

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía

ESTUDIO SOBRE LA INTERACCION DE FERTILIZACION
NITROGENADA Y DENSIDAD DE POBLACION, CON
TRES VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays L.)



ADALBERTO MAXIMINO ALVARADO CALDERON

Al conferirsele el título de

Ingeniero Agrónomo

En el grado de

Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala, Marzo de 1980

R
01
T(288)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Lic. Saúl Osorio

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	:	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1º	:	Ing. Agr. Carlos Orlando Arjona
Vocal 2º	:	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Vocal 3º	:	Ing. Agr. Rody Villatoro
Vocal 4º	:	P. Agr. Efraín Medina
Vocal 5º	:	Prof. Edgar Rivera
Secretario	:	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en	:	
Funciones	:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Examinador	:	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador	:	Ing. Agr. Anarco García
Examinador	:	Ing. Agr. Heber Rodríguez
Secretario	:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio "El Cortez", 2o. y 3er. Niveles

Teléfonos 66985 - 60581 - 67935

Guatemala, C. A.

12 de marzo de 1980

Señor Decano
Facultad de Agronomía
Su despacho

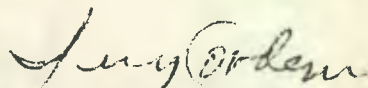
Señor Decano:

Tengo a bien dirigirme a usted para hacer de su conocimiento, que atendiendo a designación que me hiciera dicho Decanato, he asesorado el trabajo de tesis del Ing. infieri Adalberto Maximino Alvarado Calderón, intitulada "ESTUDIO SOBRE LA INTERACCION DE FERTILIZACION NITROGENADA Y DENSIDADES DE POBLACION CON TRES VARIETADES DE MAIZ."

Concluida la asesoría considero, que dicho trabajo, aporta más conocimientos útiles a la investigación agrícola nacional, específicamente a investigación maicera, y sus interacciones con fertilización y densidad de poblaciones.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Hugo Salvador Córdova

Guatemala, 10 de marzo de 1980

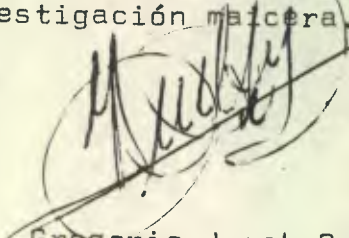
Señor Decano
Facultad de Agronomía
Su despacho

Señor Decano:

Tengo a bien dirigirme a usted para hacer de su conocimiento que atendiendo a designación que me hiciera dicho decanato, he asesorado el trabajo de tesis del Ing. infieri Adalberto Maximino Alvarado Calderón, in titulado "ESTUDIO SOBRE LA INTERACCION DE FERTILIZACION NITROGENADA Y DENSIDADES DE POBLACION CON TRES VARIEDADES DE MAIZ".

Concluido la asesoría considero, que dicho trabajo, más conocimientos útiles a la investigación agrícola nacional específicamente a investigación maicera.

Atentamente,



Gregorio Jacob Soto Guevara

Guatemala, 12 de marzo de 1980

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO SOBRE LA INTERACCION DE FERTILIZACION NITRO-
GENADA Y DENSIDAD DE POBLACION CON TRES VARIEDADES
DE MAIZ (Zea mays L.)

Con el propósito de llenar el último requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando vuestra aprobación.

Atentamente,



Adaiberto M. Alvarado C.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

Adalberto S. Alvarado
Lilian C. de Alvarado

A MIS HERMANOS

Antonieta, Aura y William

A MI SOBRINITA

Lili Arreaga

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

En especial a la Familia

García Valdez

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION
Y TRABAJO, ESPECIALMENTE A LOS
INGENIEROS AGRONOMOS

Fernando Aldana
Samuel Ajquejay
Leonel Girón

TESIS QUE DEDICO

A mi Patria Guatemala

A mi pueblo Malacatancito

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

Al Instituto Huehueteco "Alejandro Córdova"

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

A Adiestramiento Técnico de ICTA

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a las personas y entidades que contribuyeron a la realización del presente trabajo de tesis.

Al Ing. Agr. Hugo S. Córdova O, por sus valiosos consejos, asesoramiento y revisión del trabajo escrito.

Al Ing. Agr. Gregorio Jacobo Soto, por el asesoramiento y revisión del trabajo escrito.

Al Dr. Federico Poey, por sus valiosos consejos para efectuar el presente trabajo.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.

Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos en el año 1978 cuando el autor estuvo en el Curso de Adiestramiento del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publica con la debida autorización.

CONTENIDO

	Hoja
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
3. MATERIALES Y METODOS	17
3.1 Localización	17
3.2 Material Genético (V)	18
3.3 Niveles de Nitrógeno (N)	18
3.4 Densidades de Población Esperadas (D)	19
3.5 Manejo del Experimento	19
3.6 Variables en Estudio	20
3.7 Análisis Estadístico	21
3.7.1 Análisis de Varianza para Rendimiento	21
3.7.2 Comparación Múltiple de Medias	21
3.7.3 Análisis de Regresión	22
3.7.4 Análisis de Correlación Simple	22
3.8 Índice de Area Foliar (IAF)	23
4. RESULTADOS	25
4.1 Análisis de Varianza	25
4.2 Comparación Múltiple de Medias	25
4.3 Análisis de Regresión	31
4.4 Correlación entre Rendimiento y sus Componentes	34
4.5 Índice de Area Foliar (IAF)	34
5. DISCUSION DE RESULTADOS	38
5.1 Análisis de Varianza	38
5.2 Comparación Múltiple de Medias	38
5.3 Análisis de Regresión	39
5.4 Correlación entre Rendimiento y sus Componentes	40
5.5 Índice de Area Foliar (IAF)	41
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43
8. BIBLIOGRAFIA	44
ANEXO	

1. INTRODUCCION

En Guatemala el maíz constituye la base de la dieta nutricional de la población, ocupa un lugar primordial en la economía y da lugar a un gran consumo de mano de obra en su cultivo. El censo efectuado por la FAO en 1962 se estima que para el año 2,000 se sumará el doble de la población actual, es decir 6 millones más de personas, aumentando en igual proporción el consumo nacional de maíz.

Por otro lado los bajos rendimientos unitarios de 1.5 toneladas por hectárea (7), contribuye a la problemática, siendo Guatemala un país eminentemente agrícola tiene la necesidad de importar granos básicos, por lo que es necesario desarrollar técnicas que puedan incrementar los rendimientos a corto plazo.

Actualmente el encargado de solventar estos problemas a nivel nacional es el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), a través del Programa de Maíz.

En el departamento de Jutiapa la gran mayoría de la población tanto rural como urbana dependen del cultivo del maíz, pero desde hace ya varios años han venido afrontando problemas de diversa índole tales como suelos de baja fertilidad; la topografía, fuera de algunos valles, es inclinada; las lluvias aunque suficientes en la mayoría de los años para una producción normal, están mal distribuidas, registrándose períodos largos de sequía o "Canículas" que ocurren en épocas críticas para el desarrollo de las plantas. Tales problemas han traído como consecuencia el bajo rendimiento del cultivo en la región.

Los factores que impiden aumentar la producción a los pequeños y medianos agricultores se debe a la ausencia de conocimientos de tecnología mejorada y a circunstancias de orden agro-socioeconómico.

Los agricultores ven año con año que el nivel natural de fertilidad de sus suelos disminuye y que los rendimientos esperados como consecuencia de tal fenómeno tienden también a disminuir.

Las variedades tardías tienen el problema de que no logran escapar a los periodos de lluvia escasa y de distribución errática y se ven generalmente afectadas en la etapa de floración, reduciéndose considerablemente el rendimiento; una alternativa es el uso de variedades precoces pues por su corto periodo vegetativo permiten escapar a largos periodos secos y complementan su maduración con escasa humedad acumulada en el suelo.

Otro factor que influye en la baja producción de maíz es el uso de densidades de población inadecuadas, pues se ha demostrado experimentalmente que altas densidades pueden mejorar sustancialmente los rendimientos, especialmente cuando se usan variedades mejoradas y se incrementan las aplicaciones de fertilizantes. Esto beneficiaría a los agricultores minifundistas pues lograrían aprovechar con mayor efectividad sus escasos recursos de suelo y mano de obra.

Objetivos

1. Determinar la combinación óptima de población-fertilización-variedad.
2. Determinar la densidad de población óptima para máximos rendimientos de cada variedad.

3. Determinar la fertilización óptima para máximos rendimientos de cada variedad.

Hipótesis

Los rendimientos de las variedades evaluadas en el presente estudio interaccionan positivamente con los niveles de fertilización de 100 y 150 kg/ha y las densidades de 50,000 y 62,500 plantas por hectárea.

2. REVISION DE LITERATURA

EL NITROGENO EN EL SUELO

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos más importantes utilizado por las plantas para su crecimiento; su importancia radica en que es el elemento que las plantas necesitan en mayores cantidades, es un nutriente que generalmente se encuentra deficiente en todos los suelos y el cual se pierde fácilmente por lixiviación (13).

Jacob y Von Uexkull citados por Pineda (14) indican que la fertilización nitrogenada en la mayoría de los suelos es una operación correcta y necesaria. Su cantidad será adecuada si satisface la demanda de la planta y existe un equilibrio con las necesidades de fósforo y potasio.

Para poder determinar el uso más económico del fertilizante, según Cooke citado por Pineda (14), lo importante es determinar la dosis óptima del fertilizante, el método de aplicación más adecuado y el tiempo de aplicación más oportuno.

De acuerdo con Sánchez, citado por Pineda (14), muchos de los experimentos llevados a cabo a través de la región tropical, señalan que el cultivo del maíz responde positivamente a dosis de nitrógeno entre 60 y 150 kg/ha.

Según Salazar, citado por Pineda (14), los experimentos llevados a cabo en el occidente de El Salvador entre 1962 y 1968, indican que los máximos rendimientos se obtuvieron al aplicar entre 65 y 120 kg/ha de N y entre 60 y 120 kg de P_2O_5 /ha.

En el año de 1974 el ICTA (9), llevó a cabo una serie de experimentos localizados en las siguientes regiones: altiplano occiden-

tal, costa sur, suroriente y nororiente del país, para evaluar la respuesta del maíz a la fertilización con N, P y K.

Los resultados obtenidos de 7 localidades en el altiplano, el rendimiento respondió hasta niveles de N que variaron de 76 a 150 kg/ha, para alcanzar rendimientos máximos que oscilaron entre 3503 y 8385 kg/ha.

La mejor respuesta se observó con la dosis de 111 kg de N/ha, con lo cual se alcanzó el rendimiento máximo promedio de 5464 kg/ha. En la costa sur los rendimientos máximos estables variaron de 3918 a 5447 kg/ha de grano de maíz, que fueron obtenidos con dosis de 47 a 120 kg/ha de N. La respuesta se observó al nivel promedio de 84 kg/ha de N, dosis con la cual se alcanzó el rendimiento máximo promedio de 4769 kg/ha.

En la región de nororiente y suroriente del país (principalmente en los valles interiores), los rendimientos máximos estables variaron de 4315 a 6126 kg/ha de maíz obtenidos con aplicaciones de nitrógeno de 40 kg a 120 kg/ha. La respuesta promedio se observó en el nivel de 82 kg de N/ha, con lo cual se alcanzó un rendimiento máximo promedio de 5155 kg/ha.

Efecto de Densidades y Niveles de Fertilización

Cabrera (1978) estudiando el efecto de diferentes densidades de población y niveles de fertilización sobre el rendimiento de grano de maíz con las variedades CENTA M-1-B, H-8 y "Across-7322" en Tejutla, El Salvador, encontró que el rendimiento se incrementa en forma lineal y positiva en el rango estudiado, presentando la densidad de 112,000

plantas por hectárea diferencias altamente significativas sobre las 62,500 y 87,500 plantas por hectárea que fueron estadísticamente iguales.

Salazar, citado por Cabrera (1963) en dos ensayos realizados en la serie de Azo evaluando dos densidades de siembra, 50,000 y 70,000 plantas por hectárea y 5 niveles de nitrógeno encontraron que los tratamientos fueron diferentemente significativos al 5% y que el nitrógeno explicó toda la diferencia de los tratamientos.

Velásquez (1973), en un estudio de correlaciones sobre el número de hojas, madurez fisiológica y rendimiento a diferentes densidades de población con diferentes genotipos de maíz, encontró una disminución del número de hojas y aumento de los días a madurez fisiológica con el aumento en la población. Señala que los mejores rendimientos se tuvieron a la más baja densidad de población estudiada.

En la región oriental (Jutiapa) de Guatemala estudios de tres densidades de siembra comprobaron que la densidad de 40,000 plantas por hectárea dio los mejores resultados (ICTA 1975).

Prior y Russel, citado por Figueroa (1974), estudiaron el rendimiento en híbridos prolíficos y no prolíficos en densidades de población que van desde 20,000 a 72,000 plantas por hectárea en seis densidades entre sus conclusiones recomienda usar altas densidades de población para el desarrollo y evaluación de materiales en los programas de mejoramiento, con el objeto de fijar potencial de prolificidad genética y lograr un máximo rendimiento a altas densidades.

COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Los componentes de rendimiento son características de la planta y se consideran determinantes en el rendimiento final de grano. Entre las más importantes podemos mencionar número y peso de grano y número de mazorcas por planta. Estos componentes dependen de efectos genéticos cuantitativos y pueden seleccionarse con relativa facilidad (Poey, 1978).

Figueroa (1977), estudiando el efecto de la densidad de siembra sobre los componentes número y peso de grano en el rendimiento concluyó que la mayor limitante de rendimiento a altas densidades lo constituye el alto porcentaje de plantas sin mazorcas. El mismo autor resume que el peso y número de granos por plantas puede variar según se cambian las densidades de población, pero desde el punto de vista de rendimiento por unidad de área el concepto de producción de la comunidad de plantas en dicha área puede explicar mejor el rendimiento unitario y no el comportamiento individual de cada planta.

Poey (1978), dice que el rendimiento de una planta estará determinada, entre otras cosas, por la eficiencia de los procesos metabólicos y fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y translocación de la energía disponible. Algunos de los conceptos asociados a la morfología y desarrollo que influyen en la eficiencia de producción de la planta como ciclo vegetativo, la arquitectura de la planta y el área foliar, determinará el número y peso final de los granos producidos.

El mismo autor añade, que los componentes de rendimiento, aunque sean medidos en plantas individuales infieren sobre los rendimientos

de la comunidad de plantas por unidad de superficie. El número de plantas en esa unidad tendrá un efecto directo en la eficiencia de producción por planta, por ejemplo, a altas densidades de población, la competencia por luz, nutrientes y humedad del suelo ocasiona tallos delgados y de mayor altura con menor número de mazorcas y éstas de menor tamaño.

Johnson y Fisher (1979), dicen que el número de granos por área depende en gran parte de sucesos ocurridos antes y al tiempo de la floración. El término "receptáculo" ha sido utilizado para definir la formación de granos en una planta y se trata del componente de rendimiento que de ordinario contribuye a la mayor parte de la variación en el rendimiento.

Leng, citado por Paul (1979), estudió en maíz efectos del vigor híbrido en los principales componentes del rendimiento. Este investigador usó los siguientes componentes: a) Número de mazorcas por planta, b) Peso de granos por mazorca, c) Peso del grano individual, y d) Número de granos por mazorca y concluye que los híbridos, incluyendo uno o más progenitores que tenían un número medio de más de 18 hileras no mostraron heterosis en este carácter, mientras que la mayoría con progenitores de 16 líneas o menos, exhibieron un grado significativo de heterosis. Con base a estas conclusiones, este autor postula la existencia de más de un sistema genético que controla el número de granos por hilera y el de hileras por mazorca.

Paul (1979) cita también a Gómez, el cual efectuó un análisis multivarietal en varios ensayos de "top crosses", cruces simples y dobles, incluyendo varios componentes de rendimiento. Los resulta-

dos muestran que el número de mazorcas, el número de plantas por unidad de área y el peso del grano fueron los componentes principales.

Paul (1978), determinó que los componentes de rendimiento que más se asocian positivamente al rendimiento en condiciones limitadas de humedad fueron: Número de granos por mazorca, y peso promedio del grano. Los que más influyeron en sentido contrario fueron número de plantas por metro cuadrado y número de mazorcas por planta.

Grafius citado por Pineda (1976), ha postulado una interpretación del rendimiento en función de sus componentes. Este autor sugiere que, aplicada su interpretación a una población uniforme de maíz, los componentes de rendimiento son: Número de mazorcas (T), hilera por mazorca (S), granos por hilera (R) y peso de grano (U), por lo que el rendimiento será $W = TSRU$.

Mool y colaboradores citado por Pineda (1976), no están de acuerdo con lo anterior. Estos autores dicen que los efectos primarios de los genes, indudablemente son de naturaleza bioquímica y que los caracteres como número de mazorcas, granos por mazorca y peso de grano en sí son efectos secundarios de los genes del rendimiento. Indican además que los componentes del rendimiento pueden ser medidos con mayor precisión que el rendimiento mismo, que si estos están correlacionados con el rendimiento, podrían ser de mucha utilidad en programas de mejoramiento.

Entre los investigadores que han estudiado la influencia de los componentes en el rendimiento, así como el grado de asociación entre los mismos, están los siguientes:

Reitz citado por Pineda (1976), encontró que los valores de los

coeficientes de correlación entre longitud de mazorca y su circunferencia estuvieron comprendidos entre 0.203 a 0.623, con un promedio de 0.43. La correlación entre la longitud de mazorca y número de hileras fue insignificante, mientras que la del número de hileras y la circunferencia varió entre 0.425 a 0.668. El valor promedio del coeficiente de correlación entre longitud de mazorca y peso de la misma fue de 0.810, mientras que los valores de correlación entre peso de mazorca y número de hileras estuvieron entre 0.178 a 0.345 y los del peso de la mazorca y circunferencia variaron entre 0.648 a 0.840.

Sandoval (17), efectuando un estudio de correlación entre los componentes del rendimiento, encontró que los más asociados fueron granos por hilera y longitud de mazorca (0.757), diámetro de mazorca y longitud de grano (0.652). Los menos asociados, fueron longitud de mazorca con número de hilera por mazorca (0.065), y granos por hilera con número de hileras (0.076).

Se encontró un coeficiente de correlación negativo entre peso de grano y número de hileras (-0.152).

El mismo autor, en un análisis de correlación efectuada entre los componentes y el rendimiento, encontró que los componentes que están más asociados con el rendimiento, fueron los siguientes: Número de mazorcas por planta (0.474), longitud de mazorca (0.371) y diámetro de mazorca (0.361). Los menos asociados fueron: Número de hileras (0.353) y longitud de grano (0.299). Aunque de baja magnitud todos los coeficientes encontrados fueron significativos por consecuencia del número de plantas estudiadas.

Pineda (1976), indica que para las condiciones de Jutiapa pueden tomarse como referencia los siguientes valores posibles para estimar el rendimiento óptimo y relativo:

- a. 40,000 plantas por hectárea
- b. 0,95 mazorcas por planta.
- c. Mazorcas que pesan media libra con 80% de grano
- d. 1,500 granos por libra

Estos valores fijos producen 38,000 mazorcas por hectárea, con un promedio de 600 granos por mazorca que tiene un peso de 0.3 gramos por grano. El rendimiento por hectárea producido bajo estas condiciones sería de 6,840 kg/ha ó 105.3 quintales por manzana.

Poey (15), indica que el rendimiento puede expresarse matemáticamente como el producto promedio de los componentes de una planta y el número de plantas por unidad de superficie.

Para cereales, esta función puede expresarse en su forma más simple como:

$$R = Gm^2 \times Pg \times 10$$

$$R = \text{kg/ha}$$

Gm^2 = Número promedio de grano por metro cuadrado

Pg = Peso promedio de grano (en g), corregido a la humedad deseada.

10 = Constante obtenida de multiplicar por 10,000 para ajustar Gm^2 a 1 Ha y dividir entre 1,000 para ajustar a g a kg en

Pg .

Esta fórmula simplificada es útil para estudios agronómicos o genéticos de índole exploratorio. Para estudios más precisos, el componente Gm^2 puede redefinirse como:

$$Gm^2 = P1 \times Nf \times Ng$$

donde:

P1 = Número de plantas por metro cuadrado

Ni = Número promedio de estructuras florales por planta (mazorcas, vainas, espigas, etc)

Ng = Número promedio de granos por estructura

Quedando la ecuación como:

$$R = P1 \times Nf \times Ng \times Pg \times 10$$

En base a una estimación adecuada de los componentes de rendimiento se puede calcular el rendimiento por hectárea. Para lograr datos confiables es importante lograr un muestreo lo más representativo posible de los componentes. Mientras más se subdividen los componentes, la inferencia al rendimiento corre mayor riesgo de sesgo. Por ejemplo en maíz, estimar el número de granos (Ng) en base a número de hileras (Nh) y número de granos por hilera (Ngh) presenta dificultad de obtener una muestra representativa en base a pocas mazorcas que se pueden utilizar. Además, se dificulta la estimación del número de granos por hileras en mazorcas podridas o dañadas por pájaros. A no ser que el objetivo del investigador incluya específicamente determinar el número de hileras y número de granos por hilera, es preferible considerar el parámetro número de granos por mazorca (ng) en forma más directa, tratando de muestrear las mazorcas en la forma más aleatoria y objetivamente posible. Igualmente, al considerar el peso de grano, deberá tratarse de obtenerlo en forma más directa para eliminar el sesgo derivado de la corrección por porcentaje de desgrane y humedad que se requiere para eliminar el peso

del olote, así como ajustar la humedad del grano al momento de pesarse.

AREA FOLIAR

Es importante, durante el proceso de evaluación, relacionar la eficiencia por planta con los valores obtenidos por unidad de área. Esto implica utilizar la óptima densidad de población durante el proceso de selección.

El nivel de densidad óptimo para máxima eficiencia por unidad de superficie no puede ser preestablecida en forma generalizada. Teóricamente, sin embargo, puede definirse como la densidad que permita el máximo de utilización de energía solar, una vez que los factores controlables se encuentren en cantidad y calidad óptimas (16).

Lemon citado por Poey (1978), ha informado que la media de eficiencia de flujo de radiación incidente en la superficie foliar del maíz es de 7.3% durante las horas del medio día, y aproximadamente 25% durante los periodos de baja radiación al final del día. Sin embargo los aspectos relacionados a la energía solar tienen influencia directa en los procesos fisiológicos de la planta. En función de la energía solar disponible, la densidad de población óptima puede redefinirse como aquella en la que al momento de la floración toda la energía lumínica disponible es utilizada por la planta, mientras que todas las hojas permanecen funcionales.

Este criterio, en la práctica, se mide en base a la relación de superficie total de las hojas sobre la unidad de superficie del suelo donde se encuentran.

El mismo autor dice que el índice de área foliar (IAF) dependerá de la densidad de la población y la arquitectura de la planta. El IAF óptimo será aquél que aprovecha al máximo toda la energía lumínica disponible.

Duncan (1972), y Yamaguchi (1974), citados por Poey (1978), mencionan que las variedades de la zona maicera de los Estados Unidos de América alcanzan un valor de IAF de 3.5 a 50 mil plantas por hectárea, mientras que a esa misma densidad, los IAF de maíces tropicales típicos fluctúan de 5 a 7. Este exceso de superficie foliar pone de manifiesto la baja eficiencia de los fenotipos tropicales en su aprovechamiento de la luz, ya que la conversión a materia seca, especialmente en los granos, es notablemente inferior a los de zonas templadas.

Poey (1978), añade que la arquitectura de la planta, lógicamente tiene gran influencia en la eficiencia que se puede lograr a un mismo IAF. El largo, número, posición, ancho y ángulo de las hojas con el tallo influyen en la intercepción de la luz por área foliar.

Según Duncan (1972) citado por Poey, el rendimiento de grano por planta está limitado por una de las siguientes condiciones: El Número de granos que se pueden desarrollar, o la habilidad de la planta para desarrollarlos. Por tanto, el mejor rendimiento será cuando se logre formar el número máximo de granos y la competencia con otras plantas no reduzca su habilidad de desarrollarlos. Esto lo demuestra el autor mediante gráficas de rendimiento y número de plantas por área é IAF (Figura 5, Anexo). A baja densidad de siembra y a bajo IAF el aumento en rendimiento es lineal. En esa sección de la curva, de 0

a 30,000 plantas por hectárea, sus observaciones sobre sólidos solubles en el tallo y peso de grano, sugieren que los granos se desarrollaron a máxima capacidad, indicando que toda la energía disponible se utilizó, pero que no hubo suficiente receptáculo para aprovecharla mejor.

En la sección de 30 mil a 60 mil plantas por hectárea, el rendimiento por planta disminuye, pero aumenta el rendimiento por unidad de área a 60 mil plantas por hectárea, la intercepción de la luz es mayor y por lo tanto, aumenta la fotosíntesis por hectárea. Sin embargo los análisis bioquímicos de la planta y granos demuestran que los sólidos solubles en el tallo fueron bajos y que el peso de grano por planta se redujo a un 15%, deduciéndose que a esta densidad de siembra el rendimiento estaba limitado por la incapacidad de la planta para desarrollar los granos y no al número de granos por planta.

A partir de esa densidad de siembra la curva de rendimiento se mantiene estable o disminuye, sugiriendo que las plantas pierden eficiencia fotosintética, limitando, a los niveles de población más altos, no sólo la población de granos, sino también la de mazorcas por planta.

Mendoza y Ortiz (1973) citados por Poey (1978), encontraron que el mejor estimador del área foliar total es la superficie de la hoja de la mazorca junto con la inmediatamente superior e inferior.

Bolaños (1978), estudiando el comportamiento de parámetros fenotípicos y fisiológicos a diferentes densidades de población con fenotipos contrastantes en maíz dice que el índice de área foliar es una característica afectada por el genotipo y la densidad de siembra, y

no necesariamente un alto valor en esta característica se refleja en un alto rendimiento.

El mismo autor resume que el índice de área foliar tiende a aumentar conforme aumenta la densidad de población; la altura de planta y de mazorca tiende a aumentar hasta un límite y después empiezan a decrecer y el grueso del tallo, tiende a disminuir conforme aumenta la densidad de población.

El rendimiento por planta y el número de granos por mazorca por planta tienden a disminuir con los aumentos de densidad de población y el rendimiento por hectárea no aumenta cuando se aumenta la densidad de población y el IAF disminuye conforme aumenta la densidad de población.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El experimento estuvo localizado en la aldea Río de la Virgen del municipio de Jutiapa. La aldea posee características similares a los terrenos agrícolas de la región, encontrándose a una altura de 2961 pies sobre el nivel del mar.

En 1977 hubo una precipitación de 916 mm registrados en 44 días de lluvia durante el año. Existe una temperatura media anual de 28°C y una mínima media anual de 17°C en una latitud 14°18'25" y una longitud de 89°53'50".

Los suelos que predominan en la aldea corresponden a las Series Culma y Mita. Los suelos culma son pedregosos y según análisis de laboratorio de Suelos de ICTA, éstos son de Franco arcillosos a arcillosos, con un pH de 6.0 contenido de sodio, la saturación de bases promedio es de 50 y con 10 y 6 me/100 g de Ca y Mg respectivamente.

Se reporta un CTI de 17 a 33 me/100 g según zonificación ecológica de Guatemala de Holdridge (1958). Por sus formaciones vegetales, esta región corresponde a la faja de "Bosque Subtropical seco"; la vegetación natural consiste en gramas y matorrales, muchos de los cuales son plantas espinosas, lleno de malezas con muchas especies Xerofíticas (10).

El área experimental abarca una extensión de 4412.8 metros cuadrados.

3.2 Material Genético (V)

- V₃ Variedad de polinización libre de grano blanco dentado formado en 1976 con 10 familias de Tuxpeño-1 cuyo comportamiento fue superior evaluado bajo condiciones de sequía drástica en CIMMYT. Su altura de planta y mazorca es baja y de período vegetativo medianamente tardía.
- A-4 Variedad de polinización libre de grano amarillo semicristalino de período vegetativo precoz a intermedio, formado con familias precoces originadas en CIMMYT con 4 ciclos de selección en Guatemala (2 de medios hermanos y 2 de hermanos completos) de poco follaje y altura de planta y mazorca mediana.
- B5 Variedad de polinización libre de grano blanco semicristalino seleccionado en base a segregantes blancos de 28 familias de población A-4 evaluados en Jutiapa en 1976 de período vegetativo precoz a intermedio.

3.3 Niveles de Nitrógeno (N)

- N₁ = 200 kg/ha de nitrógeno
- N₂ = 150 kg/ha de nitrógeno
- N₃ = 100 kg/ha de nitrógeno
- N₄ = 50 kg/ha de nitrógeno

3.4 Densidades de Población Esperados (D)

d_1 = 60 cm entre posturas de dos plantas 41666 pl/ha

d_2 = 50 cm entre posturas de dos plantas 50000 pl/ha

d_3 = 60 cm entre posturas de tres plantas 62500 pl/ha

d_4 = 50 cm entre posturas de tres plantas 75000 pl/ha

Distancia entre surcos 80 cm.

Densidades de Población Evaluadas

d_1 = 60 cm entre posturas de dos plantas 42542 pl/ha

d_2 = 50 cm entre posturas de dos plantas 48191 pl/ha

d_3 = 60 cm entre posturas de tres plantas 58700 pl/ha

d_4 = 50 cm entre posturas de tres plantas 70266 pl/ha

3.5 Manejo del Experimento

Diseño : Parcelas subdivididas en un diseño de Bloques al azar

Fecha de Siembra : 10 de junio de 1978

Preparación del terreno : Esta práctica se hizo con una pasada de arado y dos pasadas de rastra en forma cruzada surqueando a 80 cm.

Siembra : La siembra se hizo con chuzo sembrando a 50 y 60 cm entre posturas según la densidad deseada; sembrando 5 granos por postura para ralearse a 2 ó 3, según el tratamiento.

Fertilización: Al momento de la siembra se aplicó un 50% del total de nitrógeno y el 100% de fósforo a todos los tratamientos.

La 2ª aplicación se hizo a los 30 días aplicando sólo nitrógeno en proporción de 25% del total según el tratamiento.

La 3ª fertilización se hizo con nitrógeno a los 45 días con una aplicación del 25% restante.

Control de Malezas

La 1ª limpia se hizo entre 15 y 20 días después de sembrada con azadón, la segunda a los 45 días después de la siembra.

Control de Plagas

Se hizo una aplicación al suelo y al follaje con Volatón granulado y una aplicación de Lanate al follaje.

Cosecha

La cosecha se hizo cuando el cultivo estuvo en su madurez fisiológica adecuada, cosechándose los dos surcos centrales para evitar el efecto de bordes.

3.6 Variables en Estudio

1. Rendimiento expresado en kg/ha de grano al 15% de humedad.
2. Días a floración
3. Altura de planta y mazorca
4. Número de mazorcas podridas

5. Porcentaje de acame
6. Componentes de rendimiento
 - No. granos/mazorca
 - No. plantas/m²
 - No. mazorcas/planta
 - Peso de grano
7. Superficie foliar
8. Indices de áreas foliares

3.7 Análisis Estadístico

3.7.1 Análisis de Varianza para Rendimiento

Se utilizó el arreglo de parcelas sub-subdivididas en un diseño de bloques al azar.

Parcela principal: Variedades

Subparcela : Niveles de nitrógeno

Sub-subparcela : Densidades de población

El modelo de diseño bajo el cual se estudió el análisis de Varianza para rendimiento se describe en el Cuadro 1.

3.7.2 Comparación Múltiple de Medias

Se efectuó la comparación múltiple de medias para probar la hipótesis de que las medias de rendimiento de las variedades interaccionan diferentemente en su respuesta a los diferentes niveles de nitrógeno y densidades de

población, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con un valor del 5%.

3.7.3 Análisis de Regresión

El análisis de regresión se efectuó para determinar la respuesta y el nivel óptimo de los diferentes tratamientos de nitrógeno y densidades de población se utilizó el siguiente modelo de regresión cuadrática:

$$Y = U + b_1X_1 + b_2X_2 + b_1^2X_1^2 + b_2^2X_2^2 + e. \text{ respuesta cuadrática.}$$

donde:

Y_1 = Rendimiento promedio

U = Media de rendimiento

B_1 = Coeficiente de regresión

X_1 = Respuesta nivel de fertilización

X_2 = Densidad de población

3.7.4 Análisis de Correlación Simple

La importancia relativa de los componentes de rendimiento se determinó mediante el análisis de correlación con el rendimiento real obtenido. La magnitud de la correlación infiere sobre el grado de asociación del componente con el rendimiento. Estos se estimaron utilizando el modelo que se describe a continuación:

$$R = P1 \times NS \times Nf \times Pg \times 10$$

en donde:

$$R = \text{Rendimiento}$$

$$P1 = \text{No. de plantas por metro cuadrado}$$

$$Nf = \text{No. promedio de estructuras florales por planta (mazorcas)}$$

$$Ng = \text{No. promedio de granos por mazorca}$$

$$10 = \text{Constante obtenida de multiplicar por 10,000 para ajustar granos por metro cuadrado a una hectárea y dividir entre 1,000 para ajustar g a Ng en Pg.}$$

3.8 Indice de Area Foliar (I.A.F.)

Se determinó el índice de área foliar (IAF) de 6 plantas por tratamiento por repetición (Superficie foliar m^2/m^2) para determinar la eficiencia de las variedades con los valores de rendimiento obtenidos por unidad de área.

CUADRO 1. Análisis de Varianza apropiado para el diseño de parcelas sub-subdivididas. Experimento Variedades x Niveles de N y Densidades de Población. Jutiapa 1978

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CM
Repeticiones (R)	(R-1)	CM ₁
Variedades (V)	(V-1)	CM ₂
Error (a)	(R-1)(V-1)	CM _(a)

Total Variedades	RV-1	

Niveles (N)	(N-1)	CM ₃
Variedades x Niveles	(N-1)(V-1)	CM ₄
Error (b)	(R-1)(N-1) + (R-1) x (N-1)(V-1)	CM _(b)

Total para Niveles	RVN-1	

Densidad (D)	(D-1)	CM ₅
Densidades x Variedades	(D-1)(V-1)	CM ₆
Densidades x Niveles	(D-1)(N-1)	CM ₇
Densidades x Niveles x Variedades	(D-1)(N-1)(V-1)(R-1) (D-1) + (R-1)(D-1) (V-1) + (R-1)(D-1) (V-1)(N-1)	
Error (c)	(D-1)(V-1)(N-1)	CM _(c)

T o t a l	RVND-1	

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de Varianza

El Cuadro 2, resume el análisis de varianza para rendimiento realizado bajo el diseño de parcelas sub-subdivididas; el cual muestra que la fuente de variación, densidades y sus interacciones fueron altamente significativas, sugiriendo, este análisis, que el factor densidades es el más importante.

Al observar el coeficiente de variación de dicho experimento (8.25), nos sugiere que el manejo fue adecuado y los datos tomados tienen confiabilidad.

4.2 Comparación Múltiple de Medias (DUNCAN 5%)

Se efectuó el análisis de medias únicamente para aquellas fuentes de variación que fueron significativas.

En los Cuadros 3, 4, 5 y 6 se incluyen los análisis de medias efectuados.

Los resultados del Cuadro 3 indican que la mejor densidad fue la de 48191 plantas por hectárea, la cual fue estadísticamente superior a las demás.

El Cuadro 4, muestra las mejores interacciones Densidad x Variedad y los mejores son aquellos que inclufan la densidad de 48191 plantas por hectárea, es decir que las variedades no determinaron los rendimientos.

CUADRO 2. Análisis de Varianza bajo el diseño experimental de parcelas Sub-subdivididas. Jutiapa 1978

F.V.	F
Bloques	0.07 NS
Variedades (a)	0.05 NS
Niveles (b)	1.04 NS
a x b	1.17 NS
Densidades (c)	7.55 ^{oo}
c x a	1.77 ^o
c x b	6.67 ^{oo}
c x a x b	9.77 ^{oo}
CV	8.25

NS = No significativo

^{oo} = Significativo al 1%

^o = Significativo al 5%

CV = Coeficiente de Variación

CUADRO 3. Comparación de Medias para Densidades. Jutiapa 1978

D	kg/ha
48,191	5541 A
70,266	5325 B
58,700	5276 B C
42,542	5121 C

CUADRO 4. Comparación de Medias para Densidades por Variedad. Jutiapa 1978

D	V	kg/ha	
48,191	- V3	5588	A
48,191	- A-4	5523	A B
48,191	- B5	5513	A B
70,266	- A-4	5497	A B
70,266	- V3	5437	A B C
58,700	- A-4	5316	A B C
58,700	- V3	5260	A B C D
42,542	- V3	5226	B C D
58,700	- B5	5222	B C D
42,542	- B5	5136	C D
70,266	- B5	5041	D
42,542	- A-4	4963	D

CUADRO 5. Comparación de medias para Densidad
x Nivel de Fertilización. Jutiapa
1978

D	N	kg/ha
48,191	- 200	5871 A
48,191	- 50	5790 A B
58,700	- 100	5775 A B
42,542	- 100	5555 A B C
70,266	- 200	5528 A B C
70,266	- 100	5411 B C D
48,191	- 150	5347 C D E
70,266	- 50	5320 C D E
58,700	- 50	5291 C D E
58,700	- 150	5217 C D E F
48,191	- 100	5158 C D E F
42,542	- 50	5046 D E F
58,700	- 150	5042 D E F
42,542	- 200	4943 E F
42,542	- 150	4939 E F
58,700	- 200	4822 F

CUADRO 6. Comparación de las medias de rendimiento para Densidades x Niveles x Variedades. Jutiapa 78

	D	N	V	kg/ha
1.	48191	- 100	- V3	6224
2.	70266	- 200	- V3	6165
3.	48191	- 50	- A4	5973
4.	58700	- 100	- A4	5939
5.	70266	- 150	- A4	5925
6.	42542	- 100	- A4	5917
7.	58700	- 100	- V3	5915
8.	48191	- 50	- V3	5878
9.	48191	- 200	- A4	5766
10.	70266	- 50	- V3	5732
	.			
	.			
	.			
28.	42542	- 50	- V3	5247
	.			
	.			
	.			
34.	58700	- 150	- A4	5082
	.			
	.			
	.			
39.	70266	- 200	- B5	4866
	.			
	.			
41.	58700	- 100	- V3	4665
	.			
	.			
48.	48191	- 50	- A4	4334

En el Cuadro 5 se nota que los tratamientos que incluyen las densidades de 48,191 plantas por hectárea están expresando el máximo potencial de rendimiento de la interacción niveles por densidad; sin embargo nótese la no significancia de los niveles de nitrógeno, pues niveles contrastantes de 50 y 200 kg/ha no interaccionan con 48,191 plantas por hectárea.

El Cuadro 6 muestra la triple interacción y al hacer la comparación de las medias de rendimiento se puede observar que no hay diferencia significativa hasta el tratamiento 28.

4.3 Análisis de Regresión

Al realizar el análisis de varianza para rendimiento se observó que solamente las densidades fueron altamente significativas; por lo cual se efectuó el análisis de regresión para esta fuente de variación.

Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas de regresión y la ecuación de regresión por medio de los cuales se determinó la población óptima para máximos rendimientos de cada variedad y en forma global para las tres variedades.

Por medio de la ecuación de regresión se determinó que la variedad V_3 su máximo rendimiento fue de 5414 kg/ha con una densidad de 51,000 plantas por hectárea; la variedad A-4 obtuvo un rendimiento máximo de 5455 kg/ha a una densidad óptima de 68,157 plantas por hectárea, y la variedad B5 con un rendimiento de 5246 kg/ha a una densidad de 46460.

FIGURA I CURVAS DE REGRESION ENTRE RENDIMIENTO Y DENSIDADES DE POBLACION PARA LAS VARIETADES A 4, V3 Y B5 JUTIAPA 1978.

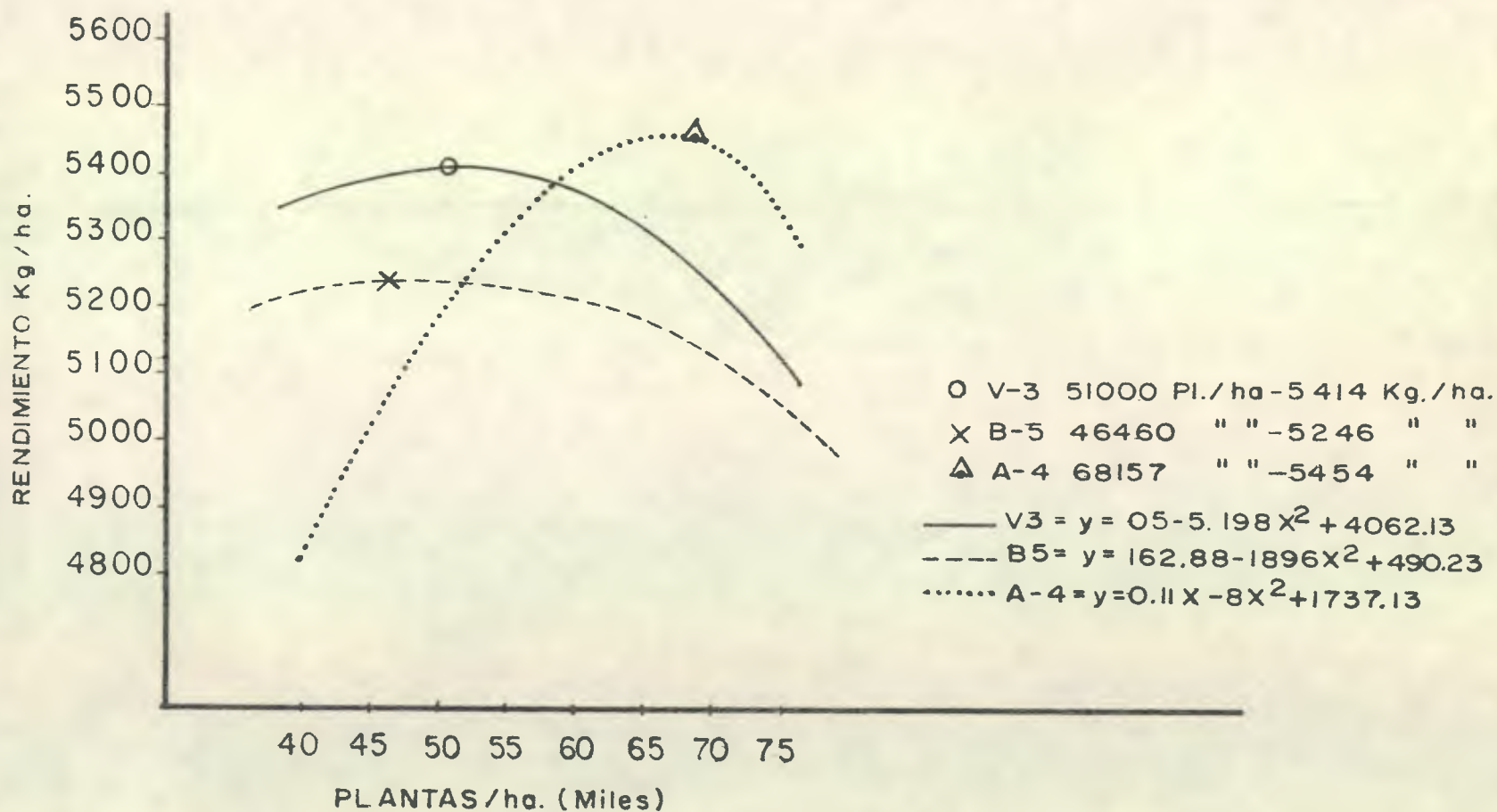
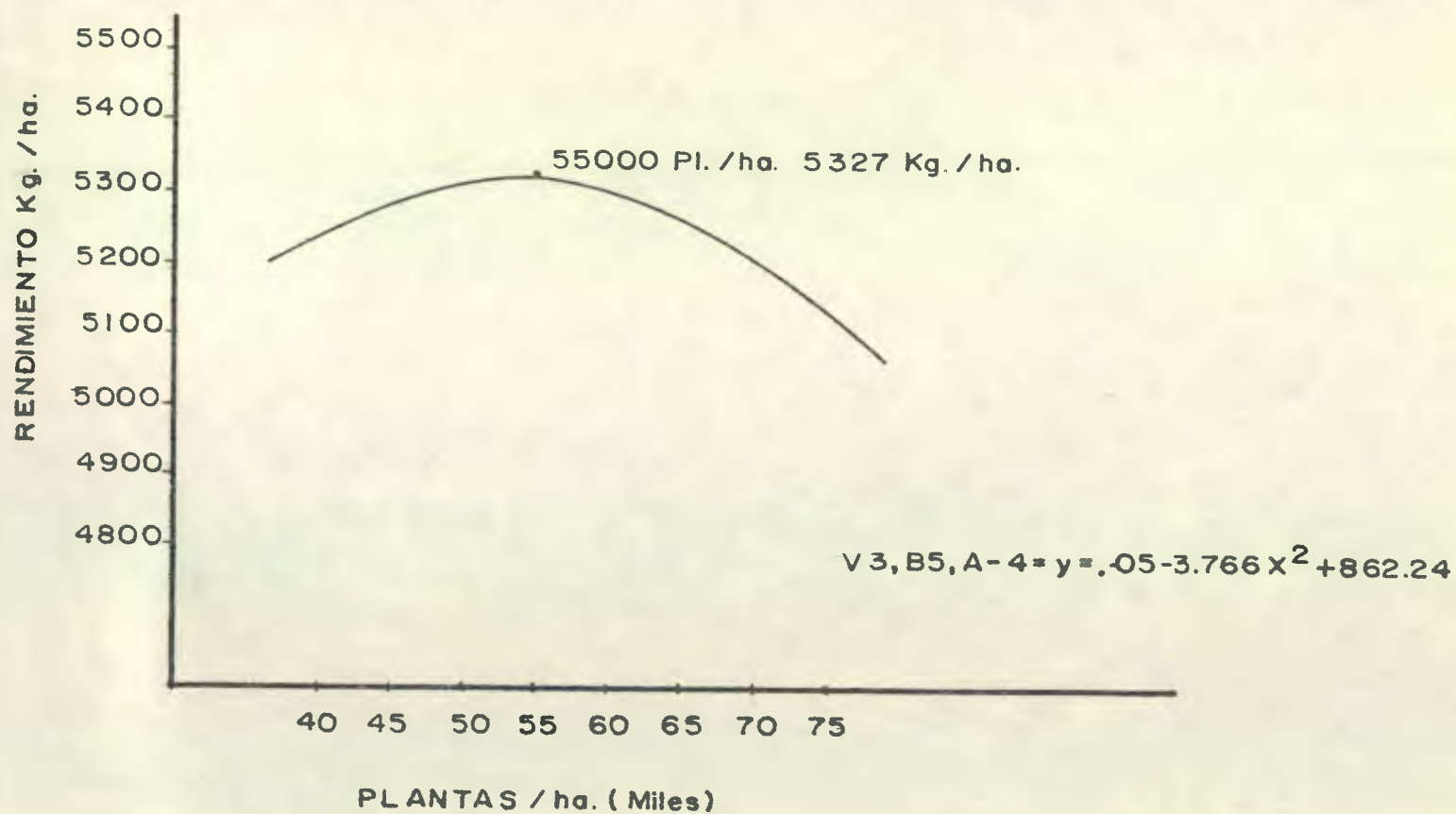


FIGURA 2 CURVA DE REGRESION ENTRE REDIMIENTO Y DENSIDADES DE POBLACION PARA LAS TRES VARIIDADES (A-4, V 3 B-5) EN FORMA GLOBAL. JUTIAPA 1978.



La ecuación de regresión global para las tres variedades (Figura 2) se obtuvo un máximo rendimiento de 5327 kg/ha con una densidad óptima de 55,000 plantas/ha.

4.4 Correlación entre Rendimiento y sus Componentes

Los coeficientes de correlación para estimar la asociación entre el rendimiento y sus componentes para cada variedad y en forma global, como sus coeficientes de variación se presentan en el Cuadro 7. Para las tres variedades en forma global los componentes plantas/m² y peso de grano, no están correlacionados con el rendimiento, únicamente en la variedad A-4 el componente plantas/m² fue significativo.

Los coeficientes de variación son bajos y dan a los índices de correlación buena confiabilidad.

4.5 Índice de Área Foliar (IAF)

Las Figuras 3 y 4 nos muestran la relación entre índice de área foliar y rendimiento; se observa que a medida que aumenta la densidad aumenta el índice de área foliar, pero el rendimiento decrece, como lo demuestra la Figura 4 en forma global para las tres variedades en donde el máximo se logra a 48,191 plantas por hectárea con IAF de 5.08.

CUADRO 7. Componentes del rendimiento de 3 variedades de maíz, evaluadas con cuatro niveles de fertilización y 4 densidades. Jutiapa 1978

Tipo de Análisis	Componentes R ₁	V ₁ - V ₂ - V ₃				R ₂	P1 ₂	V ₁			R ₃	P1 ₃	V ₂			R ₄	P1 ₄	V ₃		
		P1 ₁	Nf ₁	Ng ₁	Pg ₁			Nf ₂	Ng ₂	Pg ₂			Nf ₃	Ng ₃	Pg ₃			Nf ₄	Ng ₄	Pg ₄
X	5259	5.49	.94	303	.280	5233	528	.937	392	.788	5334	5.6	.933	360	.287	5212	5.6	.95	384	.270
r		.084NS	.244*	.389**	-.15NS		-.106NS	.262*	.65**	-.35NS		-.13NS	.41**	.763**	-.14NS		.33*	.096NS	-.08NS	.071NS
C.V.		20.5	9	16.6	11		17.5	9	15.6	11.4		21	10.7	18	11		23	8	15	8

- X = Media
- r = Coeficiente correlación
- C.V. = Coeficiente variación
- R₁ R₂ R₃ R₄ = Rendimiento kg/ha
- P1₁ P1₂ P1₃ P1₄ = No. plantas /m²
- Nf₁ Nf₂ Nf₃ Nf₄ = No. Mazorcas/planta
- Ng₁ Ng₂ Ng₃ Ng₄ = No. granos/mazorca
- Pg₁ Pg₂ Pg₃ Pg₄ = Peso de grano (grs) al 15%
- V₁ = 85
- V₂ = V3
- V₃ = A-4
- * = Significancia 5%
- ** = Significativo 1%
- NS = No significativo

FIGURA 3 CURVA DE RENDIMIENTO DE GRANO Y DENSIDAD DE POBLACION PARA LAS VARIETADES A-4, V-3, B-5 INDICE DE AREA FOLIAR EN PARENTESIS, JUTIAPA 1978

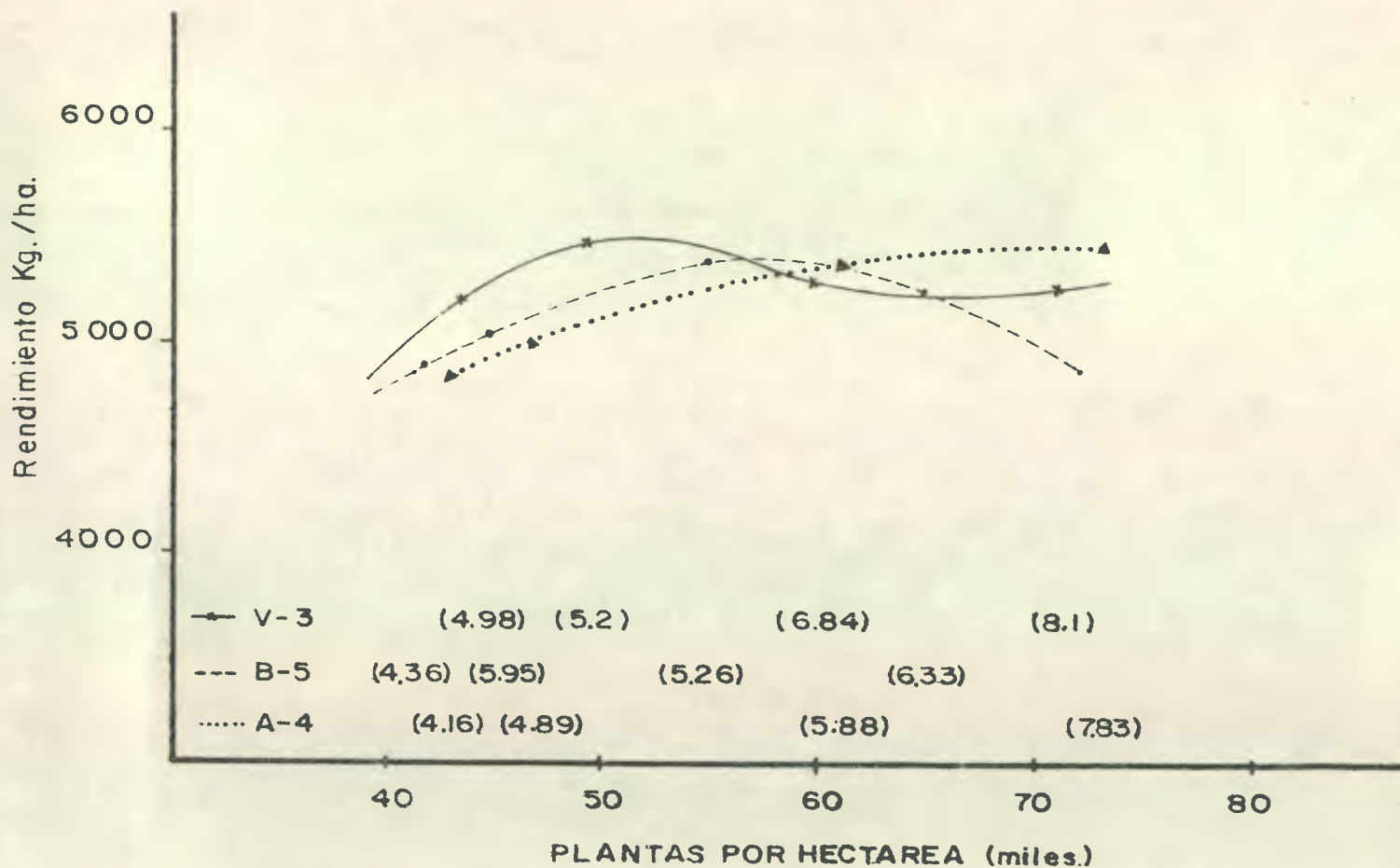
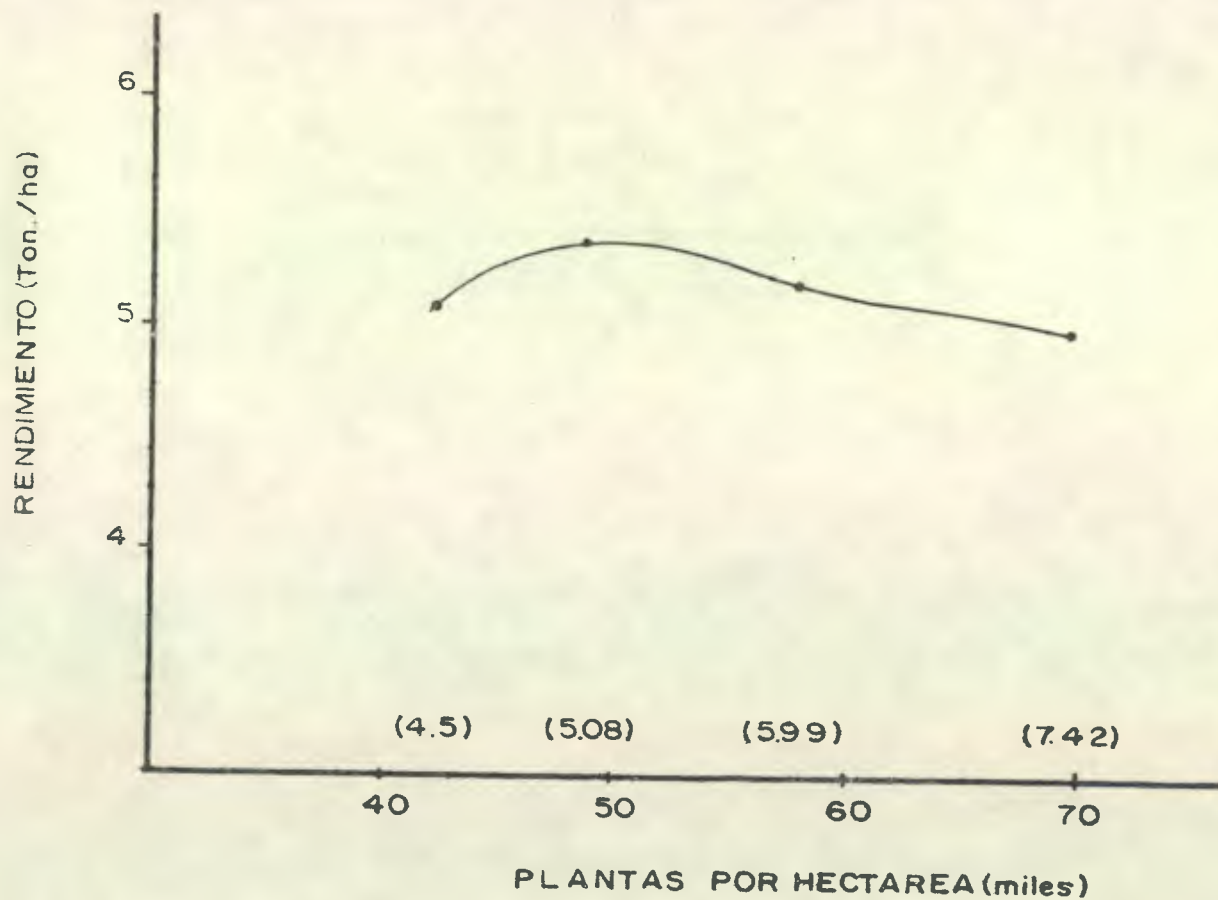


FIGURA 4

CURVA DE RENDIMIENTO DE GRANO Y DENSIDAD DE POBLACION PARA LAS VARIETADES (A-4,V3,B-5) EN FORMA GLOVAL, INDICE DE AREA FOLIAR EN PARENTESIS, JUTIAPA 1978



5. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Análisis de Varianza

Repasando el Cuadro 2, existió diferencia altamente significativa en densidades, no así en variedades y fertilización. Al analizar la precipitación pluvial (Figura 6, Anexo), se ve que las tres aplicaciones de fertilizante (a la siembra, 30 días y 45 días después de la siembra) coincidieron con épocas donde la precipitación fue escasa; a la vez el tipo de suelo (Culma), donde se montó el experimento, presenta baja capacidad de retención de humedad, agudizó el problema, por lo que la absorción de fertilizante, por la planta fue escasa; de ahí que no hay respuesta entre 2 niveles contrastantes de 50 kg y 200 kg de nitrógeno por hectárea.

Resultados similares a los que obtuvo el equipo de prueba de tecnología (Jutiapa 79)⁹, en fertilización y densidades de sorgo en siembras de segunda, en donde sólo densidades mostraron diferencias significativas y no así niveles de nitrógeno, por la falta de humedad.

5.2 Comparación Múltiple de Medias

Los Cuadros 3, 4, 5, y 6 nos muestran el análisis de medias de aquellas fuentes de variación con significancia, se puede observar que la densidad de 48191 plantas por hectárea, fue la que dio el máximo rendimiento, ya que las variedades y niveles de fertilización como factores simples no aportaron diferencias de rendimiento.

⁹ Informe en proceso de elaboración.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en estudios realizados por el Programa de Maíz (1978)⁹ en el cual obtienen los máximos rendimientos con 48,000 plantas por hectárea, otros autores como González (5), recomiendan para la siembra del cultivo del maíz en La Máquina 43,478 plantas por hectárea; sin embargo Salazar (2) evaluando dos densidades de siembra 50,000 y 70,000 plantas por hectárea no encontró diferencias significativas.

5.3 Análisis de Regresión

Este análisis se realizó únicamente para densidades para determinar la densidad óptima por variedad y en forma global para las tres variedades.

La densidad óptima de la variedad A-4 fue 68,157 plantas/ha, con un rendimiento máximo de 5454 kg/ha. Esta respuesta a una alta densidad de población es explicable, ya que la variedad A-4 es una variedad de poco follaje, esto lo comprueba su I.A.F. (5,69). Este I.A.F. le permite soportar más altas densidades de población, no así las variedades V3 y B5 con densidades óptimas de 51,000 y 46,460 plantas por hectárea con rendimientos máximos de 5,414 y 5246 kilos por hectárea respectivamente.

El análisis global para las tres variedades presenta una densidad óptima de 55,000 plantas por hectárea con un rendi-

⁹ Consulta personal con el Genetista del Programa de Maíz, ICTA.

miento máximo de 5,327, éste coincide con los obtenidos por el Programa de Maíz (1979)⁹ con la variedad A-4 utilizada en ensayos de sistemas donde se obtuvieron los más altos rendimientos a 53,000 plantas por hectárea.

5.4 Correlación entre Rendimientos y sus Componentes

El estudio de los componentes de rendimiento es de gran importancia para el investigador, puesto que permite determinar el efecto de una práctica dada sobre los factores que están más íntimamente ligados al rendimiento.

El Cuadro 7, muestra el rendimiento promedio y los componentes de rendimiento para cada variedad y en forma global para las tres variedades.

Se observa que los componentes asociados en forma positiva, con el rendimiento son: mazorcas por planta y número de granos por mazorcas, con coeficientes de correlación de 0.244 y 0.389 respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Leiva (11), quien encontró los mismos componentes asociados con el rendimiento; Paul (17), encontró número de granos por mazorca; además reportó asociación de peso de grano con el rendimiento.

En resumen los coeficientes de correlación que más se asocian positivamente al rendimiento son:

No. de mazorcas/planta

No. de granos/mazorca

⁹ Informe en proceso de elaboración.

y los que más influyen en sentido contrario son:

Peso de grano

Plantas/m²

5.5 Indice de Area Foliar

Por el rango de densidad estrecho no se llega a determinar con exactitud el comportamiento del índice de área foliar (IAF), contra rendimiento; Duncan, citado por Poey (16), realizó trabajos con densidades de 15,000 hasta 1.120,000 plantas por hectárea y llegó a determinar que bajas densidades y a bajo IAF el aumento de rendimiento es lineal hasta la densidad de 54,000 plantas por hectárea, donde el rendimiento se estabiliza en su punto máximo (Figura 5, Anexo). El mismo autor sugiere que las plantas a altas densidades pierden eficiencia fotosintética.

De igual manera podemos observar en las Gráficas 5 y 6 que a bajas densidades e IAF los rendimientos aumentan y llegan a estabilizarse alrededor de 48,191 con un rendimiento de 5,369 kg/ha.

En el presente estudio no se pudo determinar en qué punto de la curva existe el abatimiento del IAF debido al rango de las densidades de población evaluadas.

6. CONCLUSIONES

1. No hubo respuesta a fertilización por problemas de precipitación, no así para las densidades de población y sus interacciones.
2. La mejor densidad de población fue la de 48,191 plantas/ha.
3. El análisis de regresión detectó que la población óptima es de 55,000 plantas por hectárea con un rendimiento de 5327 kg/ha.
4. La variedad que mejor respuesta dio a la densidad fue la A-4 con un rendimiento 5454 kg/ha con una población de 68,175 plantas/hectárea.
5. Los componentes que más influyeron positivamente con el rendimiento fueron:
 - No. granos por mazorca
 - No. mazorcas por planta

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se estudie densidades de 40 a 65 mil plantas por hectárea, pero con intervalos de 5,000 para afinar más el punto óptimo de densidad.
2. Se recomienda seguir trabajando con fertilizaciones ya que no se tienen datos concisos.
3. Para estudios posteriores de IAF se recomienda emplear densidades de 20,000 - 90,000 para determinar con más exactitud la influencia del IAF sobre el rendimiento.

8. BIBLIOGRAFIA

1. BOLAÑOS, ROBERTO. Estudio sobre el comportamiento de parámetros fenotípicos y fisiológicos a diferentes densidades de población con fenotipos contrastantes en maíz (Zea mays L.). Tesis (Ing. Agr.) México, Chapingo, Escuela Nacional de Agricultura, 1978.
2. CABRERA, YOALMO. Efecto de diferentes densidades de población y niveles de fertilización sobre el rendimiento de grano de las variedades de maíz Centa M-1-B, H-8 y Across 7332. En: 24a. reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Salvador, El Salvador, julio 1978 pp. M47/1-8
3. CORDOVA, HUGO y OZAETA, MARIO. Evaluación de genotipos de maíz tolerantes a sequía en el suroriente de Guatemala. Diferentes criterios de selección. En: 24a. reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, San Salvador, El Salvador, julio 1978, pp M18/1-7.
4. FIGUEROA, LAUREANO. Efecto de la densidad de siembra sobre los componentes número y peso de grano en el rendimiento de 19 materiales genéticos en maíz (Zea mays L.). Tesis (Ing. Agr.), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1977. p. 67.
5. GONZALEZ, DANILO. Evaluación de la respuesta del maíz a la aplicación de cuatro niveles de nitrógeno en combinación con seis densidades de población, en el parcelamiento La Máquina. Tesis (Ing. Agr.), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1977 p 48.
6. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual del Programa de Producción de Maíz. 1977. 213 p.
7. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe anual Equipo de Producción "O". 1975. pp 34-38.
8. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Noticia No. 31. 1977.
9. GUATEMALA. Ministerio de Agricultura. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual, ICTA 1974. 18 p.

10. HOLDRIDGE, LESLIE. Zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.
11. LEIVA, ROBERTO. Efecto de la selección familiar sobre el rendimiento y características agronómicas en tres poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis (Ing. Agr.), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1977. 87 p.
12. PAUL, IRVING. Evaluación de variedades e híbridos precoces de maíz (Zea mays L.) seleccionados bajo condiciones limitadas de humedad. Tesis (Ing. Agr.), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1979. 57 p.
13. PERDOMO, RODOLFO. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Producción de Materiales, 1970. 366 p.
14. PINEDA, HECTOR. Efecto de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz, en el suroriente de Guatemala. Tesis (Ing. Agr.), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1976. 58 p.
15. POEY, FEDERICO. Los componentes de rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivos. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, septiembre 1978, Boletín Técnico No. 3. 17 p.
16. POEY, FEDERICO. El mejoramiento integral del maíz. México, Chapingo, Colegio de Postgraduados. 1978. pp 57-69.
17. SANDOVAL, ANTONIO. Heterosis y componentes del rendimiento en ocho cruces de maíces mexicanos y del Caribe. México, Chapingo, Secretaría de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1964. 35 p.

Vo.Bo.

Marina Guerra de Jerez
Lic. en Bibliotecología
Col. No. 470

A N E X O

FIGURA 5 CURVA DE RENDIMIENTO DE GRANO Y DENSIDAD DE POBLACION PARA MAICES DE RIEGO, INDICE DE AREA FOLIAR EN PARENTISIS (DUNCAN 1972).

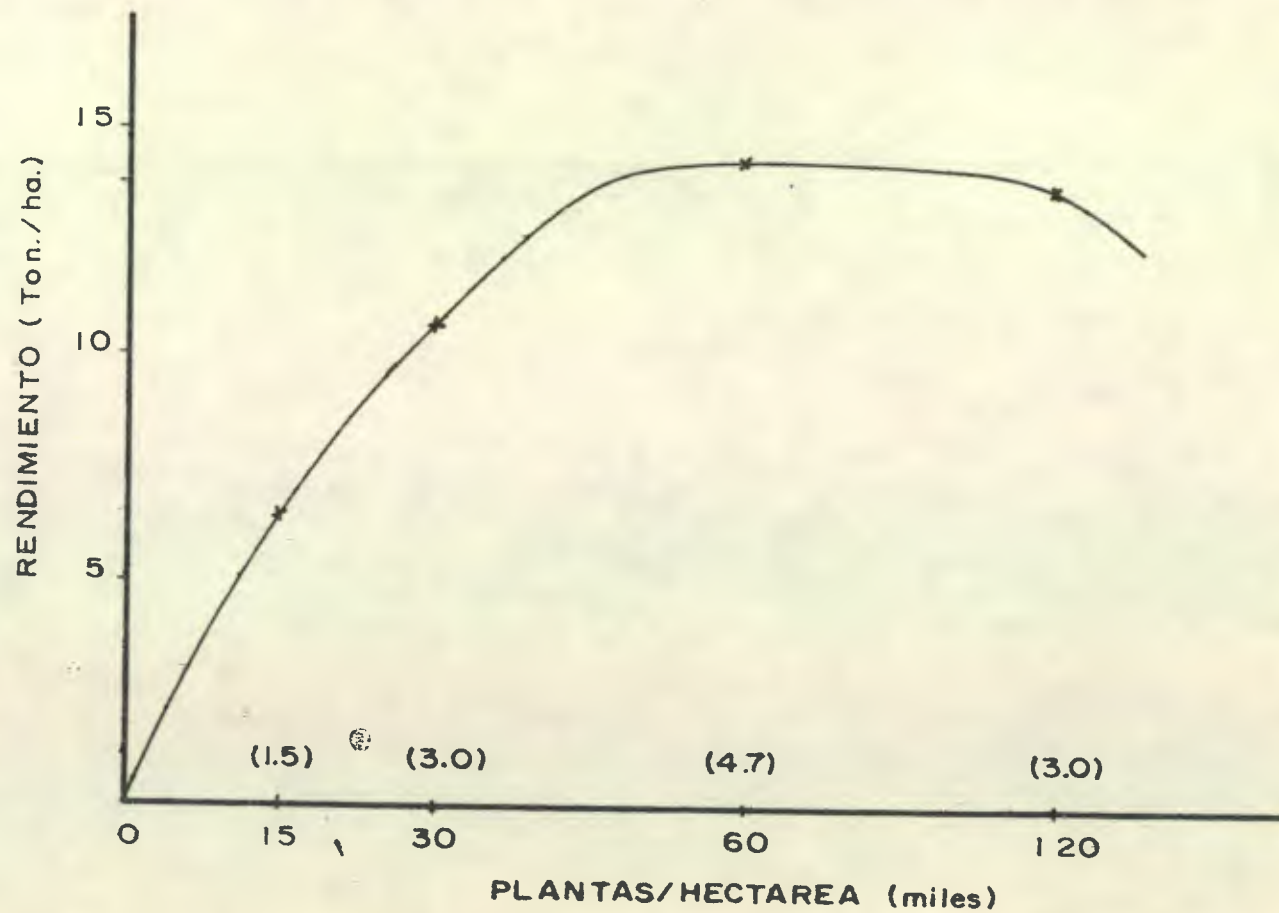
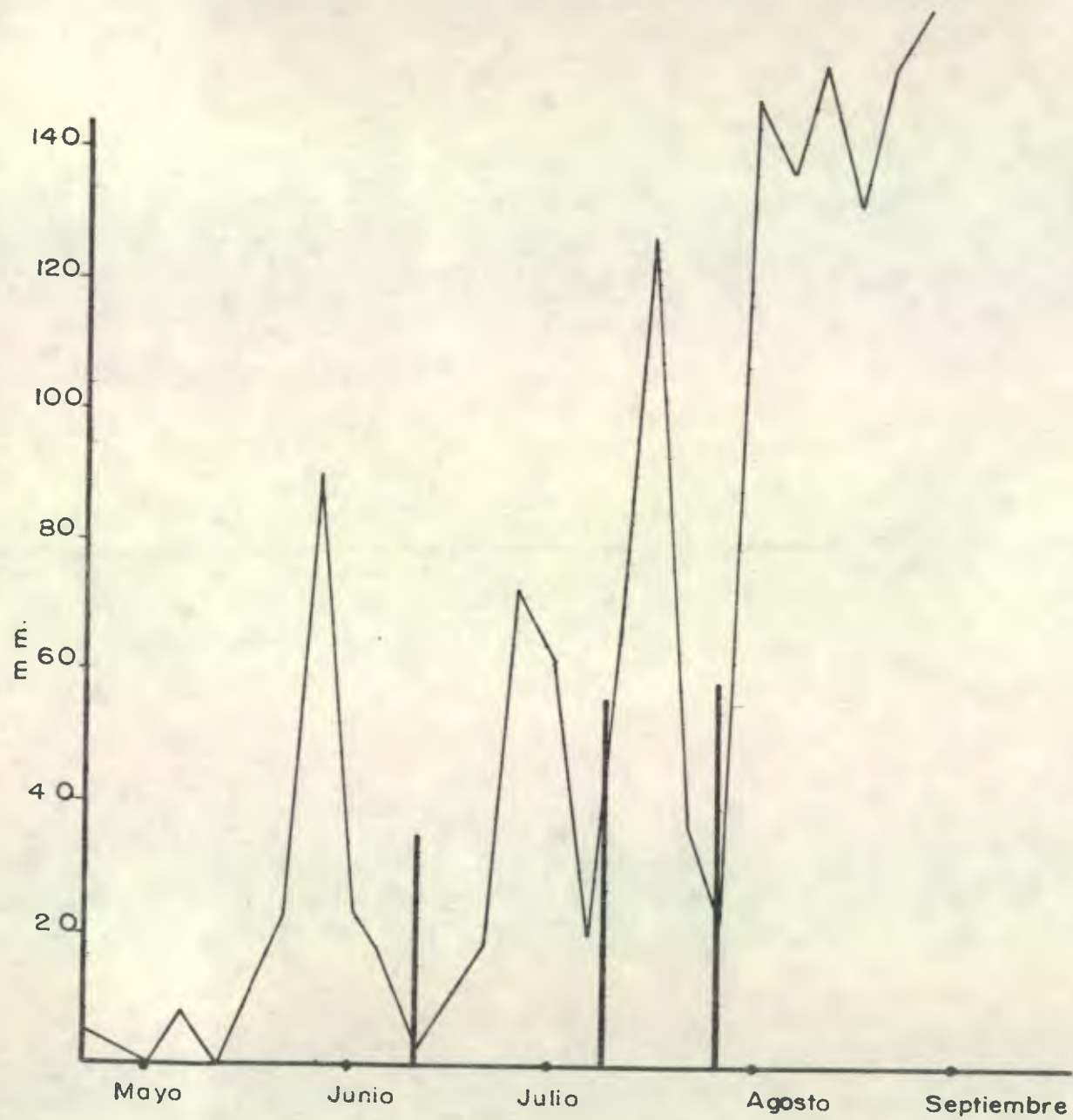


FIGURA 6 PRECIPITACION PLUVIAL, JUTIAPA 1978



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

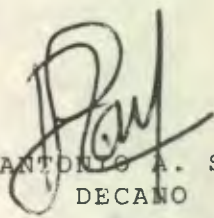
Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____
Asunto _____

"IMPRIMASE"


DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
DECANO

