

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

EFFECTO DE NIVELES Y FRECUENCIAS DE APLICACION DE NITROGENO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DEL MAIZ,
EN EL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA



Al conferírsele el título de
INGENIERO AGRONOMO

en el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

Guatemala, Octubre de 1976

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

R
01
T(199)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Roberto Valdeavellano

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 L.
SECRETARIO :

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO : Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo
EXAMINADOR : Ing. Agr. Mario Molina Llardén
EXAMINADOR : Ing. Agr. Baltazar Arévalo
EXAMINADOR : Ing. Agr. Rodolfo Estrada
SECRETARIO : Ing. Agr. Oswaldo Porres

SECTOR PUBLICO Y 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 octubre de 1976

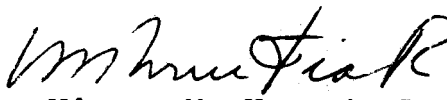
Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Rodolfo D. Estrada G.
Su Depacho

Señor Decano:

Tengo el honor de dirigirme a usted para hacer de su conocimiento, que atendiendo la designación que ese Decanato me hiciera, he asesorado al universitario Héctor Leonel Pineda Martínez en la elaboración de su tesis de grado. Dicho trabajo se titula: "Efecto de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz, en el sur-oriente de Guatemala".

Se presenta en este trabajo un análisis económico de la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización nitrogenada, obtenida en 6 ensayos realizados en el Departamento de Jutiapa. Considero que el trabajo presentado por el Br. Pineda Martínez califica para merecer la aprobación correspondiente y creo que constituye una contribución muy útil al esfuerzo por mejorar la tecnología disponible sobre el cultivo de maíz en Guatemala.

Del Señor Decano, con toda consideración,


Dr. Víctor M. Urrutia R.
Asesor

Guatemala, 12 de octubre de 1976

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:

"EFECTO DE NIVELES Y FRECUENCIAS DE APLICACION DE NITROGENO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL CULTIVO DEL
MAIZ, EN EL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA"

Con el presente trabajo pretendo contribuir al logro de información básica necesaria para la planificación de recomendaciones, en cuanto a la fertilización nitrogenada del maíz en monocultivo para la región Sur-Oriental de Guatemala.

Al presentarlo como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca vuestra aprobación.

Respetuosamente,



Héctor Leonel Pineda Martínez

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MI PATRIA

A EL PROGRESO, JUTIAPA

A MIS PADRES

Rogelio Pineda Marroquín
Dolores Martínez de Pineda

A MI ESPOSA

Lesvia López de Pineda

A MIS HIJOS

Claudia Cristina, y
Carlos Leonel

A MIS HERMANOS

Claudina Dolores,
Dora Guisela, y
Roger Facundo

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS
EN ESPECIAL A LA FAMILIA

Rouge Chávez y al
Dr. Oscar Osorio

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

René Castañeda
Otto Dardón
Marco Antonio Martínez
Mario Ozaeta

TESIS QUE DEDICO

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
(ICTA)

AL AGRICULTOR DEL SUR-ORIENTE DE GUATEMALA

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas:

A mi asesor de tesis, DR. VICTOR MANUEL URRUTIA, por sus acertadas observaciones y su valiosa orientación.

Al Dr. ALBERT N. PLANT, por su valiosa colaboración para la realización del estudio.

Al Ing. Agr., M.S. HUGO CORDOVA, por sus sugerencias.

Al Programa de Prueba de Tecnología de la Región VI del ICTA, y en especial a los Ingenieros Agrónomos Otto Francisco Dardón, Marco Antonio Martínez, Mario Ozaeta, Helmuth Cardona y Guillermo Méndez Beteta.

Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos durante el servicio que el autor prestó como técnico del Programa de Prueba de Tecnología de la Región VI del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.

CONTENIDO

	Hoja
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 EL NITROGENO EN EL SUELO.....	3
2.2 EL NITROGENO EN LA PLANTA.....	5
2.3 REQUERIMIENTOS DE NITROGENO.....	6
2.4 VARIACIONES EN LA RESPUESTA DEL CULTIVO AL FERTILIZANTE NITROGENADO.....	7
2.5 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO.....	9
2.6 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	14
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.....	20
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	26
3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	26
3.3.1 Tratamientos Seleccionados.....	26
3.3.2 Diseño Experimental.....	27
3.3.3 Manejo de los Experimentos.....	29
3.3.4 Análisis Estadístico.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
4.1 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE LOS RENDIMIENTOS.....	33
4.2 ANALISIS ECONOMICO.....	38
4.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	45
5. CONCLUSIONES.....	51
6. BIBLIOGRAFIA.....	55

1. INTRODUCCION

La investigación agronómica aplicada tiene como objetivo principal, identificar los problemas que afectan la producción agrícola, para encontrarles una solución práctica e inmediata. Ante la falta de alimentos y el elevado costo de los insumos utilizados en el proceso de producción, se hace imperativo contar con mejores elementos de juicio para recomendar una tecnología funcional al mediano y pequeño productor de granos básicos.

Probablemente el factor más estudiado desde el punto de vista agronómico, es la fertilización nitrogenada. Sin embargo, continuamente se están efectuando más estudios sobre el efecto del nitrógeno en el maíz. Porqué? Sencillamente porque la respuesta del maíz a las aplicaciones de nitrógeno, varía no sólo con el clima y el suelo, sino también con el nivel de tecnología utilizado. La introducción de un híbrido con mayor potencial de rendimiento, un control más efectivo de malezas e insectos, o el uso de otras prácticas agronómicas mejoradas, se reflejan en diferentes patrones de respuesta a la aplicación del nitrógeno.

Considerando que actualmente existe una insuficiencia o escasez de datos concernientes al efecto de la fertilización con nitrógeno en el maíz en el Suroriente del país, se detectó

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRICULTURA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES
ESTADÍSTICAS

la necesidad de obtener información básica al respecto, para diseñar un sistema racional que sirva como guía para el uso de este nutriente.

El presente trabajo tiene como objetivos principales:

1. Determinar el nivel y la frecuencia de aplicación de nitrógeno más eficiente y rentable para el productor de maíz del Suroriente.
2. Determinar la factibilidad de substituir mano de obra por fertilizante, por medio del uso de un mayor número de aplicaciones de una cantidad menor de nitrógeno, sin que esto reduzca los rendimientos.
3. Determinar el efecto de los niveles de aplicación de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento del maíz.

Con este estudio se pretende contribuir en parte al aumento de la productividad agrícola de las tierras guatemaltecas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 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 del suelo por lixiviación (27).

La fuente básica de nitrógeno para las plantas es el gas inerte N_2 , que se encuentra en la atmósfera terrestre (38). Este nitrógeno se fija en el suelo mediante procesos biológicos, dando lugar a formas orgánicas, que a través de la descomposición microbiológica de la materia vegetal, produce formas de este elemento que son asimilables por las plantas (3,5).

La forma y cantidad de nitrógeno en el suelo depende de las condiciones climáticas, el tipo de vegetación, la topografía, la actividad del hombre y el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo (5,9). De acuerdo a Black (5), la mayoría de los suelos cultivados presentan en la capa arable un contenido de nitrógeno to-

tal que oscila entre 0.02 y 0.4%. Fassbender (9), señala que en casos extremos, como en los suelos de las regiones templadas ricas en materia orgánica, el contenido de nitrógeno total puede llegar hasta el 2%. En los suelos tropicales de América Central, el contenido de nitrógeno total varía notoriamente, alcanzando valores tan altos como los mencionados por Díaz et al (8), que se encontraban entre 0.05 y 4.71%. Palencia (24) reportó, para suelos derivados de cenizas volcánicas en Guatemala, valores que oscilaron entre 0.17 y 1.25%. Al comparar estos últimos contenidos con el límite de 0.2% señalado por Hardy (14), como una concentración adecuada, podemos afirmar que estos suelos poseen una buena provisión de nitrógeno.

A pesar de esto, puede suceder que estos niveles de nitrógeno no sean disponibles, debido a la estabilidad de la materia orgánica en el suelo (20). Asimismo, puede suceder que el nitrógeno ya mineralizado se pierda por lixiviación (10). Estos procesos parecen ser importantes en los suelos de Guatemala, pues la mayor frecuencia de respuesta a la fertilización ocurre con el nitrógeno (26).

2.2 EL NITROGENO EN LA PLANTA

El nitrógeno es sin duda alguna el elemento primario de vital importancia para la nutrición de las plantas (1), ya que un buen porcentaje de su peso está constituido por compuestos nitrogenados (3). Aunque tales compuestos son de naturaleza inorgánica y orgánica, estos últimos predominan en forma de proteínas, que después del agua son identificadas como los constituyentes principales del protoplasma (5). El nitrógeno es un constituyente de todo el protoplasma; está presente en los pigmentos de las plantas, tales como la clorofila. Muchos de los compuestos vegetales contienen nitrógeno, tales como los aminoácidos, amido proteínas y alcaloides (38).

De acuerdo con Black (5) y Tisdale y Nelson (38), la proteína en las células vegetales de las plantas tiene una naturaleza más funcional que estructural. La mayoría de estas proteínas son enzimas; otras son nucleoproteínas, algunas de las cuales están presentes en los cromosomas. En tales compuestos, las proteínas sirven como catalizadores y directores del metabolismo. A su vez, las proteínas forman parte constitutiva de hormonas y de pigmentos clorofílicos.

Para llenar estas funciones, el nitrógeno del suelo es absorbido por las plantas en forma de iones nitrato (NO_3^-) y en menor escala, como iones de amonio (NH_4^+). Dentro de la planta este nitrógeno es reducido y elaborado en compuestos más complejos y finalmente transformado en proteínas (38). El nitrógeno es un constituyente esencial de toda la materia viviente conocida hoy día; es por ello que es requerido para el crecimiento vigoroso de las plantas, especialmente durante las etapas tempranas del desarrollo, siendo también necesario para los procesos normales de producción (27).

2.3 REQUERIMIENTOS DE NITROGENO

De acuerdo a varios autores (4,9,17,20), se justifica la aplicación de cantidades adecuadas de fertilizante nitrogenado, ya que un suministro adecuado de este elemento conduce a un crecimiento vigoroso de las plantas y mayor productividad (27). Se ha visto que la aplicación de grandes cantidades de nitrógeno produce una situación de consumo excesivo de este elemento, que a su vez produce un crecimiento exuberante, paredes celulares delgadas, tallos débiles, lo cual provoca el acame.

Asimismo, provoca la prolongación de la fase vegetativa (madurez tardía) y las plantas también se hacen más susceptibles a las enfermedades y plagas (17, 30, 27).

Jacob y von Uexkull (17), 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. Bartholomew (4) señala que las cantidades de nitrógeno realmente absorbidas por las plantas en las regiones tropicales, deben de conocerse para establecer un patrón o guía de las prácticas de fertilización. Esta información servirá para evaluar la efectividad de los fertilizantes. Para poder determinar el uso más económico del fertilizante, según Cooke (7), lo importante es determinar la dosis óptima del fertilizante, el método de aplicación más adecuado y el tiempo de aplicación más oportuno.

2.4 VARIACIONES EN LA RESPUESTA DEL CULTIVO AL FERTILIZANTE NITROGENADO

En el campo, el uso y la necesidad de nitrógeno por un cultivo varía de lugar a lugar, entre épocas de siem-

bra y entre sistemas de manejo. La magnitud de estas variaciones incontrolables determina el grado de precisión que pueda ser posible y práctico obtener para la predicción de las necesidades de fertilizante (3).

Los datos obtenidos por Colyer y Kroth, citados por Bartholomew (3), señalan que existen variaciones en la respuesta a la fertilización entre épocas de siembra en sitios individuales de un suelo. El coeficiente de variación (C.V.) de los rendimientos en las parcelas testigos fue de 22%. Las dosis óptimas calculadas de nitrógeno mostraron un C.V. del 46%.

Los datos de rendimiento de maíz obtenidos por Laird et al., citados por Bartholomew (3), muestran variaciones existentes entre lugares del valle de Puebla, México. Estas variaciones reflejan diferencias en cuanto a las capacidades de producción de los sitios, así como también las diferencias existentes entre climas.

Como se ha mencionado anteriormente, las variaciones de año a año y de lugar a lugar en las respuestas a los fertilizantes nitrogenados son considerables en la mayoría de los casos. Las dosis óptimas bien definidas para una localidad y época son muy rara vez las óptimas para otra localidad y época, aún con el mismo tipo de

suelo. El examen de los rendimientos de maíz disponibles en la literatura, sugiere que la variación existente entre sitios y épocas es aproximadamente del 15% (3).

A causa de estas variaciones en las necesidades estacionales de nitrógeno por los cultivos y de las escasas cantidades que frecuentemente provienen a través de los procesos naturales de abastecimiento, las necesidades de nitrógeno se estiman principalmente por las experiencias obtenidas en la investigación. Debe recordarse, sin embargo, que cualquier información constituye solamente una ayuda para predecir la necesidad del cultivo por los fertilizantes nitrogenados (3).

2.5 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO

De acuerdo con Berger y Da Geus, citados por Sánchez (32), 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 (31), los experimentos llevados a cabo en el Occidente de El Salvador entre 1962 y 1968, indican que los máximos rendimientos se obtuvieron al apli-

car entre 65 y 120 Kg de N/Ha y entre 60 y 120 Kg de P_2O_5 /Ha. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Ballesteros (2) en Nicaragua, al encontrar que 97-97-48 Kg/Ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente, fueron los niveles que producían mayores beneficios en las cosechas de maíz.

En Guatemala también se han efectuado estudios al respecto, que muestran la variabilidad existente en función de las localidades donde se han llevado a cabo los experimentos.

El Programa de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (25), llevó a cabo un total de 33 experimentos durante el año de 1973 para evaluar la respuesta del maíz a la aplicación de niveles crecientes de N, P, K. De este total, 18 experimentos fueron localizados en el altiplano occidental del país, 14 en la costa del Pacífico y uno en el suroriente.

El efecto de la fertilización con nitrógeno fue estudiado en 12 experimentos, 6 en el altiplano, 5 en la costa y 1 en el suroriente. El efecto del nitrógeno fue significativo en todos los experimentos instalados en el altiplano, al igual que el del suroriente y única-

mente 2 de los localizados en la costa del Pacífico.

Las dosis de nitrógeno que produjeron el rendimiento máximo estable en los 6 experimentos realizados en el altiplano, variaron de 102 a 188 Kg/Ha de N, con un valor promedio de 130 Kg/Ha. Los rendimientos máximos estables alcanzados variaron de 1928 a 7327 Kg/Ha de grano de maíz, con un rendimiento máximo estable promedio de 4944 Kg/Ha.

Para los 2 experimentos realizados en la costa del Pacífico, los niveles de N que permitieron alcanzar el rendimiento máximo estable fueron de 100 y 117 Kg/Ha respectivamente. En el experimento realizado en el suroriente, el nivel que produjo el rendimiento máximo fue de 85 Kg de N/Ha.

En el año de 1974, el Programa de Nutrición Vegetal del ICTA (26), llevó a cabo una serie de experimentos localizados en las siguientes regiones: altiplano occidental, costa sur, suroriente y nororiente del país, para evaluar nuevamente la respuesta del maíz a la fertilización con N, P y K.

En los resultados obtenidos en 7 localidades del altiplano, el maíz respondió hasta niveles de N que varia-
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 BIBLIOTECA

ron de 76 a 150 Kg/Ha, para alcanzar rendimientos máximos que oscilaron entre 3503 y 8385 Kg/Ha. La respuesta se observó hasta la dosis de 111 Kg de N/Ha, con la cual se alcanzó el rendimiento máximo promedio de 5464 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 23.7 Kg de maíz producido por kilogramo de N aplicado y una relación beneficio/costo de 3.70.

En la costa sur, fueron realizados 10 experimentos, habiéndose observado en 6 de ellos respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno. 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 de N/Ha. En promedio, la respuesta se observó hasta el nivel de 84 Kg de N/Ha, dosis con la cual se alcanzó el rendimiento máximo promedio de 4769 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 20.48 Kg de maíz producido por cada kilogramo de N aplicado y una relación beneficio/costo de 3.2.

La evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno en las regiones del nororiente y suroriente del país (principalmente en los valles interiores), se efectuó mediante la conducción de 8 experimentos. El efecto positivo de la fertilización nitroge-

nada se observó en la totalidad de los sitios estudiados. Los rendimientos máximos estables variaron de 4315 a 6126 Kg/Ha de maíz, obtenidos con aplicaciones de nitrógeno de 40 a 120 Kg/Ha. En promedio, la respuesta se observó hasta el nivel de 82 Kg de N/Ha, con el cual se alcanzó un rendimiento máximo promedio de 5155 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 36.99 Kg de maíz producido por kilogramo de N aplicado, obteniendo con ello una relación beneficio/costo de 5.78.

En la totalidad de los experimentos llevados a cabo por el Programa de Nutrición Vegetal entre los años de 1972 a 1974, se observó que en el altiplano, el maíz respondió, en promedio, hasta una dosis de 126 Kg de N/Ha, para alcanzar un rendimiento máximo promedio de 5431 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 24.59 Kg de maíz producido por kilogramo de N aplicado. En la costa sur, suroriente y nororiente, el maíz respondió, en promedio, hasta una dosis de 84 Kg de N/Ha, para alcanzar el rendimiento máximo promedio de 4794 Kg/Ha con una tasa de respuesta de 28.69 Kg de maíz producido por kilogramo de N aplicado.

Ortiz (22), llevó a cabo algunos estudios para evaluar la respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno. En la región del altiplano central de Guatemala,

se encontró que 53 Kg de N/Ha, en presencia de 135 Kg de P_2O_5 /Ha, fueron suficientes para obtener 6.5 T.M./Ha de maíz; sin embargo, en este terreno se había sembrado una leguminosa (Vicia) en años anteriores, lo cual seguramente había abastecido de cierta cantidad de nitrógeno al suelo. Asimismo, en la Estación Experimental de Chimaltenango, se encontró una dosis óptima de 242 Kg de N/Ha, en presencia de 389 Kg de P_2O_5 /Ha, para alcanzar el mejor rendimiento. Sin embargo, estudios efectuados anteriormente en Patzún y Chimaltenango (13), indican que el nivel de 120 Kg de N/Ha, en presencia de 180 Kg de P_2O_5 /Ha, fue el más adecuado en condiciones favorables de manejo del cultivo.

2.6 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

En la literatura existente, a los componentes del rendimientos se les ha dado diversos grados de importancia. Varios investigadores los han considerado desde varios enfoques, tanto en su relación al mecanismo hereditario, heterosis en los híbridos; así como en consideración a la influencia sobre los rendimientos.

Grafius (12), 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), hileras por mazorca (S), granos por hilera (R) y peso de grano (U); por lo que el rendimiento será $W = TSRU$.

Moll y colaboradores (19), no están de acuerdo con lo anterior. Estos autores dicen que los efectos primarios de los genes son indudablemente de naturaleza bioquímica y que los caracteres como número de mazorcas, granos por mazorca y peso de grano son en sí, efectos secundarios de los genes del rendimiento. Los mismos autores agregan 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 el mejoramiento de éste.

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 (28), encontró que los valores de los coefi-

cientes 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.

Según Sandoval (33), en el estudio de correlación efectuado entre los componentes del rendimiento, se 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 hileras 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).

Hughes y Robinson (16), estudiaron algunas caracte-

rísticas de mazorca y de grano en relación al rendimiento en la variedad de maíz Reid Yellow Dent. Encontraron que el rendimiento estuvo correlacionado con el peso de la mazorca, longitud de la mazorca, número de hileras y con los caracteres del grano: densidad, cantidad de almidón, grado de dentación, volumen, peso, espesor y profundidad.

Sandoval (33), en el 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 mata (0.474); longitud de mazorca (0.371) y diámetro de mazorca (0.361). Los menos asociados fueron: número de hileras (0.113) y peso de grano (0.243); se encontraron grados de asociación intermedia en granos por hilera (0.353) y longitud de grano (0.299). Todos los coeficientes encontrados fueron significativos, debido al gran número de muestras estudiado.

Schober (34), encontró que los granos más pesados y de mayor longitud tienden a dar los mejores rendimientos.

Vetter (39), encontró que la heterosis en las combinaciones híbridas se expresó en los siguientes carac-

terres morfológicos: desarrollo inicial y altura de planta y mazorca; mientras que ésta fue baja para los siguientes componentes: rendimiento total de materia verde y rendimiento del grano al 14% de humedad.

Gómez (11), efectuó un análisis multivariado en varios ensayos de "top crosses", cruces sencillos y dobles incluyendo varios componentes del rendimiento. Los resultados muestran que el número de mazorcas, el número de plantas por unidad de área y el peso del grano fueron los componentes principales.

Leng (18), estudió en maíz los 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 grano por mazorca, c) peso del grano individual, d) número de granos por hilera, e) número de hileras por mazorca, y f) número de granos por mazorca. 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 hileras o menos, exhibieron un grado significativo de heterosis. Con base a estas conclusiones, este autor postu-

la la existencia de más de un sistema genético que controla el número de granos por hilera y el de hileras por mazorca.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Para evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz, se llevaron a cabo 6 experimentos en fincas de pequeños y medianos agricultores, localizados en el departamento de Jutiapa.

En el Cuadro 1, se anotan los datos de localización, altura sobre el nivel del mar, precipitación y temperatura.

Según la clasificación de las zonas ecológicas de Guatemala, propuesta por Holdridge (15), todos los experimentos se encuentran ubicados dentro de la zona de Bosque Seco Subtropical.

Según la clasificación del reconocimiento de los suelos de Guatemala (35), los suelos de El Quequexque y El Progreso, corresponden a la serie Culma, los cuales se caracterizan por ser moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre lahar máfico, en un clima seco y ocupan relieves de ondulados a inclinados.

CUADRO 1. Localización y características climáticas de los sitios experimentales

No. del Experimento	Localización	Coordenadas Geográficas		Temp. Media Anual OC	Prec. Media Anual mm.	Altura s.n.m. mts
		Latitud Norte	Longitud Oeste			
1	El Quequexque Agua Blanca	14°26'40"	89°39'05"	24.1	950	900
2	Tiucal Asunción Mita	14°18'30"	89°42'34"	26.1	1200	478
3	Atescatempa (Cabecera)	14°10'34"	89°44'33"	26.68	1250	700
4	El Progreso (Cabecera)	14°22'00"	89°50'06"	22.25	1000	969
5	Esmeralda Jerez	14°05'24"	89°45'05"	26.00	1350	700
6	El Jícaro Yupiltepeque	14°11'00"	89°47'33"	26.68	1400	1050

El suelo superficial, a una profundidad aproximada de 20 cms, es franco arcilloso, friable, de color café oscuro; contiene piedras felsíticas negras en la superficie y en el subsuelo. La estructura es granular, y la reacción es de ligeramente ácida a neutra, con un pH alrededor de 6.0.

El suelo de Tiucal, corresponde a la serie de los "Valles no Diferenciados" y son descritos por Simmons, Tárano y Pinto (35), como suelos de los valles grandes, en los cuales ninguna serie es dominante. La mayor parte del área es plana y adecuada para la agricultura mecanizada; en algunos casos, existen áreas con pendientes muy inclinadas. Los valles incluidos en esta clasificación de tierras, poseen algunos de los mejores suelos arables de la región oriental del país.

El suelo de Atescatempa, corresponde a la serie Suchitán, que son suelos que se caracterizan por ser poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica o escoria de color oscuro, en un clima cálido y seco, o húmedo-seco y ocupan pendientes inclinadas a altitudes medianas. El suelo superficial, alrededor de 20 cms, es franco arenoso, suelto, café a café

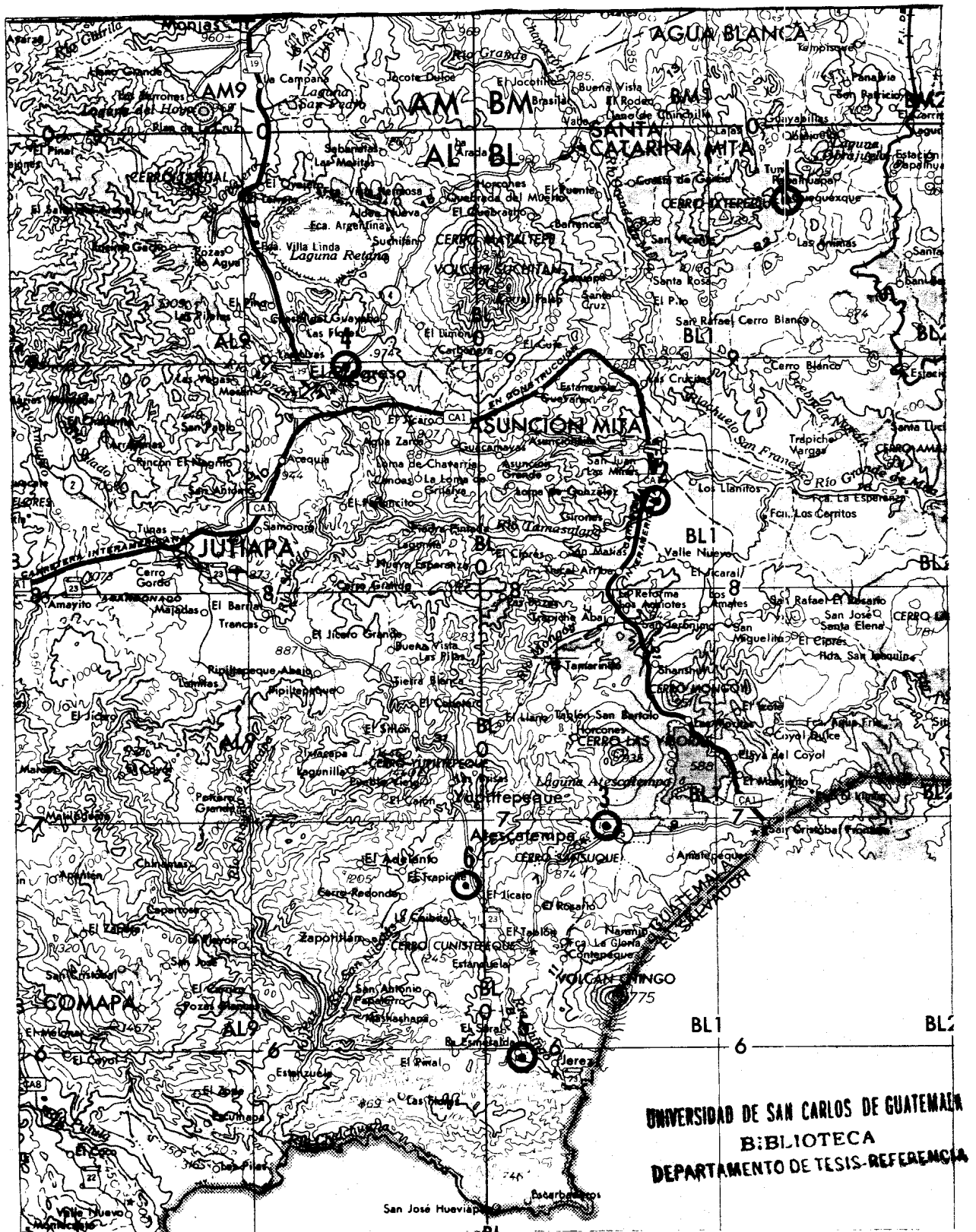
oscuro. La reacción es de ligeramente ácida a neutra, pH alrededor de 6.5.

El suelo de Esmeralda, corresponde a la serie Mongoy, que son suelos que se caracterizan por ser moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre lava máfica o brecha de toba en un clima cálido, seco a húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas. El suelo superficial, alrededor de 25 cms, es arcilla café oscura a café muy oscura. La estructura es granular y la reacción es neutra, pH 6.5 a 7.0.

El suelo de El Jícaro, corresponde a la serie de los "Suelos Aluviales no Diferenciados", que son suelos que se caracterizan por estar bien drenados, son arenosos, de reacción neutra a alcalina y son sólo moderadamente oscuros; en algunos lugares son mal drenados, pesados y oscuros. En muchos lugares, éstos son buenos para la agricultura.

En la Figura 1, se indica la localización de los experimentos sobre un mapa, de acuerdo al orden establecido en el Cuadro 1. En el Cuadro 2, se hace referencia a la localización, a la serie de suelos y a la clase textural correspondiente a cada sitio. También se consignan algunas características físicas y químicas de

FIGURA 1. Localización de los sitios experimentales.



CUADRO 2. Características físicas y químicas de los sitios experimentales.

No. del Experi- mento	Localización	Serie de Suelos ^{1/}	Clase Textural	pH ^{2/}	ug/ml ^{3/}			meq/100 ml ^{3/}		
					P	K		Ca	Mg	
1	El Quequexque Agua Blanca	Culma	Franco arcillosa	6.0	2.25	260		8.00	1.70	
2	Tiucal Asunción Mita	S.V.N. ^{4/}	Franco arcillosa	6.1	26.00	202		16.20	3.65	
3	Atescatempa (Cabecera)	Suchitán	Franco arenosa	6.9	25.00	310		12.80	6.05	25
4	El Progreso (Cabecera)	Culma	Franco arcillosa	5.7	1.50	220		7.60	3.00	
5	Esmeralda Jerez	Mongoy	Arcilla	6.1	25.00	380		12.40	4.50	
6	El Jícaro Yupiltepeque	Suelos Aluviales	Franco arenosa	6.4	23.50	325		12.20	5.20	

^{1/} De acuerdo a la Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de Guatemala por Simmons, Tárano y Pinto (35).

^{2/} Relación Suelo/Agua 1:2.5

^{3/} Determinado con HCL 0.05N - H₂SO₄ 0.025N; Suelo/Solución 1:5

^{4/} Suelos de los Valles no Diferenciados

los suelos donde se instalaron los experimentos.

3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La respuesta del cultivo del maíz a la fertilización con nitrógeno, fue evaluado utilizando cinco niveles de aplicación de nitrógeno y un número variable de hasta cinco épocas de aplicación, los cuales fueron estudiados en presencia de un nivel constante de fósforo, según el análisis de suelo. No se aplicó potasio, pues todos los suelos mostraron un nivel adecuado. La fuente de nitrógeno fue urea del 46% y el fósforo se aplicó como triple superfosfato con 46% de P_2O_5 .

En todos los experimentos se utilizó el híbrido de maíz H-3, el cual es aceptado y cultivado por la mayoría de los agricultores de la región. Este híbrido tiene una gran capacidad de rendimiento y su ciclo vegetativo oscila entre los 105 a 110 días.

3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.3.1 Tratamientos Seleccionados

En el Cuadro 3, se describen las cantidades de nitrógeno a utilizarse para cada uno de los 15 tratamien-

tos. La primera columna contiene los niveles de nitrógeno a estudiarse en Kg/Ha, y las siguientes columnas muestran las cantidades de nitrógeno usadas en cada aplicación, según el número de aplicaciones especificada para cada tratamiento. Por ejemplo: el nivel de 30 Kg de N/Ha se estudió en dos tratamientos, con una y dos aplicaciones, respectivamente. Cuando se utilizó una aplicación, ésta fue de 30 Kg/Ha, como aparece consignado en el Cuadro 3. Cuando se utilizaron dos aplicaciones, éstas fueron de 15 Kg/Ha cada una, como puede observarse en la tercera columna del mismo cuadro.

En el Cuadro 4, se muestran las épocas de aplicación del nitrógeno correspondientes a cada tratamiento. Por ejemplo, cuando se hicieron 5 aplicaciones, las épocas de aplicación fueron a los 0, 13, 25, 38 y 50 días después de la siembra, respectivamente.

3.3.2 Diseño Experimental

Para los efectos de la evaluación de los 15 tratamientos seleccionados, se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en cada uno de los experimentos instalados. El

CUADRO 3. Cantidades de nitrógeno por aplicación según la dosis y el número de aplicaciones especificado para cada tratamiento

Niveles Kg/Ha	Aplicaciones				
	1	2	3	4	5
0	--	--	--	--	--
30	30*	15	--	--	--
45	45	22.5	15	--	--
60	60	30	20	15	--
75	75	37.5	25	18.8	15

* En Kg de N/Ha.

CUADRO 4. Epocas de aplicación de nitrógeno según el número de aplicaciones utilizadas

No. de Aplicaciones	Epocas de Aplicación				
	1	2	3	4	5
1 aplicación	C.S.*	-	-	-	-
2 aplicaciones	C.S.	50 DDS**	-	-	-
3 aplicaciones	C.S.	25 DDS	50 DDS	-	-
4 aplicaciones	C.S.	17 DDS	34 DDS	50 DDS	-
5 aplicaciones	C.S.	13 DDS	25 DDS	38 DDS	50 DDS

*C.S. = Con la Siembra

**DDS = Días después de la Siembra

área de las unidades experimentales fue de 39.60 metros cuadrados (11 x 3.60 mts), o sea 4 surcos de 11 metros de largo con 0.90 mts de separación entre surcos. La parcela neta cosechada para obtener los datos consistió en los 2 surcos centrales con 10 metros de largo (eliminando 0.50 mts en los extremos), lo cual constituye un área de 18 metros cuadrados (10 x 1.80 mts). También se dejaron calles de 2 metros de ancho entre repeticiones. El área total de cada experimento fue de 2,700 metros cuadrados (54 x 50 mts).

3.3.3 Manejo de los Experimentos

En cada localidad, el terreno fue preparado de acuerdo a la práctica acostumbrada por el agricultor, la cual consistió en dos pasos de rastra. El rayado de los surcos se hizo con arado de madera con punta de metal, halado por bueyes a una distancia de 0.45 metros entre surcos. Al efectuar la siembra se hizo en surcos alternos, para obtener la distancia requerida de 0.90 metros entre surcos. El control de insectos del suelo, se hizo aplicando 35 Kg/Ha de cytolane granulado al 2% en el fondo del surco.

Las dosis iniciales de nitrógeno para cada tratamiento (ver Cuadro 3), fueron colocadas al fondo del surco, junto con 60 Kg/Ha de P_2O_5 , cuando fue necesario aplicar este elemento. Las dosis subsiguientes de nitrógeno, se aplicaron en bandas superficiales al lado de la hilera de plantas de maíz. El fertilizante y el insecticida aplicado al momento de la siembra fue cubierto con una pequeña capa de suelo.

La siembra se efectuó a mano, con distancias de 0.90 metros entre surcos y 0.50 metros entre plantas, colocando tres semillas de maíz en cada postura. A los 10 días después de la germinación, se raleó la plantación a dos plantas por postura, lo cual resultó en una población final de 44,444 plantas/Ha.

Los experimentos fueron sembrados, de acuerdo al orden establecido en el Cuadro 1, en las fechas siguientes: 30 de mayo, 5 de junio, 28 de mayo, 27 de mayo, 4 de junio y 28 de mayo, todas correspondientes al año de 1975.

Las labores culturales se realizaron de acuerdo a costumbre de los agricultores, habiéndose efectuado dos limpiezas, a los 15 y 35 días después de la siembra respectivamente. La primera limpieza se hizo con azadón y la

segunda con bueyes, complementándola con azadón o machete, cuando esto fue necesario.

El Control de insectos del follaje, principalmente el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), se efectuó mediante una o dos aplicaciones de cytolane granulado al 2%, a razón de 20 libras por hectárea.

La cosecha se realizó de acuerdo al orden establecido en el Cuadro 1 en las siguientes fechas: 4 de noviembre, 30 de octubre, 28 de octubre, 5 de noviembre, 18 de diciembre y 11 de noviembre, todas correspondientes al año de 1975.

Inmediatamente después de la cosecha, se determinó la humedad del grano para expresar los rendimientos en base a una humedad constante del 13%. Se utilizó un determinador electrónico de humedad marca Dole-400.

3.3.4 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza de los datos obtenidos y se calcularon valores F para los efectos observados de niveles y frecuencias de aplicación en los diferentes ensayos, con el objetivo de determinar la significancia estadística de las diferencias observadas.

Se hizo un análisis de regresión utilizando un modelo cuadrático, por medio del método de los cuadrados mínimos. Se interpretaron las regresiones en términos del costo del fertilizante y valor del grano de maíz para calcular niveles óptimos y más eficientes. El modelo cuadrático empleado para el análisis de todos los ensayos fue el siguiente: $Y = a + b_1X + b_2X^2$.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 EFECTO DEL NITROGENO SOBRE LOS RENDIMIENTOS

En el Cuadro 5, se consignan los rendimientos de maíz al 13% de humedad, obtenidos en cada uno de los seis ensayos realizados. La aplicación de nitrógeno, con la excepción del ensayo localizado en Asunción Mita, tuvo un efecto marcado sobre los rendimientos obtenidos. Los rendimientos más altos fueron obtenidos en Jerez y Yupiltepeque, los cuales promediaron 4969 Kg/Ha de maíz. Los ensayos localizados en Agua Blanca, Atescatempa y El Progreso produjeron un rendimiento promedio de 4581 Kg/Ha de maíz. El rendimiento más bajo fue obtenido en Asunción Mita (3473 Kg/Ha).

En el Cuadro 6, se presentan los valores F obtenidos del análisis de varianza, para los efectos de los niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre los rendimientos de maíz de los seis ensayos incluidos en este estudio. A excepción del ensayo realizado en Asunción Mita, es evidente que el efecto de los niveles sobre los rendimientos fue significativo en todos los experimentos y para todas las frecuencias de aplicación estudiadas.

CUADRO 5. Rendimientos de maíz obtenidos con diferentes niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno en 6 municipios de Jutiapa

Nive- les	Apli- cacio- nes	Agua Blanca	Asunción Mita	Atesca- tempa	El Progreso	Jerez	Yupil- tepeque	Pro- medio
0	0	2732	3036	1638	3316	2189	2577	2581
30	1	4736	3294	3598	4529	4693	3838	4115
30	2	3906	3080	3871	4407	4001	4223	3915
45	1	4050	2876	4861	5590	4702	4742	4470
45	2	4938	3566	3780	3842	4674	5140	4331
45	3	4202	3064	4324	4760	4596	5058	4334
60	1	4498	3833	4949	4988	4804	5313	4731
60	2	4602	3711	4250	4640	4983	5281	4578
60	3	4710	3632	5058	4861	5842	5662	4961
60	4	5010	3174	5505	5338	5380	5338	4958
75	1	4591	3970	5283	4764	5009	5516	4856
75	2	4673	3656	5281	4958	5953	5512	5006
75	3	4808	3492	5452	4820	5487	5393	4909
75	4	4970	4046	5315	4805	5520	5752	5068
75	5	4811	3666	5145	4987	6040	5738	5064
Promedio		4482	3473	4554	4707	4924	5005	4524

CUADRO 6. Valores de "F" para los efectos de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre los rendimientos de maíz obtenidos en 6 experimentos en Jutiapa

Sub-Tratamiento	Agua Blanca	Asunción Mita	Atesca-tempa	El Progreso	Jerez	Yupil-tepeque
EFECTO DE NIVELES:						
Con 1 aplicación	9.16**	3.17	16.92**	9.30**	19.19**	30.60
Con 2 aplicaciones	6.90**	1.21NS	17.30**	5.01*	29.6 **	16.87
Con 3 aplicaciones	25.17**	2.76NS	26.29**	3.44*	23.26**	3.80
EFECTO DE FRECUENCIAS:						
A dosis de 45 Kg	2.26NS	2.90NS	5.48*	7.73*	.05NS	.82NS
A dosis de 60 Kg	.54NS	1.43NS	4.50*	.59NS	2.68NS	.69NS
A dosis de 75 Kg	.54NS	1.89NS	.06NS	.06NS	4.11NS	.43NS

* Significativo al 5% de probabilidad

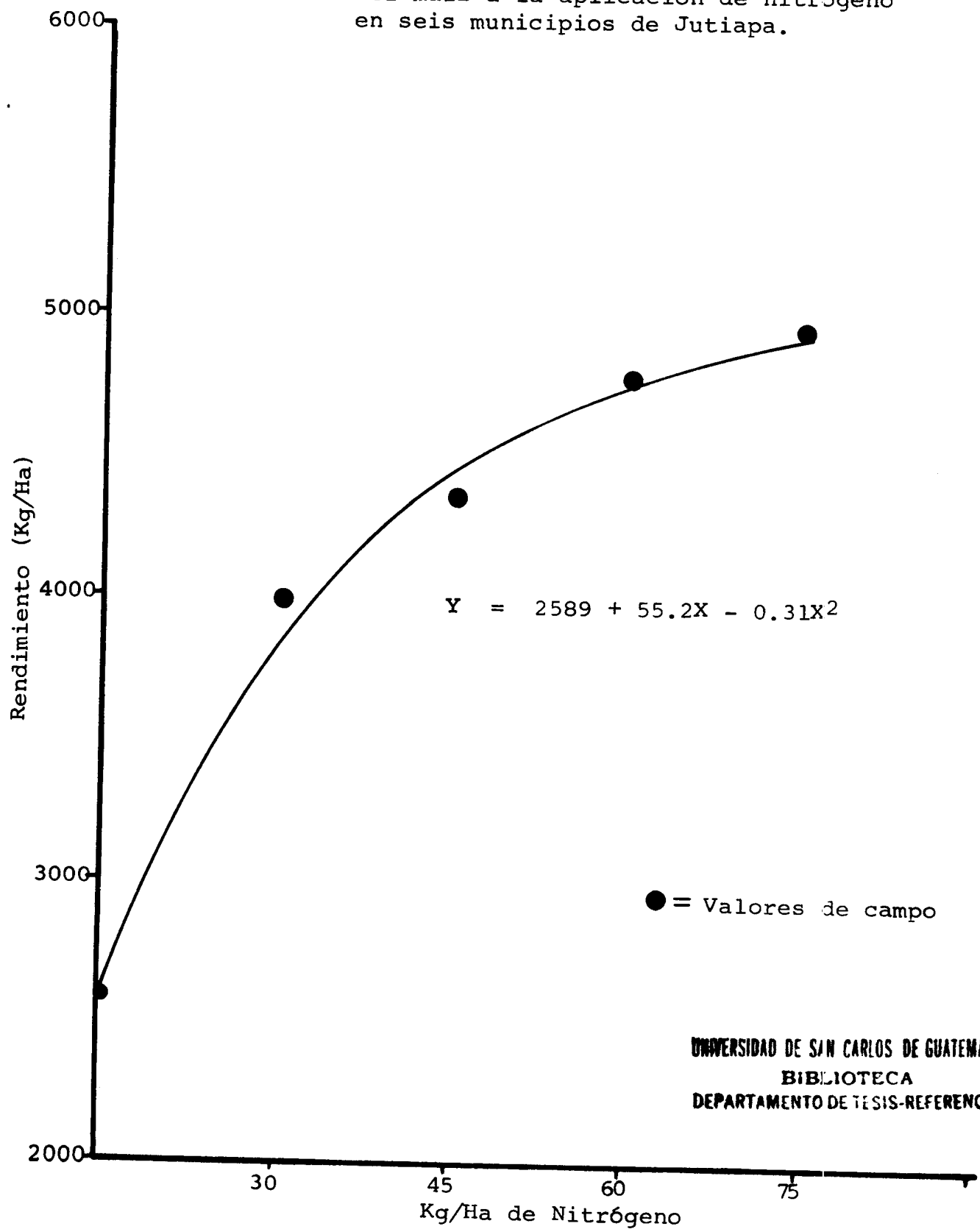
** Significativo al 1% de probabilidad

NS No significativo

Al contrario, los valores F para los efectos de las diferentes frecuencias de aplicación no fueron significativos en la mayoría de los casos. Los únicos casos en que éstas tuvieron un efecto significativo sobre los rendimientos, al 5% de probabilidad, ocurrieron en Atescampa, cuando se aplicaron 45 y 60 Kg/Ha de N, y en El Progreso, cuando se utilizó el nivel de 45 Kg/Ha de N. En general, a excepción de los tres casos mencionados anteriormente, las diferencias observadas entre frecuencias de aplicación fueron insuficientes para detectar significancia estadística. En los casos mencionados donde sí existieron efectos significativos para las frecuencias de aplicación, el rendimiento más alto se obtuvo con cuatro aplicaciones con el nivel de 60 Kg/Ha de N y con una aplicación, cuando se utilizó el nivel de 45 Kg/Ha de N.

Considerando la falta de efecto de las frecuencias de aplicación, éstas se promediaron para cada nivel y para todos los ensayos. Los rendimientos así obtenidos, se presentan en la Figura 2, en donde se puede observar que la respuesta promedio del maíz a los cinco niveles de aplicación considerados en el estudio, sigue una for-

FIGURA 2. Análisis de regresión de la respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno en seis municipios de Jutiapa.



ma típicamente cuadrática, descrita por la ecuación:

$$Y = 2589 + 55.2 X - 0.31 X^2.$$

Los niveles de nitrógeno utilizados no llegaron a producir el rendimiento máximo estable. Sin embargo, utilizando la ecuación antes mencionada, se puede calcular que el rendimiento máximo hubiera sido de 5040 Kg/Ha, obtenido con la aplicación de 89 Kg/Ha de N. El rendimiento máximo, representa el límite fisiológico hasta donde el cultivo respondió a la aplicación de nitrógeno.

4.2 ANALISIS ECONOMICO

Para estimar la rentabilidad de la aplicación de nitrógeno en estos ensayos, se consideró un precio para el fertilizante de Q.0.640 por kilogramo de nitrógeno aplicado; el valor del fertilizante se estimó en base al precio de la urea durante el tiempo del estudio, la cual se consideró como la fuente más barata disponible. El precio del maíz producido se estimó en Q. 0.154 por kilogramo de grano, puesto en la finca, excluyendo el valor del transporte y el impuesto municipal, pues no se consideró que estos gastos son generalmente efectuados por el agricultor.

El nivel óptimo de fertilización nitrogenada a recomendar, es aquella cantidad que resulta ser más económica por producir las mayores ganancias. En los seis ensayos realizados, el nivel de aplicación que produjo la mayor ganancia a los precios del fertilizante y del maíz mencionados, fue de 82 Kg/Ha de N. En un sistema de producción intensivo, cuando el agricultor dispone de suficientes fondos para comprar fertilizante, éste sería el nivel de aplicación a recomendar. El rendimiento obtenido con este nivel óptimo de aplicación sería de 5025 Kg/Ha de maíz.

En Guatemala, existe en la actualidad el problema de la escasez de fertilizantes y recursos económicos para la agricultura. Esto significa, que muchos agricultores, principalmente el pequeño productor, generalmente no pueden aplicar la cantidad de fertilizante que le de mayores ganancias. En este caso, la recomendación debe ser el nivel de nitrógeno que produzca la mayor eficiencia de utilización. Es decir, la cantidad de fertilizante que le de al agricultor los mayores ingresos netos por unidad de nutriente aplicado.

En el Cuadro 7, se muestran índices de eficiencia

del fertilizante aplicado. En este caso, se consignan valores para la relación beneficio/costo y la relación del kilogramo de maíz producido por kilogramo de nitrógeno aplicado. Se podrá observar que los valores más altos para estos dos índices se obtienen con el nivel de 30 Kg/Ha de N, y que sigue una tendencia decreciente a medida que el nivel de aplicación de nitrógeno aumenta. Esto nos indica que 30 Kg/Ha es el nivel más eficiente de aplicación de nitrógeno bajo las condiciones imperantes durante la realización de los ensayos.

Por lo tanto, los niveles de aplicación de nitrógeno recomendables, en base a los resultados obtenidos en este estudio y considerando las posibilidades económicas del agricultor, deberán estar comprendidos en el rango de 30 a 82 Kg/Ha de N. El primer límite del rango es el nivel que optimiza la eficiencia del fertilizante y el último es el que optimiza la ganancia. Este rango de recomendaciones variará con los cambios de precio del fertilizante y del grano de maíz. Los ajustes necesarios se pueden efectuar considerando la regresión anteriormente descrita y tomando en cuenta los precios imperantes en el mercado al momento de efectuar la recomendación.

CUADRO 7. Eficiencia del fertilizante y relaciones beneficio/costo para cada nivel de aplicación de nitrógeno.

Niveles de N (Kg/Ha)	Maíz Kg/Ha	Eficiencia del Fertilizante*	E/C**
0	2589	--	--
30	3966	45.9	11.04
45	4445	31.9	9.92
60	4785	22.7	8.81
75	4985	13.3	7.69

* Kilogramos de grano de maíz producidos por cada kilogramo de nitrógeno aplicado.

** Precios: Q.0.640/Kg de nitrógeno; Q.0.154/Kg de maíz. B/C = Beneficio/Costo.

Uno de los objetivos de esta tesis, era el de estudiar la posibilidad de subsituir mano de obra por fertilizante, por medio del uso de un mayor número de aplicaciones de una cantidad menor de nitrógeno, sin que esto reduzca los rendimientos. En el Cuadro 8, se muestran los rendimientos obtenidos con varios niveles y número de aplicaciones en los seis ensayos realizados. Al final del cuadro se consignan las diferencias obtenidas entre algunas de las combinaciones de niveles y número de aplicaciones estudiadas. Aunque con los tratamientos incluidos en estos ensayos, es evidente que la mano de obra no puede substituir al fertilizante, es interesante hacer notar que las diferencias en rendimientos decrecen a medida que los niveles aumentan y que el efecto de la frecuencia de aplicación adquiere mayor significancia. Es posible que aplicando niveles más altos que los utilizados en esta investigación, se pueda aumentar la rentabilidad de la fertilización sustituyendo, en cierto grado, el fertilizante por mano de obra, en forma de un mayor número de aplicaciones, principalmente si las condiciones de humedad en el suelo son favorables para producir mayores rendimientos que los obtenidos en este es-

CUADRO 8. Rendimientos de maíz y diferencias entre algunas combinaciones de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno

Municipio	30 Kg 2 Aplic.	45 Kg 1 Aplic.	45 Kg 3 Aplic.	60 Kg 2 Aplic.	60 Kg 3 Aplic.	75 Kg 2 Aplic.
Agua Blanca	3906	4049	4202	4602	4710	4673
Atescatempa	3871	4861	4324	4250	5058	5281
Asunción Mita	3080	2876	3064	3711	3632	3656
El Progreso	4407	5590	4760	4640	4861	4958
Jerez	4001	4702	4596	4983	5842	5953
Yupiltepeque	4223	4742	5058	5281	5662	5512
Promedio	3913	4410	4315	4581	4925	4958
Diferencias	497		266		33	

tudio, el cual se realizó bajo condiciones de humedad del suelo limitadas. En general, los resultados obtenidos indican que la costumbre de efectuar dos aplicaciones de fertilizante es la más adecuada, principalmente si se aplican niveles bajos de nitrógeno de hasta 60 Kg/Ha; con niveles más altos, debería promoverse el uso de tres aplicaciones.

En el año de 1973, el Programa de Nutrición Vegetal del ICTA (25), llevó a cabo un experimento en Jalapa para evaluar la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada. En el año de 1974, el mismo programa (26), efectuó ocho experimentos en las regiones del nororiente y suroriente del país. En todos los experimentos anteriormente mencionados, el maíz respondió hasta un promedio de 84 Kg/Ha de N, para alcanzar el rendimiento máximo promedio de 4794 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 28.7 kilogramos de maíz producido por kilogramo de nitrógeno aplicado. El nivel óptimo de nitrógeno determinado en los ensayos arriba mencionados, se compara favorablemente con el nivel de 82 Kg/Ha de N obtenido en este estudio. Sin embargo, el nivel promedio determinado en los estudios anteriores fue estimado

en base al modelo de análisis "Discontinuo rectilíneo", el cual determina el nivel de fertilización que produce los mayores rendimientos. Al contrario, en este trabajo se determinó el nivel que fuera más rentable para el agricultor, por darle las mayores ganancias. También se trató de determinar el nivel de nitrógeno que fuera más eficiente, el cual no había sido estimado en ninguno de los estudios anteriores.

4.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Existen varias formas para determinar el rendimiento de un campo de maíz. Una de ellas es el sistema que utiliza los componentes del rendimiento siguientes:

1. Plantas por hectárea
2. Mazorcas por planta
3. Granos por mazorca
4. Peso de cada grano

Con este sistema, es posible detectar analíticamente cuál de los factores actúa como limitante del rendimiento. Asimismo, estos componentes están interrelacionados en tal forma que al cambiar uno, los otros también

cambian. Por lo tanto, para facilitar la interpretación de los datos se debe relacionar estos componentes con un conjunto de valores fijos.

El conjunto de valores fijos que se aplicaron en el presente trabajo, fueron seleccionados en base a trabajos de investigación realizados en otros países, cuyas condiciones climáticas son muy similares a las que prevalecen en la región del suroriente. Estos valores son:

1. 40,000 plantas por hectárea
2. 0.95 mazorcas por planta
3. Mazorcas que pesan media libra con 80% de grano
4. 1,500 granos por libra

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

A los valores fijos anteriormente mencionados, se les asignó el valor numérico de 1.000 y los componentes del rendimiento obtenido en este estudio son expresados en relación al valor fijo correspondiente. Por lo tan-

to, un valor experimental de un componente del rendimiento, puede ser igual, mayor o menor que 1.000. Si se multiplican los valores de los cuatro componentes del rendimiento se obtiene un coeficiente relativo de rendimiento, el cual al ser multiplicado por 6,840 dará como resultado el rendimiento obtenido en el campo.

El estudio de los componentes del rendimiento es sumamente valioso para el investigador, puesto que permite determinar el efecto de una práctica dada sobre los factores que están más íntimamente ligados al rendimiento. En esta forma pueden hacerse evidentes algunos problemas que permanecían ocultos y por lo tanto, pueden ayudar a identificar áreas problemáticas y establecer prioridades en la investigación.

En el Cuadro 9, se consignan los valores relativos de los cuatro componentes del rendimiento para cada uno de los niveles de aplicación de nitrógeno. Los valores de los cuatro componentes tienden a incrementarse a medida que el nivel de nitrógeno aplicado aumento. Como puede notarse en el Cuadro 9, la fertilización nitrogenada en estos experimentos tuvo mayor efecto en el aumento del número de granos por mazorca y del número de ma-

CUADRO 9. Efecto de varios niveles de aplicación de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento en maíz.

Nive- les	Plantas por Hectárea	Mazorcas por Planta	Granos por Mazorca	Peso por Grano
0	.954	.826	.450	.896
30	.982	.941	.662	.880
45	.986	.949	.705	.882
60	.983	.971	.746	.923
75	.983	.971	.772	.939

zorcas por planta. Es evidente que 30 Kg/Ha de N, es suficiente para estabilizar la población de plantas. El número de mazorcas por planta se estabiliza a los 60 Kg/Ha de N. Sin embargo, la aplicación de 75 Kg/Ha de N, todavía continúa aumentando el número de granos por mazorca y el peso del grano.

En base a los datos obtenidos en este estudio, alcanzamos el 73% de la meta de 6,840 Kg/Ha de maíz, que habíamos tomado como punto de referencia, en base a los valores fijos de los componentes del rendimiento ya mencionados.

El presente análisis de los componentes del rendimiento, nos indica que los esfuerzos de investigación deben ser encaminados hacia el aumento del número de granos por mazorca y el peso del grano. Por ejemplo, en ensayos de evaluación de variedades realizados el mismo año y en la misma región^{1/}, se determinó que el híbrido H-5 produjo 13% más granos por mazorca que el híbrido H-3, que se utilizó en este trabajo de tesis, sin causar una

^{1/} Comunicación personal con el Dr. Albert Plant, Director de la Región VI, del ICTA.

disminución en el peso del grano. Indudablemente, eso le da un mayor potencial de rendimiento al híbrido H-5, en la región de nuestro interés y por lo tanto, le da una mayor capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada.

Para la región del suroriente, consideramos que la respuesta al nitrógeno puede ser aumentada hasta la meta que nos hemos fijado, principalmente a través del uso de nuevos híbridos y variedades de mayor potencial de rendimiento y un mejor control de la humedad del suelo.

5. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en los seis ensayos realizados en este estudio, nos permiten hacer una estimación del nivel de aplicación de nitrógeno que se debe de recomendar para el cultivo del maíz en el suroriente del país. Esta recomendación debe estar contenida en el rango de 30 a 82 Kg/Ha de nitrógeno.
2. La recomendación de 82 Kg/Ha de nitrógeno, es el nivel que optimiza el ingreso neto que se puede obtener de la aplicación del fertilizante. El nivel de 30 Kg/Ha, es el que maximiza la eficiencia de este nutriente.
3. Este rango de recomendaciones fue calculado en base a un precio para el fertilizante de Q. 0.640 por kilogramo de nitrógeno aplicado. Para el maíz se estimó un precio de Q. 0.154 por kilogramo de grano puesto en la finca. Estos niveles recomendables variarán con los cambios de precios del fertilizante y del maíz. Los ajustes necesarios se pueden efectuar considerando la regresión $Y = 2589 + 55.2X - 0.31X^2$, tomando en cuenta los precios del insumo y del producto, imperantes al momento de efectuar la recomendación.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y REFERENCIA

4. Las diferentes frecuencias de aplicación, no tuvieron mayor efecto sobre los rendimientos, principalmente a niveles bajos de fertilización. En general, los resultados obtenidos indican que la costumbre de efectuar dos aplicaciones de fertilizante es la más adecuada. Con niveles de nitrógeno mayores de 60 Kg/Ha, deberá promoverse el uso de tres aplicaciones.
5. Uno de los objetivos de este trabajo, era el de estudiar la posibilidad de substituir mano de obra por fertilizante, por medio del uso de un mayor número de aplicaciones de una cantidad menor de nitrógeno, sin que esto redujera los rendimientos. Los resultados obtenidos con los niveles de fertilización incluidos en estos ensayos, indican que la mano de obra no puede substituir al fertilizante. Sin embargo, se notó que las diferencias entre rendimientos decrecen a medida que los niveles de fertilización aumentan y asimismo, el efecto de la frecuencia de aplicación adquiere mayor significancia. Por lo tanto, es posible que aplicando niveles de nitrógeno más altos que los utilizados en esta investigación, se puede aumentar la rentabilidad de la fertilización substituyendo, en cierto grado, el fertilizante por mano de obra,

principalmente si las condiciones de humedad del suelo son favorables para producir mayores rendimientos que los obtenidos en este estudio, el cual se realizó bajo condiciones de humedad del suelo limitada.

6. El análisis de los datos obtenidos para los cuatro componentes del rendimiento, indica que los valores de éstos tienden a incrementarse a medida que el nivel de nitrógeno aplicado aumenta. La fertilización nitrogenada en este estudio, tuvo mayor efecto en el número de granos por mazorca y en el número de mazorcas por planta. Analizando cada uno de los componentes del rendimiento, se determinó que 30 Kg/Ha de N, fueron suficientes para estabilizar la población de plantas. El número de mazorcas por planta se estabilizó a los 60 Kg/Ha. Sin embargo, la aplicación de 75 Kg/Ha de N, todavía continuó aumentando el número de granos por mazorca y el peso del grano.
7. Con base en los datos obtenidos en este estudio, se alcanzó el 73% de la meta de 6840 Kg/Ha de maíz, que se había tomado como punto de referencia, en base a valores fijos de los componentes del rendimiento obtenidos en otros países con condiciones ambientales parecidas a las existentes en el suroriente de Guatemala.

8. El análisis realizado de los componentes del rendimiento, nos indica que los esfuerzos de investigación deben ser enfocados hacia el aumento del número de granos por mazorca y el peso del grano. Para la región del suroriente, esto se puede alcanzar principalmente a través del uso de genotipos apropiados y un mejor control de la humedad del suelo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ALDRICH, SAMUEL R. y LENG, EARL R. Producción Moderna del maíz. Trad. por Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Laguisamon. Argentina, Edit. Hemisferio Sur, 1974. 308 p.
2. BALLESTEROS S., PATRICIO. Estudio del efecto de la densidad de población y fertilización edáfica N, P, K sobre el rendimiento del maíz braquítico 2. En: 18a. Reunión Anual PCCMCA. Nicaragua, 6-10, Marzo, 1972.
3. BARTHOLOMEW, W.V. El nitrógeno del suelo; procesos de abastecimiento y requerimientos de los cultivos. ISFEI, North Carolina State University at Raleigh, U.S.A. Bol. Téc. No. 6, 1972. 97 p.
4. BARTHOLOMEW, W.V. Nitrógeno del suelo en los trópicos. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin (North Carolina). 219:75-96. 1973.
5. BLACK, C.A. Soil-Plant Relationships. New York, John Wiley, 1968. 792 p.
6. BUCKMAN, H.O. y BRADY, N.C. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Trad. R. Salora; Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 180 p.
7. COOKE, G.W. Fertilizantes y sus usos. 2d. ed. Trad. Alonso Blackaller Naldez. México, Editorial Continental, 1965. 180 p.
8. DIAZ-ROMEU, R., BALERDI, F. y FASSBENDER, H.W. Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de la materia orgánica y nitrógeno en suelos de la América Central. Turrialba, Costa Rica, IIC, 1970. P. 20, 185-192.

9. FASSBENDER, HANS W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 398 p.
10. FOX, R.H. Fertilización con nitrógeno en los trópicos húmedos, México, CRAT, 1974. 16 p.
11. GOMEZ, F.R. Analise multivariada aplicada a competicoes de producao de milho. Expe. Vicosa. (Brasil). 1:25-64.
12. FRAFIUS, J.E. Does overdominance exist for yield in corn? Agron. Jour., 1960. 52:361.
13. GUATEMALA. Ministerio de Agricultura; División de Investigaciones Agropecuarias. Memoria Anual 1966. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Direc. Gral. de Investigación Agrícola, 1967. 218 p.
14. HARDY, F. The soils of IAIAS area. Turrialba, Costa Rica, Cacao Center, IAIAS, 1966. 76 p. (Mimeografiado).
15. HOLDRIDGE, L.R. Mapa de Zonificación Ecológica de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.
16. HUGHES, H.D. and ROBINSON, J.L. Relation of certain ear and kernel characters of reid yellow dent to yield. Iowa, Agric. Exp. Sta. Bull. 257, 1929. 169-208 p.
17. JACOB, A. y Von UEXKULL, H. Fertilización; Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por: López Martínez de Alva. Alemania, Hannover Verlagsagesellschaft fur Ackerbaumbh, 1966. 626 p.
18. LENG, E.R. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. Agro. Jour. 1954. 46:502-506.

19. MOLL, R.H., KOHIMA, K. and ROBINSON, H.F. Components of yield and over dominance in corn. 1962. Crop. Sci. 2:78-79.
20. NORSE HYDRO. Fertilizantes completos. Guatemala, Lito. B. Zadik, 1971. 20 p.
21. ORTIZ MAYEN, OSCAR I. Experiencias sobre fertilización en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dir. Gral. de Investigación y Control, Bol. Téc. No. 15. 1965. 38 p.
22. ----- Resultados de ensayos experimentales. Guatemala, Ministerio de Agricultura; Dir. Gral. de Inv. y Extensión Agrícola; Depto. de Suelos, 1968. 's.p.c.' (Mimeografiado).
23. PALENCIA, J.A. Algunos aspectos sobre fertilización de maíz en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, ICTA, 1975. 11 p. (Mimeografiado).
24. ----- Caracterización de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. (Tesis Mg. Sc.) Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 168 p.
25. ----- Ed. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual 1973, ICTA, 1974. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 71 p.
26. ----- Ed. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual 1974, ICTA, 1975. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 123 p.
27. PERDOMO, R. y HAMPTON, H.E. Ciencia y tecnología del suelo. Universidad de San Carlos de Guatemala; Centro de Producción de Materiales, 1970. 366 p.
28. RIETZ, H.L. and SMITH, L.H. On the measurement of correlation with special reference to some characters of Indian corn. Illinois Sta. 1910. Bull. 148: 241-316.
29. RINKE, E.H. Breeding for yield components in maize eucarpiz. Fifth meeting maize section, Roma, 1960. pp. 13-14.

30. RIVERO R., GUILLERMO. El uso del nitrógeno en el trópi-co. Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1972. p.p. 9-11.
31. SALAZAR, JOSE ROBERTO. Estudio de fertilización en maíz. Sta. Tecla, El Salvador, Minist. de Agric. y Ga-nadería. Bol. Téc. No. 50, Sep. 1970. 78 p.
32. SANCHEZ, P.A. Ed. Fertilización con nitrógeno. Un re-sumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. North Carolina Agri-cultural Experiment Station. Technical Bulletin 219, 1973. p.p. 97-186.
33. SANDOVAL S., ANTONIO A. Heterosis y componentes del ren-dimiento en ocho cruza de maíces mexicanos y del Caribe. Chapingo, México, Secretaría de Agricul-tura y Ganadería, Esc. Nac. de Agr. Colegio de Post-Graduados, 1964. (Tesis presentada para ob-tener el grado de Maestro en Ciencias).
34. SCHOBBER, K. Die reinigungdes saatgutes. Der einflussder korngrosse und kornschnere aufden ertras. Land-wirschfot, 1950. pp. 9-11.
35. SIMMONS, C.S., et al. Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guate-mala, Minist. de Ed. Pública. Ed. "José de Pine-da Ibarra" y Ministerio de Agricultura, IAN-SCIDA, 1959. 1,000 p.
36. SPRAGUE, G.F. y LARSON, W.E. Producción de maíz. Manual de Agricultura No. 322, México, CRAT, 1972.
37. SPRAGUE, H.B. (Editor). Hunger sings in crops. A sym-posium New York, McKay, 1964. 460 p.
38. TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and ferti-lizers; 2a. Edition. New York, McMillan, 1966. 694 p.
39. VETTEL, P.K. Einige korrelations un vererbungs-studien am mais 2 planes 46:353-388.

Vo.Bo.

Bibliotecaria

PALMIRA R. DE QUAN

