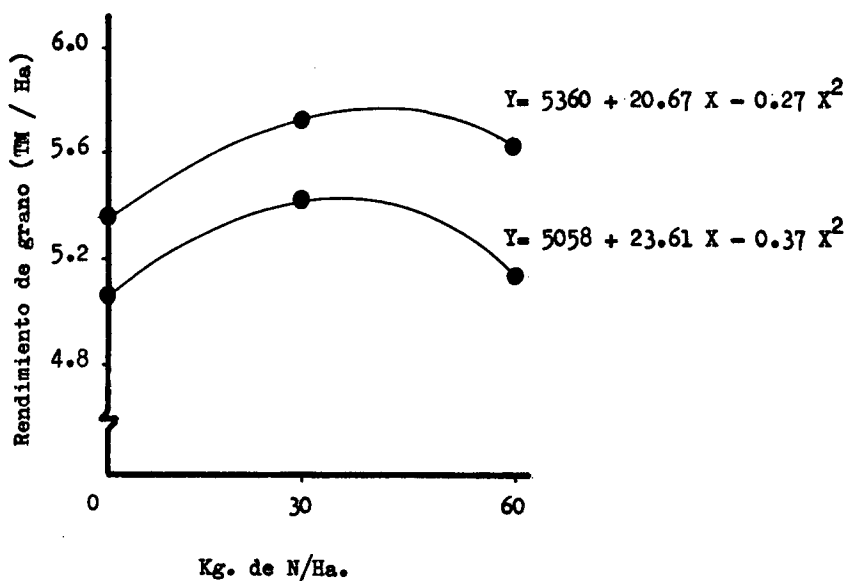
Nivel	Densidades 1 y 2 (*) Kg. por Ha.	Densidades 3, 4, 5 y 6(**)
0	5 0 5 8	5 3 6 0
30	5 4 3 0	5 7 3 5
60	5 1 3 0	5 6 2 0

(*) Ecuación cuadrática: $Y = 5058 + 23.61 X - 0.37 X^2$

(**) Ecuación cuadrática: $Y = 5360 + 20.67 X - 0.27 X^2$

FIGURA 1

ANALISIS DE REGRESION DE LA RESPUESTA A LA APLICACION DE NITROGENO EN 6 DENSIDADES DE POBLACION EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA.



● Valores de la regresión

De acuerdo a éstos resultados, los porcentajes de nitrógeno en todos los tratamientos son comparables. Aún cuando el contenido de nitrógeno estuvo por debajo del 30/o sugerido, no hubo incremento de éste con niveles crecientes de aplicación del elemento; por lo que los valores foliares encontrados se consideran adecuados.

Los porcentajes de P y K, fueron más altos que los valores críticos sugeridos y sin presentar una tendencia definida. Los contenidos de Fe, Cu, Zn y Mn, parecen ser adecuados; las concentraciones de Ca y Mg son bajas y parecen indicar niveles insuficientes de estos elementos en la planta.

IV.3 ANALISIS ECONOMICO

El ajuste de ecuaciones de regresión a los datos obtenidos en un experimento, permite disponer de un modelo matemático, con el cual se puede realizar el análisis económico respectivo. El nivel de aplicación de fertilizantes más adecuado es aquel que logre que la ganancia sea máxima o en su lugar, maximice la eficiencia del fertilizante aplicado.

La importancia de éstos criterios de interpretación y comparación económica estriba en que previamente calculados, permiten ajustar la recomendación sobre fertilizantes que se le da al agricultor, en base a sus necesidades y recursos disponibles y al movimiento de oferta y demanda de fertilizantes en la zona.

CUADRO 13

RESULTADOS DE ANALISIS FOLIARES DE MAIZ, TOMADOS A LOS 56 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.

Densidad	Nivel	PORCENTAJE					p p m			
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1	0	2.38	0.292	2.29	0.13	0.15	197	6	41	32
	30	2.53	0.300	2.61	0.14	0.12	207	9	27	36
	60	2.50	0.274	2.54	0.18	0.14	215	8	23	34
2	0	2.45	0.271	2.64	0.14	0.14	195	10	23	32
	30	2.44	0.272	2.55	0.15	0.13	229	8	33	36
	60	2.38	0.273	2.56	0.14	0.15	240	9	24	36
3	0	2.17	0.256	2.56	0.13	0.15	210	7	21	31
	30	2.28	2.275	2.54	0.14	0.14	225	7	24	32
	60	2.37	0.265	2.64	0.12	0.15	162	10	32	39
4	0	2.28	0.272	2.52	0.16	0.16	229	9	25	34
	30	2.35	0.284	2.41	0.15	0.14	195	8	38	30
	60	2.44	0.292	2.39	0.15	0.13	225	8	20	37
5	0	2.36	0.299	2.54	0.14	0.14	212	6	28	32
	30	2.36	0.305	2.56	0.14	0.12	197	12	24	35
	60	2.39	0.290	2.69	0.11	0.13	217	9	22	25
6	0	2.34	0.284	2.45	0.14	0.14	182	8	30	36
	30	2.35	0.280	2.52	0.14	0.14	217	7	24	31
	60	2.36	0.268	2.49	0.14	0.14	222	9	22	25

Los niveles de fertilización óptima se pueden calcular, pues la superficie de respuesta obtenida tiene un máximo. Los niveles de fertilización óptima y las relaciones de beneficio/costo para las 2 regresiones, se encuentran descritos en los Cuadros 14 y 15.

En el precio del nitrógeno no se incluyó el costo de aplicación. El precio del Kg. de maíz, se estimó en base al valor del quintal de grano vendido en la finca. Para el cálculo de las relaciones beneficio/costo, se utilizaron valores promedios por hectárea de 303.26 y 291.76 Quetzales, para el primero y segundo grupo de densidades respectivamente.

En los Cuadros 14 y 15, se consignan los niveles de nitrógeno que optimizan la ganancia y sus relaciones beneficio/costo; así por ejemplo, a un precio de Q. 6.00/qq de maíz y Q. 5.00/qq de nitrato de amonio, el nivel de fertilización recomendable sería 33.3 Kg. de N/Ha., obteniéndose una relación beneficio/costo de 1.42.

CUADRO 14

NIVEL DE APLICACION DE NITROGENO QUE OPTIMIZA LA GANANCIA DE LA FERTILIZACION Y SU RELACION BENEFICIO/COSTO, CALCULADO PARA DIFERENTES PRECIOS DE NITROGENO Y MAIZ. GRUPO DE DENSIDADES 3, 4, 5 y 6.

Precio grano Q/qq	Precio NO ₃ NH ₄ (quetzales/qq)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
4.00	31.22(*) 0.67(**)	24.49 0.64	17.55 0.61	10.82 0.60	4.08 0.59
5.00	32.45 1.05	26.94 1.02	21.26 0.99	15.75 0.97	10.24 0.95
6.00	33.30 1.42	28.63 1.39	23.83 1.36	19.17 1.34	14.51 1.32
8.00	34.39 2.18	30.83 2.15	27.15 2.12	23.59 2.09	20.02 2.06
10.00	35.20 3.13	32.45 3.10	29.61 3.06	26.86 3.03	24.10 3.00

(*) Nivel de aplicación de nitrógeno que optimiza la ganancia en Kg. por Ha. de N.

(**) Relación beneficio/costo.

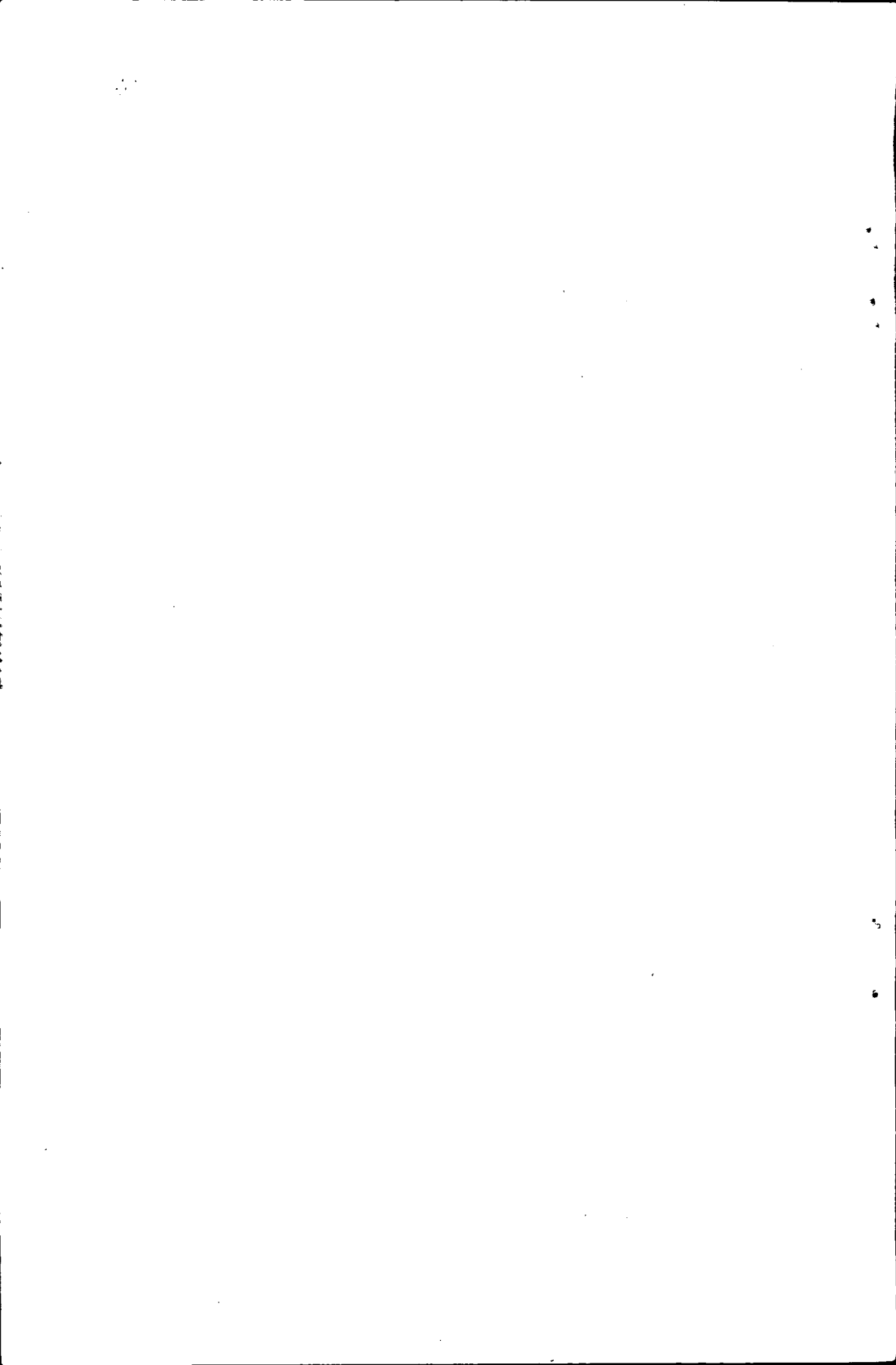
CUADRO 15

NIVEL DE APLICACION DENITROGENO QUE OPTIMIZA LA GANANCIA DE LA FERTILIZACION Y SU RELACION BENEFICIO/COSTO, CALCULADO PARA DIFERENTES PRECIOS DE NITROGENO Y MAIZ. GRUPO DE DENSIDADES 1 Y 2.

Precio grano Q/qq	Precio NO ₃ NH ₄ (Quetzales/qq)				
	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
4.00	26.73(*) 0.70(**)	21.81 0.62	16.75 0.59	11.84 0.58	6.92 0.56
5.00	27.62 1.01	23.60 0.98	19.46 0.96	15.44 0.94	11.42 0.92
6.00	28.24 1.39	24.24 1.35	21.33 1.33	17.93 1.31	14.53 1.29
8.00	29.04 2.13	26.44 2.10	23.76 2.07	21.16 2.04	18.56 2.02
10.00	29.63 3.06	27.62 3.03	25.55 3.00	23.54 2.97	21.53 2.94

(*) Nivel de aplicación de nitrógeno que optimiza la ganancia en Kg./Ha. de N.

(**) Relación beneficio/costo.



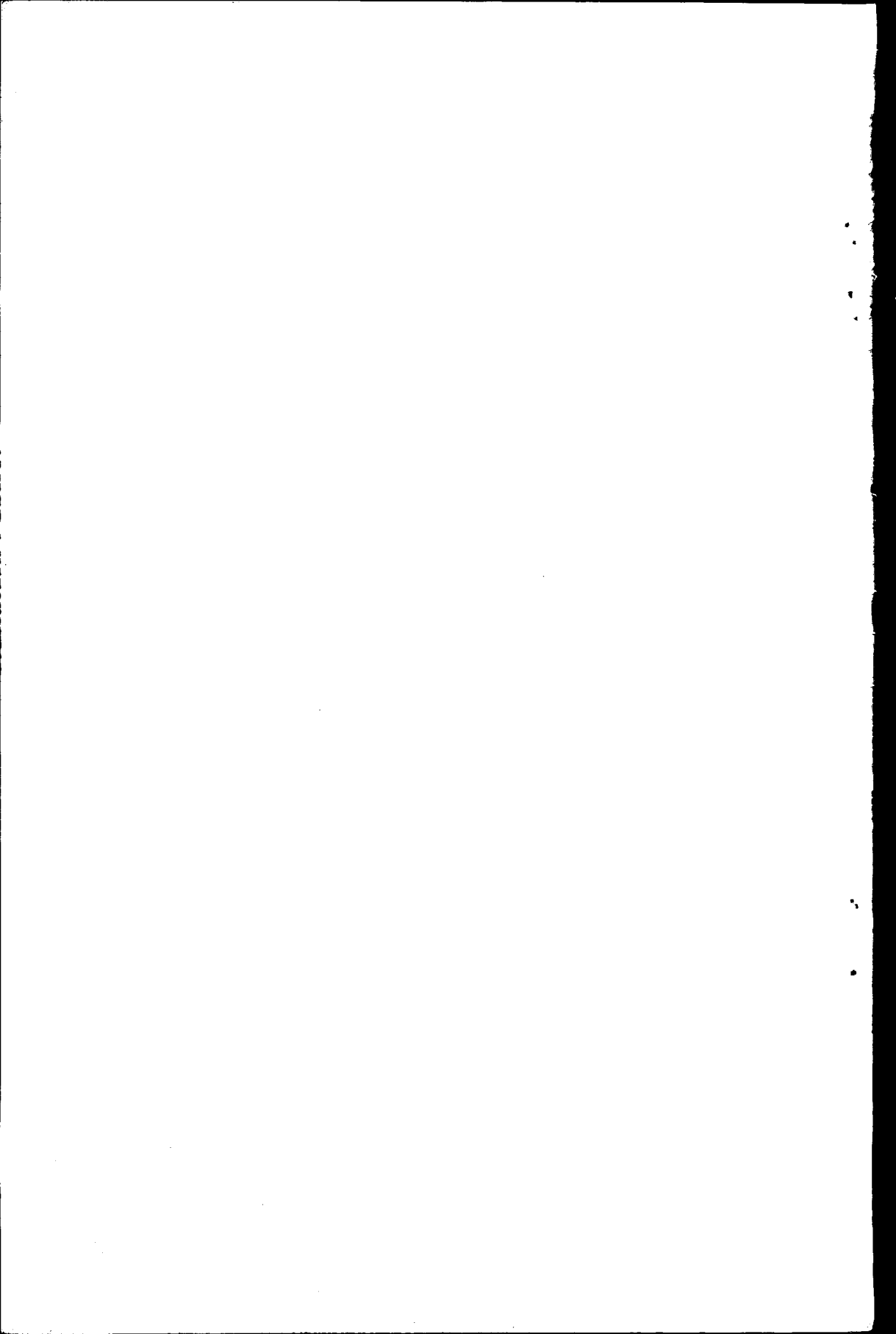
V. CONCLUSIONES

1. Las diferentes densidades de población estudiadas, que variaron de 43,478 plantas/Ha. a 65,217 plantas/Ha., no produjeron aumentos significativos en la producción de grano de maíz, aún cuando se combinaron con niveles crecientes de nitrógeno.
2. La distribución espacial de plantas, tuvo un efecto significativo sobre los rendimientos de maíz, siendo la siembra de 2 plantas cada 40 cms. mejor que 4 plantas cada 100 cms., existiendo una diferencia de 358 Kg./Ha. de grano al comparar estas dos distribuciones.
3. La densidad que se recomienda para el cultivo de maíz en el Parcelamiento La Máquina, en base a los resultados del presente estudio, es de 43,478 plantas/Ha., distribuidas en surcos espaciados a 92 cms. y colocando 2 plantas cada 50 cms.
4. La aplicación de nitrógeno, tuvo un efecto altamente significativo sobre los rendimientos de maíz. La respuesta se puede describir por medio de 2 ecuaciones de regresión cuadrática para cada uno de dos grupos de densidades de plantas, en la siguiente forma:

$$Y = 5360 + 20.67 X - 0.27 X^2$$

$$Y = 5058 + 23.61 X - 0.37 X^2$$

5. El nivel de aplicación de nitrógeno que maximiza la ganancia obtenida para la densidad recomendada fué de 33 Kg./Ha de nitrógeno, cuando el precio del nitrato de amonio es de Q. 5.00/qq y el del maíz es de Q. 6.00/qq. Se presenta un Cuadro que muestra el nivel óptimo económico de aplicación para diferentes precios del fertilizante y del grano de maíz.



VI. BIBLIOGRAFIA

1. ANLEU, MAZARIEGOS F. Abonamiento con N,P,K en maíz y frijol y su efecto residual sobre la productividad y propiedades del suelo. Turrialba, Costa Rica. IICA, Centro de Enseñanza e Investigación. 1969. pp 4 75 (Tesis Mg. Sc.).
2. BONNET, JUAN A. La ciencia del suelo. Colegio de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico 1968. 233 p.
3. BIELICK, M.N. et al. Estudio del efecto de variar el distanciamiento entre surcos sobre el rendimiento de maíz, bajo diferentes niveles de abonamiento. En: A.L.A.F. VIII Reunión, Resúmenes de trabajos científicos. Maracay, Venezuela, Sept. 1967. 273. p.
4. BOKDE, S. Interacción de híbridos de maíz con distancias y densidades de siembra en diseño sistemático. En: A.L.A.F. IX Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Vol. 4, Panamá 1974. 4 p.
5. BUOL, et al. Fertility Capability Soil Classification System. Agronomic Economic Research en tropical soil. Annual Report for 1971 and 1972. Soil Science Dept. North Carolina State Univ.; Contract AID/csd 2806. 1969.
6. CIMMYT. Investigación agronómica. Avances de un programa para aumentar rendimientos de maíz entre pequeños productores. Proyecto Puebla, 1967-1969. Mexico 1971. pp 37-55.
7. CAJAR, S.; UREÑA, L.; ARAIZ, R. Estudio sobre densidades de siembra en maíz en 3 localidades. En: PCCMCA: XVIII Reunión anual, Nicaragua, Marzo 1972. 45, p.

- 45 p.
8. CAJAR, SIERRA A. Ensayos de densidades de siembra en maíz-Panamá 1971. En: PCCMCA: XIX Reunión anual, San José Costa Rica, 5-8 de marzo de 1973. 66 p.
 9. COSTA RICA. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Maíz, cultivos agrícolas, de Costa Rica. Manual de recomendaciones, 1963. 2 p.
 10. ESPINOZA, EZEQUIEL. Densidades de población de plantas en 4 variedades de maíz de diferentes características. En: PCCMCA: XIX Reunión anual, San José Costa Rica, 5-8 de marzo de 1973. 84 p.
 11. FITTS, J.W. & WAUGH, D.L. Estudios de interpretación de análisis de suelo, laboratorio y macetas. Boletín técnico No. 3. Raleigh, Universidad de Carolina del Norte, N.C. 1966. 36 p.
 12. FOX, H. RICHARD. Fertilización con nitrógeno en los trópicos húmedos. Mexico AID/Rtac, 1974. 16 p.
 13. F.A.O. El maíz en la alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1974. 100 p.
 14. GAMBOA, JIMENEZ J. Dinámica del N,P,K en el suelo, después de 5 fertilizaciones consecutivas. Turrialba, Costa Rica. IICA, Depto. de Cultivos y Suelos Tropicales, abril 1972. (Tesis Mg. Sc.).
 15. HERNANDEZ, BARRERA J.; FERDINANG, ROSARIO. Comparación de 3 distancias entre surcos y 4 distancias de golpes con la variedad de maíz CNIA-10. En: PCCMCA: XXI Reunión anual, Vol. II, San Salvador, 7-11 de abril de 1975. pp 221-229.

16. HOLDRIGE, L.R. Mapa de zonificación ecológico de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA 1958. 19 p.
17. MEXICO. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. Guía para la asistencia técnica y agrícola en el CIANE. Mexico, 1969. 110 p.
18. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe anual 1976. Guatemala ICTA, 1977. (Inédito).
19. ————— Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe anual 1975. Guatemala, ICTA 1976. 114 p.
20. JIMENEZ, M.; SANCHEZ, DURON N. Experimentos con maíz en el Valle del Yaqui. En: Agricultura Técnica en Mexico. No. 7, 1968-1969. 48 p.
21. KUILE, TER C.H.H. Informe sobre resultados de demostraciones y ensayos con fertilizantes en maíz durante los años 1963-1964, bajo el programa de fertilizantes de F.A.O. En: PCCMCA: XI Reunión anual, Panamá 16-19 de marzo de 1965. pp 46-47.
22. LUCHSINGER, ALFREDO L. Relación entre el rendimiento y sus factores en líneas e híbridos de maíz a dos densidades de siembra. Chile, Universidad de Chile. Facultad de Agronomía, Investigación Agrícola. Vol. I, enero-abril 1975. 72 p.
23. LARA, VEGA A. Estudio de diferentes densidades de población en 4 variedades de maíz. En: PCCMCA: XIX Reunión anual, San José Costa Rica, 5-8 de marzo de 1973. 95 p.

24. LIZARRAGA, H.; KUILE, TER C.H.H. Resumen del trabajo inicial con maíz en 1962 en el Salvador y Honduras. En: PCCMCA: IX Reunión anual, San Salvador 12-15 de marzo de 1963. pp 76-79.
25. LUGO, CAJA J. Determinación de la eficiencia de utilización del nitrógeno mediante el empleo del isótopo estable No. 15 en el cultivo de maíz. En: A.L.A.F., Vol. (6): 1, enero-junio, 1969.
26. LAIRD, J.; RODRIGUEZ, J.F. Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Mexico, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto técnico No. 50, febrero 1965. pp 35-65.
27. MELSTED, S.W.; MOTTO, H.L.; PECK, J.R. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting planta analysis data. En: Agronomy Journal Vol. 61 enero-febrero, 1969. pp 17-20.
28. MOYLE, S.; WILLIAMS, J., COUSTON, W. Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes. Roma, F.A.O., Programa de fertilización, Campaña mundial contra el hambre. 1962, 54 p.
29. MONTES, SUAREZ G. Estudio de las fracciones y volatilización del nitrógeno en 2 suelos de Turrialba, Costa Rica. Turrialba, IICA. Depto. de cultivos y suelos tropicales, enero 1972. 62 p. (Tesis Mag. Sc.).
30. MORENO, AYESTES N. Efectos de la densidad de siembra sobre 4 caracteres agronómicos en 2 variedades de maíz (*Zea mays* L.). Managua, Nicaragua. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 1967. 32 p.
31. MANAGUA, NICARAGUA. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa de Mejoramiento de maíz y sorgo. Informe anual, 1969. 132 p.

32. ORTIZ, M. Aplicaciones de nitrógeno a 2 densidades de población. En: PCCMCA: VIII Reunión anual, San José Costa Rica, 13-16 de marzo de 1962. 54 p.
33. ORDAZ, ORDAZ F.; DAHME, M.R. Efecto del espaciamiento entre matas de maíz y rendimiento, bajo diferentes niveles de fertilidad de suelo. En: Agricultura Técnica en Mexico. Vol.2 (9), julio de 1968. pp 407-411.
34. PERDOMO, R.; HAMPTON, H. Ciencia y Tecnología del Suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos. Centro de Producción y Materiales. 345 p.
35. RICHTER, G. Fisiología del metabolismo de las plantas. Mexico, AID/Rtac, 1975. pp 265-270.
36. SALAS, CARLOS.; BONILLA, NERVIO. Ensayos uniformes de fertilización en Costa Rica. En: PCCMCA: Reunión anual, Tegucigalpa, Honduras 20-23 de febrero de 1961. 43 p.
37. SALAZAR, B. Angel. Un intento de difusión de prácticas mejoradas del cultivo del maíz en Nicaragua. En: PCCMCA; XII Reunión anual Managua. Nicaragua, marzo 28 de abril 2 de 1966. 42 p.
38. SCHARRER, KARL. Química agrícola; nutrición de las plantas, suelos, fertilizantes. Traducción de Ma. Teresa Toral. Mexico UTEHA, Editorial, 1960. 163 p.
39. SIMMONS, C.S. & TARANO, J.N. & PINTO, J.J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública. Ed. "José de Pineda Ibarra" y; Ministerio de Agricultura, IAN-SCIDA, 1959. 1000 p.

40. TRIGOSO, HIDALGO R. Algunos factores que afectan la fijación simbiótica del nitrógeno. Turrialba, Costa Rica. IICA, Depto. de Fitotecnia y Suelos, marzo de 1970. pp 1 (Tesis Mg. Sc.).
41. WILSON, H.R. Producción de cosechas. Mexico, AID/Rtac, 1965. 402 p.

(f) Vo. Bo. PALMIRA R. de QUAN
BIBLIOTECARIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

IMPRIMASE:

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Rodrigo Estrada González".

Ing Agr. Rodrigo Estrada González
Decano en Funciones



