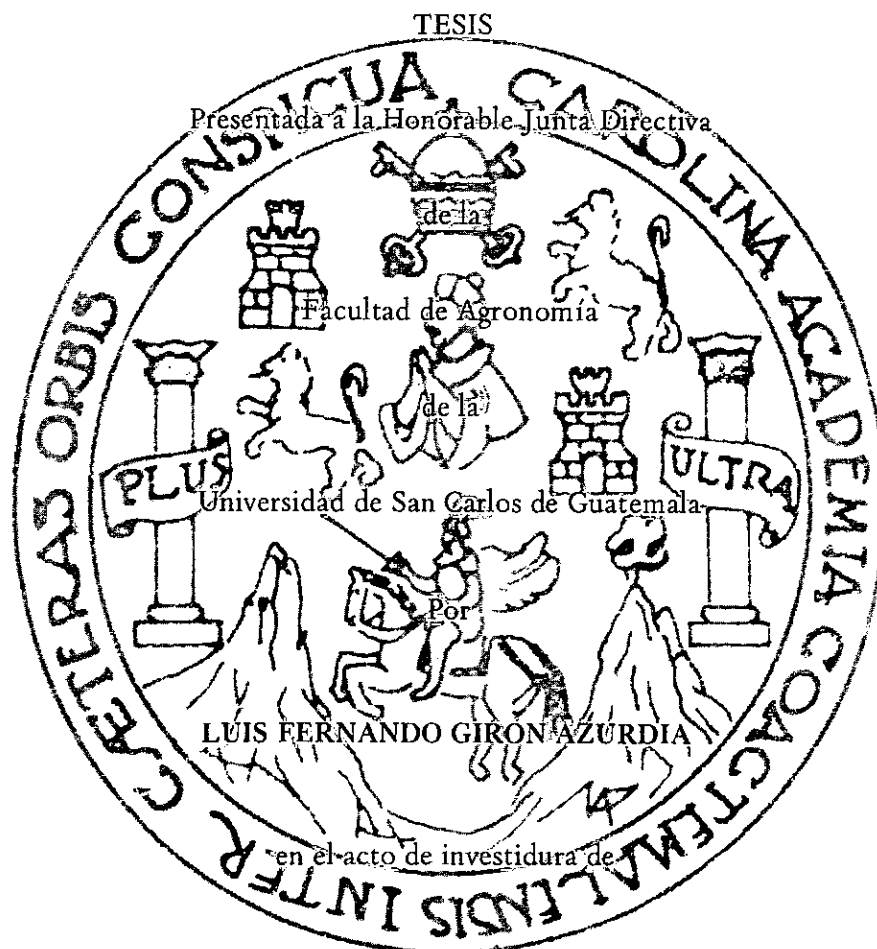


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS
CON DOS NIVELES DE P_2O_5 EN SIEMBRAS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DEL MAIZ
(Zea mays L.) EN EL PARCELAMIENTO NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.



INGENIERO AGRONOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, mayo de 1980.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

01
T(445)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
RECTOR
Lic. Saúl Osorio Paz

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Orlando Arjona
Vocal 2o.	Ing. Agr. Salvador Castillo
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.	P.A. Efraín Medina
Vocal 5o.	Prof. Edgar Oswaldo Franco
Secretario	Ing. Agr. Carlos N. Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador	Ing. Agr. Alejandro Fuentes
Examinador	Ing. Agr. Marco Tulio Urizar
Secretario a.i.	Ing. Agr. Oscar González



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal: No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....

19 de mayo de 1980.

Dr. Antonio Sandoval S.
Decano de la
Facultad de Agronomía.
PRESENTE.

Sr. Decano:

En atención a la designación que nos hiciera el Decanato a su digno cargo, nos es grato hacer de su conocimiento que hemos asesorado al Maestro de Educación Primaria LUIS FERNANDO GIRON AZURDIA en el desarrollo de su trabajo de tesis titulado: "DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS CON DOS NIVELES DE P₂O₅ EN SIEMBRAS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DEL MAIZ (Zea mays L.) EN EL PARCELAMIENTO DE NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.

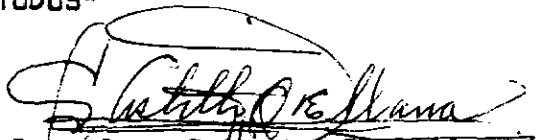
El presente trabajo tiene su base científica y se considera que proporciona información de interés agronómico para el cultivo del maíz.

En tal virtud, opinamos que dicho trabajo cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel universitario y en consecuencia recomendamos le sea aprobado para su graduación, así como para su discusión y defensa que el autor debe sustentar en su Examen General Público.

Sin otro particular, nos suscribimos del Sr. Decano muy deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Dr. Emilio Escamilla E.
ASESOR.


Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Coordinador de la Sub-área: Manejo y Uso de Suelo y Agua.
ASESOR.

Guatemala, mayo de 1980.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De acuerdo a lo establecido en la Ley Orgánica y Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado: "DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS DE TRES FERTILIZANTES NITROGENADOS CON DOS NIVELES DE P_2O_5 EN SIEMBRAS DE HUMEDAD EN EL CULTIVO DEL MAIZ (Zea Mays L.) EN EL PARCELAMIENTO NUEVA CONCEPCION, ESCUINTLA.

Con el objetivo de llenar el último requisito para optar al título de INGENIERO AGRONOMO en el grado de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Deferentemente:



(1) Luis Fernando Girón Azurdia

DEDICO ESTE ACTO

A DIOS

Supremo Creador de bondad infinita

A MI MADRE

Concha Esperanza Azurdia de Girón

A MIS HERMANOS

Freddy Rolando
Ronny Estuardo

A MI ESPOSA

Delia Judit Meza de Girón

A MI HIJITA

Luisa Fernanda

A MI ABUELO

Abel Azurdia Girón

A MIS SOBRINOS,
especialmente a

Freddy José Girón González

A MIS TIOS,
especialmente a

Otilia Girón de Marroquín
Manuel Marroquín y Sra.

A MIS PRIMOS

A MIS CUÑADOS

A MIS AMIGOS

DEDICO ESTA TESIS

A: Guatemala

Universidad de San Carlos

Facultad de Agronomía

Chimaltenango
San Andrés Itzapa

Prof. Marcos Alfonso Curruchiche S.

Escuela Normal "Pedro Molina"
de la Alameda, Chimaltenango

Escuela Tipo Federación
"Miguel Hidalgo y Costilla"
y Personal Docente.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Dr. Emilio Escamilla e Ing. Agr. Salvador Castillo por su valiosa colaboración y dirección en la elaboración de la presente tesis.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

Al equipo de Prueba de Tecnología de Nueva Concepción, Escuintla.

A los Ingenieros Agrónomos: Hugo Córdoba, Mario Melgar, Guillermo Peláez y Roberto Chávez Amado.

NOTA:

Los datos fueron obtenidos mediante la utilización de recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), por lo que la publicación parcial o total de los mismos solamente puede hacerse con la autorización previa de la institución mencionada.

CONTENIDO

PRESENTACION

DEDICATORIAS

AGRADECIMIENTOS

I. INTRODUCCION

II. REVISION DE LITERATURA:

II.1 Nitrógeno en el Suelo.

II.2 Nitrógeno en la planta.

II.3 Fósforo en el Suelo.

II.4 Fósforo en la Planta.

II.5 Fuentes de Nitrógeno.

II.6 Algunos Estudios de Fertilización en Maíz a Nivel Centroamericano

III. MATERIALES Y METODOS:

III.1 Descripción de las condiciones ecológicas del área experimental.

III.2 Metodología:

III.2.1 Diseño Experimental.

III.2.2 Tratamientos.

III.2.3 Manejo del Experimento.

III.2.4 Procesamiento de datos.

IV. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION:

IV.1 Localidad No. 1.

IV.2 Localidad No. 2.

IV.3 Localidad No. 3.

IV.4 Análisis de Regresión.

IV.5 Análisis económico.

V. CONCLUSIONES.

VI. RECOMENDACIONES.

VII. RESUMEN.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

I. INTRODUCCION

El uso de fertilizantes está comprendido entre las técnicas modernas para el incremento en la producción agrícola; sin embargo, en los trópicos los problemas ligados a la fertilización son esencialmente más complicados debido a diversas causas, como el grado de erosión, lixiviación, modificación de los materiales minerales y orgánicos componentes del suelo y a la escasa información acerca del uso de fertilizantes en nuestro medio. Datos experimentales exactos son difíciles de obtener y su número es escaso.

Dentro de los granos básicos el maíz (Zea mays L.) continua siendo el cereal más importante que se cultiva en Guatemala; constituyendo la fuente principal de alimentación; además, la mayoría de la superficie sembrada de este cultivo está en manos de medianos y pequeños agricultores. En la región del parcelamiento de Nueva Concepción del departamento de Escuintla se siembra este cultivo en tres épocas del año, siendo éstas: en marzo (siembras de humedad), en mayo (siembras de fuego) y en septiembre (siembras de segunda). Se hace notar que los agricultores obtienen los mayores beneficios en las siembras de humedad por sus rendimientos más altos y su época de producción en la cual se obtienen los mejores precios, debido a que es la única zona en el país que se siembra este cultivo durante esos meses en el año por las condiciones de humedad natural que ofrece el suelo.

Haciendo inferencia sobre la expansión que ha estado realizando el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA, Institución del sector público agrícola responsable de generar y promover el uso de ciencia y tecnología agrícolas) dentro de las regiones de la república por medio de los equipos de producción conformados por personal técnico especializado, los que han fomentado la utilización de tecnología válida y de materiales mejorados para elevar la productividad. Sin embargo para obtener el máximo potencial de rendimiento es indispensable integrar el uso de determinadas experiencias agronómicas que aseguren rendimientos adecuados, debido a que actualmente los métodos tradicionales empleados por los agricultores inciden en forma negativa en la productividad.

Sabiendo que el objetivo principal de la investigación agrícola aplicada es identificar los problemas que afectan la producción para encontrarles una solución práctica e inmediata. Probablemente el más estudiado desde el punto de vista agronómico es la fertilización nitrogenada porque la respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno varía con el clima, suelo y con el nivel de tecnología utilizado.

Considerando, que en la actualidad existe insuficiencia de datos referentes al efecto de la fertilización nitrogenada en dicho cultivo en condiciones similares a la siembra de humedad de la Costa Sur de Guatemala, se plantea la necesidad de tener información básica al respecto.

El presente trabajo tiene como objetivos principales:

1. Determinar el nivel óptimo económico de fertilización nitrogenada y fosfatada en el cultivo del maíz sembrado antes de la época de lluvias; y;
2. Evaluar la respuesta del maíz a diferentes fuentes de nitrógeno.

HIPOTESIS:

1. Se espera respuesta positiva en el aumento en el rendimiento del maíz a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados.

2. Se espera que haya diferencia en el rendimiento por el efecto de las diferentes fuentes de nitrógeno aplicadas.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

II.1 Nitrógeno en el Suelo:

La fuente primaria de nitrógeno utilizada por las plantas en su nutrición es el gas inerte N_2 contenido en la atmósfera terrestre (21). Este nitrógeno elemental es fijado en el suelo mediante distintos procesos, principalmente de naturaleza biológica, dando lugar a formas orgánicas, cuya descomposición derivada de la actividad microbiana da lugar a las formas en que este nutrimento es asimilado por las plantas (1,2).

Fassbender (6), señala que la cantidad de nitrógeno presente en el suelo está regida especialmente por las condiciones climáticas, la vegetación, la topografía, material parental, las actividades del hombre y, el tiempo en que estos factores han actuado sobre el suelo. La mayoría de los suelos cultivados en la capa arable acusan un contenido de nitrógeno total comprendido entre 0.02 y 0.40/o (2).

En los suelos tropicales de América Central el contenido de nitrógeno total (N_t) varía ampliamente, encontrándose valores comprendidos entre 0.05 y 4.710/o (4).

Palencia (15) hizo estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas en Guatemala, donde el contenido de nitrógeno total varió entre 0.17 y 1.250/o. En las regiones tropicales se da el problema de la baja utilización que las plantas hacen del nitrógeno aplicado al suelo. Según estudios indican que un cultivo generalmente recobra solo del 50 al 600/o del nitrógeno aplicado; el 50 ó 400/o restantes se pierde por volatilización o lixiviación (1).

II.2 Nitrógeno en la Planta:

Lugo (9), considera que el nitrógeno es importante en la producción de maíz (Zea mays L.) y de los tres elementos aplicados (NPK) en forma de fertilizante comercial es el que produce los efectos más rápidos y pronunciados. Durante las primeras fases de crecimiento, la planta de maíz asimila fácilmente el nitrógeno del suelo y fertilizantes aplicados, siendo el promedio de asimilación total desde la siembra hasta la floración de 105 Kg. de nitrógeno/Ha.

El grado de concentración de nitrógeno afecta el desarrollo de las plantas. Una deficiencia afecta la síntesis de renovación de aminoácidos, (19). Así mismo son afectados enzimas y nucleo-proteínas y como resultado las proteínas celulares de las hojas inferiores, se ponen en movimiento ascendente hacia las hojas superiores y nuevas, causándoles un amarillamiento y caducidad (3). El exceso de nitrógeno causa acame, pues los tallos pierden solidez al no lignificar lo suficiente (5).

El nitrógeno del suelo es absorbido por las plantas en forma de iones nitratos (NO_3^-) y/o amoniacales (NH_4^+), éstos que después de reducidos a radicales dan lugar a compuestos orgánicos complejos ya mencionados (16).

El nitrógeno puede ser afectado cuando se encuentra presente en el suelo y no importa la fuente que sea; se ha considerado que algunos factores ambientales, la época de cultivo, la naturaleza del suelo y la aplicación de fertilizantes afectan el contenido de elementos nutritivos

(5). Con aplicaciones de nitrógeno los rendimientos de un cultivo pueden incrementarse; en el caso del maíz, Perdomo (16), reportó que los rendimientos en este cultivo están relacionados con el contenido de nitrógeno en el suelo y cualquier reducción por su uso continuo es casi una relación lineal, causando los efectos más pronunciados en la mayoría de las cosechas.

II.3 Fósforo en el suelo:

Fassbender (6), señala que el fósforo es relativamente estable en los suelos. No forma compuestos inorgánicos como los nitrogenados que puede ser volatilizados o lixiviados. La alta estabilidad del fósforo resulta de la formación de compuestos insolubles con el hierro y el aluminio que a veces causa baja disponibilidad para las plantas. Esto puede evitarse en parte a través de una fertilización racional fosfatada aplicada al suelo.

Perdomo y Hampton (16), reportan que el fósforo del suelo es uno de los nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas y para su desarrollo. Las formas en las cuales el fósforo está disponible son las formas iónicas: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Tilsdale y Nelson (21) mencionan que el mantenimiento de una adecuada concentración en la solución del suelo depende, entre otras cosas, de la proporción relativa de formación y descomposición de materia orgánica del suelo, para reaccionar con los ortofosfatos solubles en una forma insoluble.

El contenido total del fósforo es relativamente bajo; en suelos minerales de áreas templadas el contenido de fósforo total (P_t) varía entre 0.02 y 0.08o/o (200-800 ppm) y en promedio gira alrededor del 0.05o/o (500 ppm) y las grandes variaciones en el contenido de fósforo total se deben a la variabilidad de las rocas parentales, al desarrollo de los suelos y otras condiciones edáficas y ecológicas (6).

II.4 Fósforo en la planta:

Este elemento se encuentra en la mayoría de las plantas en menores cantidades que el nitrógeno y el potasio; se considera que las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de ión primario ortofosfato (H_2PO_4^-) y pequeñas cantidades de ión secundario (HPO_4^{2-}). Las cantidades relativas de estos dos iones absorbidos por las plantas están afectados por el pH del medio que rodea las raíces. Valores bajos de pH incrementan la absorción del ión H_2PO_4^- ; mientras que los valores más altos de pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} (21).

Perdomo y Hampton (16), señalan que el fósforo está asociado con varias funciones vitales de las plantas. Tal elemento es necesario para la utilización de azúcares, almidón y para el proceso de fotosíntesis. El fósforo funciona como coenzima en el ATP y ADP de las reacciones vitales. Reacciona así mismo con el nitrógeno para formar fosfo-proteínas, que son parte de los ácidos nucleicos, siendo éstos importantes para la formación de núcleos para la división celular y para la transmisión de la herencia. También forma parte de la fitina que es la forma principal de almacenamiento de fósforo.

La deficiencia de fósforo hace que los granos no maduren adecuadamente, el desarrollo radicular de las plantas se ve restringido, así como también se limita la síntesis de clorofila y los pigmentos rojos en las plantas, antocianinas (16).

II.5 Fuentes de Nitrógeno:

Algunos materiales nitrogenados son orgánicos, siendo la mayoría sustancias inorgánicas. Los materiales orgánicos tienen un bajo contenido de nitrógeno siendo este elemento disponible después de cierto período de descomposición. Los materiales inorgánicos son más importantes porque el nitrógeno es más barato y está más fácilmente disponible (16).

El aire que nos rodea se compone en su mayor parte de nitrógeno, oxígeno, bióxido de carbono, vapor de agua e impurezas. Este nitrógeno atmosférico aunque no es aprovechable directamente por los vegetales superiores, puede combinarse químicamente con otros elementos en establecimientos industriales dedicados a la compleja fabricación de productos químicos y convertirse así en una forma aprovechable para las plantas (13).

Tres son los grupos de fertilizantes nitrogenados a caracterizar, catalogándose los mismos según la forma en que se presente este elemento. 1) Fertilizantes nítricos: nitrato de sodio, nitrato de calcio y nitrato de potasio; poseen fácil traslocación y rápida absorción de los iones nitrato por las plantas, por lo que se emplean particularmente en rápido combate de deficiencias de nitrógeno. 2) Fertilizantes amoniacales: sulfato de amonio, cloruro de amonio, amonio anhídrico y soluciones amoniacales, los cuales tienen ion amonio (NH_4^+) que es absorbido por las arcillas motivando ello su protección a la acción percolante; entre éstos el más importante es el sulfato de amonio por sus favorables propiedades físicas y costo relativamente barato. 3) Fertilizantes amídicos: cianamida de calcio, urea, urea-forma y urea-Z. En general el nitrógeno de estos últimos fertilizantes no resulta ser aprovechado directamente por las plantas, su absorción tiene lugar después de haber sufrido un cambio químico en el suelo. La urea con un contenido de 46o/o de nitrógeno resulta ser el fertilizante nitrogenado sólido de mayor concentración de nitrógeno sin estar combinado con alguna otra sustancia inorgánica. Además de éstos existen otros fertilizantes cuyo contenido de nitrógeno se presenta tanto en forma nítrica como amoniacal, entre ellos tenemos: nitrato de amonio, nitrato cálcico de amonio, sulfato y nitrato doble de amonio (10).

El sulfato de amonio, el nitrato de amonio anhídrico y la urea tienen la tendencia a aumentar la acidez del suelo, mientras que el nitrato de sodio, la cianamida de calcio y el nitrato de calcio tienen la tendencia a reducir la acidez del suelo (16).

II.6 Algunos Estudios de Fertilización en Maíz a Nivel Centroamericano:

La finalidad de la fertilización es incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del producto, obteniendo plantas sanas y vigorosas al aumentar las reservas nutritivas ya existentes en los suelos. Sin embargo, el uso de fertilizantes debe ir relacionado con el tipo de tecnología aplicada, que a su vez se refleja en la población y el uso de semilla híbrida o mejorada (12).

Laird citado por Ralda (18), reportó que en diez experimentos realizados en 1,963 en América Central, la aplicación de nitrógeno aumentó los rendimientos en siete localidades y el efecto medio de la aplicación de 60 Kgs. de nitrógeno/Ha. causó un aumento de 0.70 TM./Ha. Un segundo incremento de 60 Kgs. de nitrógeno/Ha. aumentó el rendimiento medio de grano en 0.31 TM./Ha.

Pineda (17), reportó que en seis ensayos conducidos en el suroriente de Guatemala durante 1,975, la dosis óptima fue de 82 Kgs. de nitrógeno/Ha. es la que maximiza la eficiencia de trabajo.

Matheu (11), en la conclusión de su tesis llevada a cabo en el parcelamiento La Máquina indica que la respuesta del cultivo del maíz a la aplicación de nitrógeno fue significativa al 10/o de probabilidad en el análisis estadístico; habiéndose obtenido un incremento en el rendimiento de 0.8 TM./Ha., con una adición de 120 Kgs. de nitrógeno/Ha. con relación al testigo de cero Kgs. de nitrógeno/Ha.

Sánchez (20), informó que la mayor parte de los experimentos llevados a cabo en la región tropical mostraron que el cultivo del maíz responde positivamente a dosis de nitrógeno entre los 60 y 150 Kgs./Ha.

En los suelos pertenecientes a la serie Tiquisate se observó que el efecto del nitrógeno aplicado era más pronunciado cuando mayor era la densidad de población. Con los niveles de nitrógeno de 0, 30, 60, 90, 120 y 150 Kgs./Ha. los resultados indicaron que hubo un efecto altamente significativo en cuanto al nitrógeno, habiendo encontrado respuesta para densidades de población. La interacción entre las aplicaciones de nitrógeno y densidades no fue significativa, indicando que el efecto de este elemento fue similar en las dos densidades (14).

A través de estudios realizados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) en el parcelamiento La Máquina sobre fertilización nitrogenada en el rendimiento del maíz, se concluye que la fertilización solo era rentable para los híbridos X-304 y X-306B, pues, usando otras variedades se aumentó la inversión en un 380/o reduciendo la rentabilidad en un 290/o (7).

III. MATERIALES Y METODOS

III.1 Descripción de las condiciones ecológicas de la zona:

El presente estudio se realizó en tres localidades dentro del parcelamiento de Nueva Concepción del departamento de Escuintla, durante la época de siembras de humedad que comprenden a finales del mes de febrero a la primera semana de abril.

Geográficamente esta zona se encuentra ubicada entre los paralelos latitud norte 14°12' y longitud oeste de 91°12' de Greenwich; su altura sobre el nivel del mar varía de 10 a 75 Mts.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (8) el parcelamiento de Nueva Concepción pertenece a la zona tropical húmeda, con una precipitación que oscila entre 1,800 a 2,300 mm anuales, distribuidos principalmente entre los meses de mayo a octubre y cuenta con una temperatura media anual de 27°C. En general no se dan cambios bruscos de temperatura.

En el parcelamiento existen dos tipos de suelo bien diferenciados; livianos y pesados, de los cuales los primeros corresponde al área experimental y son los que predominan en el parcelamiento, con relieves casi planos en grandes extensiones, con pendientes de 1 a 1.5o/o en dirección al Océano Pacífico; son suelos bien drenados, profundos, con texturas que van desde franco arcilloso a franco arenoso. Se observan profundidades promedio de 80 Cms. o más.

Además de sembrar el cultivo del maíz en tres épocas al año, se cultiva el arroz, ajonjolí, banano y plátano; empleando su producto como otra fuente de ingreso.

En los cuadros No. 1 y No. 2 se presentan las localidades experimentales con sus características químicas y físicas las cuales se obtuvieron de sus análisis respectivos.

CUADRO No. 1: UBICACION DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES, CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS(*)

Localidad	Lugar	Profundidad de la muestra	Textura	o/o		
				Arcilla-	Limo-	Arena
1	Poza Verde	0-40 Cms.	Franco	25.85	40.91	33.24
1	Poza Verde	20-40 Cms.	Franco	25.88	45.24	28.88
2	Santa Clara	0-20 Cms.	Franco	22.71	39.24	38.05
2	Santa Clara	20-40 Cms.	Franco	20.71	39.69	39.60
3	Parcela B- 193 I	0-20 Cms.	Franco	27.36	34.55	38.09
3	Parcela B- 193 I	20-40 Cms.	Franco	28.79	32.97	38.24

(*)

Estas características se determinaron por medio del método del Hidrómetro de Bouyoucus.

CUADRO No. 2: CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Localidad	Profundidad de la muestra (Cms)	pH	Nutrimientos Disponibles			
			$\mu\text{g/ml}$	Meq/ 100 ml		
			P	K	Ca	Mg.
1	0-20	7.0	65	340	17.40	2.60
1	20-40	7.2	80	320	19.40	2.60
2	0-20	6.7	107	350	16.20	3.20
2	20-40	6.5	90	320	12.80	2.90
3	0-20	7.1	85	400	20.20	6.00
3	20-40	7.2	75	350	18.00	5.40

o/o M.O.	Cationes Intercambiables					o/o S.B.	Microelementos			
	CTI	Ca	Mg	Na	K		PPM	Fe	Cu	Mn
4.09	27.77	18.7	3.15	0.50	2.15	88.22	7.4	1.0	42.0	2.9
4.16	29.95	24.0	3.79	0.59	2.05	+100.00	5.3	0.6	38.9	1.7
3.67	20.45	15.7	3.30	0.59	1.24	+100.00	8.3	0.6	40.3	6.2
2.95	18.64	13.2	2.90	0.63	1.14	90.03	14.5	1.2	31.1	3.0
4.90	35.84	24.7	8.15	0.54	2.14	99.00	2.1	0.2	55.4	6.9
3.87	34.55	22.8	7.81	0.45	1.95	95.54	1.6	0.3	23.2	4.9

III.2 Metodología

III.2.1 Diseño Experimental:

El diseño empleado es el de parcelas divididas con dos factores en parcela grande, con distribución en Bloques al Azar, con cuatro repeticiones en tres localidades. El área total del experimento por localidad fue de: $1,548 \text{ m}^2$, con un área neta de 5580.80 m^2 en el cual se tomaron datos de rendimiento.

III.2.2 Tratamientos:

Se consideró como parcela principal los diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo y como subparcelas las diferentes fuentes de nitrógeno. Los tratamientos seleccionados fueron los siguientes:

A:	Parcela Principal	Kg/Ha.	
		N	P ₂ O ₅
	Tratamientos		
	1	20	0
	2	60	0
	3	100	0
	4	20	20
	5	60	20
	6	100	20

B: Subparcela

	Fuentes de Nitrógeno	o/o de N
a)	Urea	46
b)	Nitrato de Amonio	33
c)	Sulfato de Amonio	21

La fuente de fósforo aplicada fue triple superfosfato (46o/o de P₂O₅).

III.2.3 Manejo del Experimento:

La preparación se hizo de acuerdo a lo acostumbrado por el agricultor de esta zona para estas siembras, consistente en dos pasos de Rompelow y dos pasos de rastra. Antes de realizar la siembra se aplicó en el fondo del surco Foxín granulado al 2.5o/o a razón de 1.22 Kg. de i.a./Ha. para el combate de plagas y enfermedades.

La siembra se realizó a mano, empleándose como guías cintas marcadas con distancias requeridas de 0.50 m. entre plantas y 0.85 m. entre surcos, colocando en cada postura cuatro

granos. La semilla de maíz utilizada fue ICTA Tropical 101 (híbrido blanco). Se realizó un raleo a los 20 días después de la siembra, djenado dos plantas por postura para tener una densidad teórica de 47,059 plantas por hectárea.

Los fertilizantes bajo estudio fueron aplicados al momento de la siembra conjuntamente con el desinfectante del suelo con una máquina Plannet Junior.

El área de cada subparcela fue de 17 m^2 , en la cual se sembraron cuatro surcos de cinco metros de largo y como parcela útil se tomó una área de 7.65 m^2 . equivalente a los dos surcos centrales, menos cada postura extrema. Fuera de cada experimento por localidad se establecieron cuatro parcelas de iguales dimensiones con tratamientos (0,0) con el fin de realizar una comparación con los tratamientos a evaluar.

Para el control de plagas del follaje (principalmente contra el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), se hicieron tres aplicaciones líquidas con la mezcla de Metamidophos Methomyl a razón de 0.3 0.11 Kg. de i.a./Ha. respectivamente, a los 7, 15 y 24 días después de la siembra y una aplicación granulada de Foxín al 2.5o/o a razón de 0.25 Kgs./Ha. a los 30 días después de la siembra.

El control de malezas se efectuó en dos ocasiones en forma manual de acuerdo al crecimiento de las mismas.

La cosecha se realizó manualmente, determinándose inmediatamente la humedad del grano, para expresar los rendimientos en base a una humedad constante del 15o/o.

III.2.4 , Procesamiento de Datos:

a) Con los datos de rendimiento de campo se hizo una corrección en base a una población media existente entre las localidades estudiadas por medio del método matemático, Análisis de regresión:

$$Y_c = Y_o - B_1 (X_o - X_a)$$

en donde:

Y_c = Rendimiento corregido

Y_o = Rendimiento obtenido

B_1 = Coeficiente de Regresión

X_o = Población cosechada

X_a = Población a que se quiere corregir.

b) Con los datos de rendimiento corregidos se efectuó el análisis de varianza utilizando el modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = U + R_i + N_j + P_k + (NP)_{jk} + \int_{ijk} + F_l + (NF)_{jl} \\ + (PF)_{kl} + (NPF)_{jkl} + E_{ijkl}$$

en donde:

i = repeticiones (4)

j = Niveles de Nitrógeno (3)

K = Niveles de Fósforo (2)

l = Fuentes de Nitrógeno (3)

Y_{ijkl} = Variable respuesta (rendimiento).

U = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la repetición i .

N_j = Efecto del nivel j de nitrógeno.

P_k = Efecto del nivel k de fósforo.

$(NP)_{jk}$ = Interacción del nivel j de nitrógeno, con el nivel de fósforo.

\int_{ijk} = Error experimental asociado a la parcela grande.

F_l = Efecto de la Fuente de nitrógeno l .

$(NF)_{jl}$ = Interacción del nivel de nitrógeno j , con la fuente de nitrógeno l .

$(PF)_{kl}$ = Interacción del nivel de fósforo k , con la fuente de nitrógeno l .

$(NPF)_{jkl}$ = Interacción del nivel de nitrógeno, j , con el nivel de fósforo k , con la fuente de nitrógeno l .

E_{ijkl} = Error experimental asociado a la parcela pequeña.

c) La comparación de medias empleada fue la basada en la prueba de Tukey.

d) El análisis de regresión y económico se determinó en base a la ecuación siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1X_2$$

en donde:

\hat{Y} : representa el rendimiento estimado.

X_1 : Representa la variable nivel de nitrógeno.

X_2 : Representa la variable nivel de fósforo.

a : es el intercepto cuando se aplica el nivel 0 de nitrógeno con 0 de P_2O_5

b : coeficiente de la ecuación de regresión.

IV. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION

Los rendimientos promedios por tratamiento de las tres localidades estudiadas, expresados en TM./Ha. de grano al 15o/o de humedad, se presentan en el cuadro No. 3.

CUADRO No. 3: RENDIMIENTO PROMEDIO POR LOCALIDAD EN TM./HA. DEL ESTUDIO DE TRES NIVELES Y TRES FUENTES DE NITROGENO Y DOS NIVELES DE FOSFORO EN EL CULTIVO DEL MAIZ. PARCELAMIENTO NUEVA CONCEPCION. 1,979.

TRATAMIENTOS				LOCALIDAD I	LOCALIDAD II	LOCALIDAD III
FUENTE	NIVEL					
	N	P				
UREA	1)	20	0	3.11	3.25	4.84
	2)	60	0	3.21	4.13	5.03
	3)	100	0	3.34	3.94	5.41
	4)	20	20	3.14	3.75	4.68
	5)	60	20	4.02	4.27	5.70
	6)	100	20	3.76	3.90	5.42
			\bar{X} : 3.43	\bar{X} : 3.79	\bar{X} : 5.18	
NITRATO DE AMONIO	1)	20	0	3.66	4.28	4.52
	2)	60	0	3.46	3.83	5.52
	3)	100	0	3.17	3.47	5.22
	4)	20	20	3.47	3.76	4.64
	5)	60	20	3.64	4.05	5.65
	6)	100	20	3.84	3.73	5.09
			\bar{X} : 3.54	\bar{X} : 3.85	\bar{X} : 5.11	
SULFATO DE AMONIO	1)	20	0	3.11	4.04	4.22
	2)	60	0	3.97	4.03	4.47
	3)	100	0	3.46	4.17	4.94
	4)	20	20	3.40	3.31	4.65
	5)	60	20	3.58	3.49	4.64
	6)	100	20	3.39	3.90	5.05
			\bar{X} : 3.49	\bar{X} : 3.82	\bar{X} : 4.83	

Por la similitud que presentan los resultados anteriores entre cada localidad, se hizo necesario realizar un estudio más detallado sobre los mismos por ensayo establecido, el cual se presenta a continuación:

IV.1 LOCALIDAD No. 1:

Los valores medios de rendimientos en TM/Ha., por niveles de nitrógeno y fósforo y fuentes de nitrógeno de esta localidad se presentan en el Cuadro No. 4. En forma general puede observarse que estos resultados son ligeramente menores que los de la localidad No. 2, más no así para Localidad No. 3, que fue el sitio experimental donde se obtuvieron los rendimientos debido posiblemente a una mayor retención de humedad por el suelo, que pudo haber influido en una mayor solubilidad y difusión en la zona radicular del fertilizante aplicado, induciendo a la planta a un mejor aprovechamiento. Lo anterior confirma que los suelos de las localidades estudiadas, poseen en una forma semejante el mismo grado de fertilidad por arriba del nivel crítico (Cuadro No. 2); por tal razón son suelos en los que es difícil obtener una respuesta a la aplicación de fertilizantes.

El porcentaje de incremento logrado en el rendimiento en esta localidad, debido a la aplicación de diferentes niveles y fuentes de nitrógeno y niveles de fósforo, respecto a la media de rendimiento (\bar{X}) de la parcela comparativa de tratamiento (0, 0) fue un valor constante de 1.16. Este valor puede considerarse no relevante (Cuadro No. 4).

Respecto a los mayores incrementos logrados en niveles de nitrógeno y fósforo se encuentran en 60 y 20 Kgs./Ha. respectivamente.

En lo relacionado a fuentes de nitrógeno los incrementos más altos se obtuvieron con la aplicación de nitrato de amonio (N. A.), pero este incremento en el rendimiento no es relevante comparado con las otras dos fuentes de nitrógeno aplicadas. Lo anterior puede comprobarse y apreciarse mejor en la Gráfica No. 1.

Sin embargo, según el análisis de varianza realizado para esta localidad (Cuadro No. 5) muestra que no hubo significancia entre los tratamientos en estudio, de donde se deduce que todos los tratamientos se comportaron estadísticamente igual.

CUADRO No. 4: MEDIA DE RENDIMIENTO POR NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE NITROGENO EN TM./HA. DE LA LOCALIDAD No. 1.

	NIVELES DE NITROGENO			\bar{X}	o/o i.
	20	60	100		
Rendimiento:	3.32	3.65	3.49	3.49	1.16
	Niveles de P_2O_5				
	0	20			
Rendimiento:	3.39	3.58		3.49	1.16
	Fuentes de Nitrógeno				
	U	N.A.	S.A.		
Rendimiento:	3.43	3.54	3.48	3.48	1.16

\bar{X} de las parcelas comparativas de tratamiento (0,0) 3.00 TM./Ha.

\bar{X} : Valor medio

o/o i. : Porcentaje de incremento del valor medio (\bar{X}), sobre la parcela comparativa de tratamiento (0,0).

CUADRO No. 5: ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTOS DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD No. 1

F.V.		G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.t.	
Repeticiones		3	0.6748	0.2249	0.73	3.24	N.S.
Factorial	(F)	5	2.2462	0.4492	1.45	2.90	N.S.
Nitrógeno	(N)	(2)	(1.3130)	0.6565	2.13	3.68	N.S.
Fósforo	(P)	(1)	(0.6728)	0.6728	2.18	4.54	N.S.
Interacción	(NxP)	(2)	(0.2604)	0.1302	0.42	3.68	N.S.
Error (a)		15	4.6333	0.3089	---	---	--
Fuentes de N	(f)	2	0.1564	0.0785	0.29	3.26	N.S.
Fuente x Fact.	(fxF)	10	3.1957	0.3196	1.20	2.10	N.S.
Interacción	(fxN)	(4)	(0.9570)	0.2393	0.90	2.64	N.S.
Interacción	(fxP)	(2)	(0.6805)	0.3403	1.28	3.26	N.S.
Interacción	(fxNxP)	(4)	(1.5582)	0.3896	1.46	2.64	N.S.
Error (b)		<u>36</u>	9.5954	0.2665	---	---	--
Total:		71					

Coefficiente de Variación: a) 15.9 o/o

b) 12.8 o/o

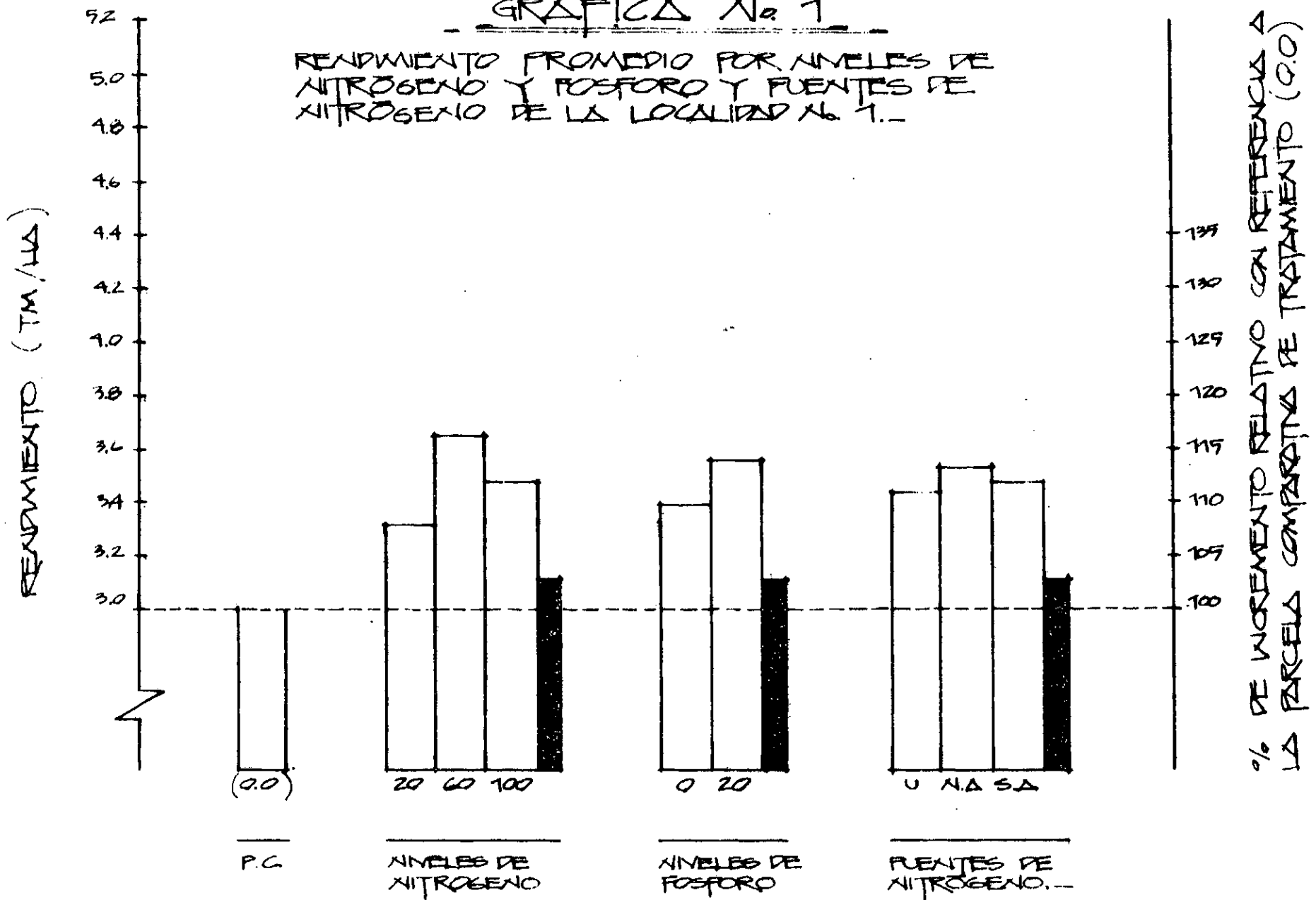
D.t. al 0.05

IV.2 LOCALIDAD No. 2:

Los valores medios de rendimiento expresados en TM./Ha., por niveles de nitrógeno y fósforo y fuentes de nitrógeno para esta localidad se encuentra en el Cuadro No. 6.

GRÁFICA No 1

RENDIMIENTO PROMEDIO POR NIVELES DE NITRÓGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE NITRÓGENO DE LA LOCALIDAD No 1.-



% DE INCREMENTO RELATIVO CON REFERENCIA A LA PARCELA COMPARATIVA DE TRATAMIENTO (0.0)

El porciento de incremento logrado en el rendimiento en las variables estudiadas en este sitio experimental, respecto a la media (\bar{X}) de la parcela comparativa de tratamiento (0, 0) se manifestó casi constante, debido a que las medias de rendimiento son muy similares.

El mayor incremento en el rendimiento en la variable niveles de nitrógeno se obtuvo en 60 Kgs./Ha. Pero la influencia del fósforo a su aplicación (20 Kgs. de P_2O_5 /Ha.) se mostró errática comparada con el nivel cero del mismo elemento; sin embargo si presentó incremento en el rendimiento.

Respecto a fuentes de nitrógeno se puede deducir que el mayor incremento en el rendimiento se obtuvo con urea, pero este incremento comparado con el de las otras dos fuentes empleadas en el experimento (nitrato de amonio y sulfato de amonio) no es relevante.

Todo lo anterior escrito puede apreciarse mejor en el Cuadro No. 6 y Gráfica No. 2.

El análisis de varianza efectuado para esta localidad demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados; esto indica que estadísticamente se comportaron igual.

CUADRO No. 6: MEDIAS DE RENDIMIENTO POR NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE NITROGENO EN TM./HA. DE LA LOCALIDAD No. 2.

	Niveles de Nitrógeno			\bar{X}	o/o i.
	20	60	100		
Rendimiento:	3.75	3.97	3.85	3.86	13.53
	Niveles de P_2O_5				
	0	20			
Rendimiento:	3.91	3.79		3.85	13.23
	Fuentes de Nitrógeno				
	U	N.A.	S.A.		
Rendimiento:	3.89	3.85	3.82	3.85	13.23

\bar{X} de las parcelas comparativas de tratamiento (0,0) : 3.4 TM./Ha.

\bar{X} : Valor medio.

o/o i. : Porcentaje de incremento del valor medio (\bar{X}), sobre la parcela comparativa de tratamiento (0,0).

CUADRO No. 7: ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTOS DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD No. 2.

F.V.		G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. t.	
Repeticiones		3	1.0893	0.3631	1.87	3.24	N.S.
Factorial	(F)	5	1.0681	0.2136	1.10	2.90	N.S.
Nitrógeno	(N)	(2)	(0.5661)	0.2831	1.46	3.68	N.S.
Fósforo	(P)	(1)	(0.2568)	0.2568	1.32	4.54	N.S.
Interacción	(NxP)	(2)	(0.2452)	0.1226	0.63	3.68	N.S.
Error (a)		15	2.9133	0.1942	---	---	---
Fuente de N.	(f)	2	0.0512	0.0256	0.04	3.26	N.S.
Fuente x Fact.	(fxF)	10	4.9697	0.4970	0.86	2.10	N.S.
Interacción	(fxN)	(4)	(2.5225)	0.6306	1.09	2.64	N.S.
Interacción	(fxP)	(2)	(1.4885)	0.7443	1.28	3.26	N.S.
Interacción (fxNxP)		(4)	(1.1527)	0.2882	0.50	2.64	N.S.
Error (b)		36	20.9032	0.5806	---	---	---
Total:		71					

Coefficiente de variación: a) 11.43 o/o
b) 19.77 o/o

F. t. al 0.05

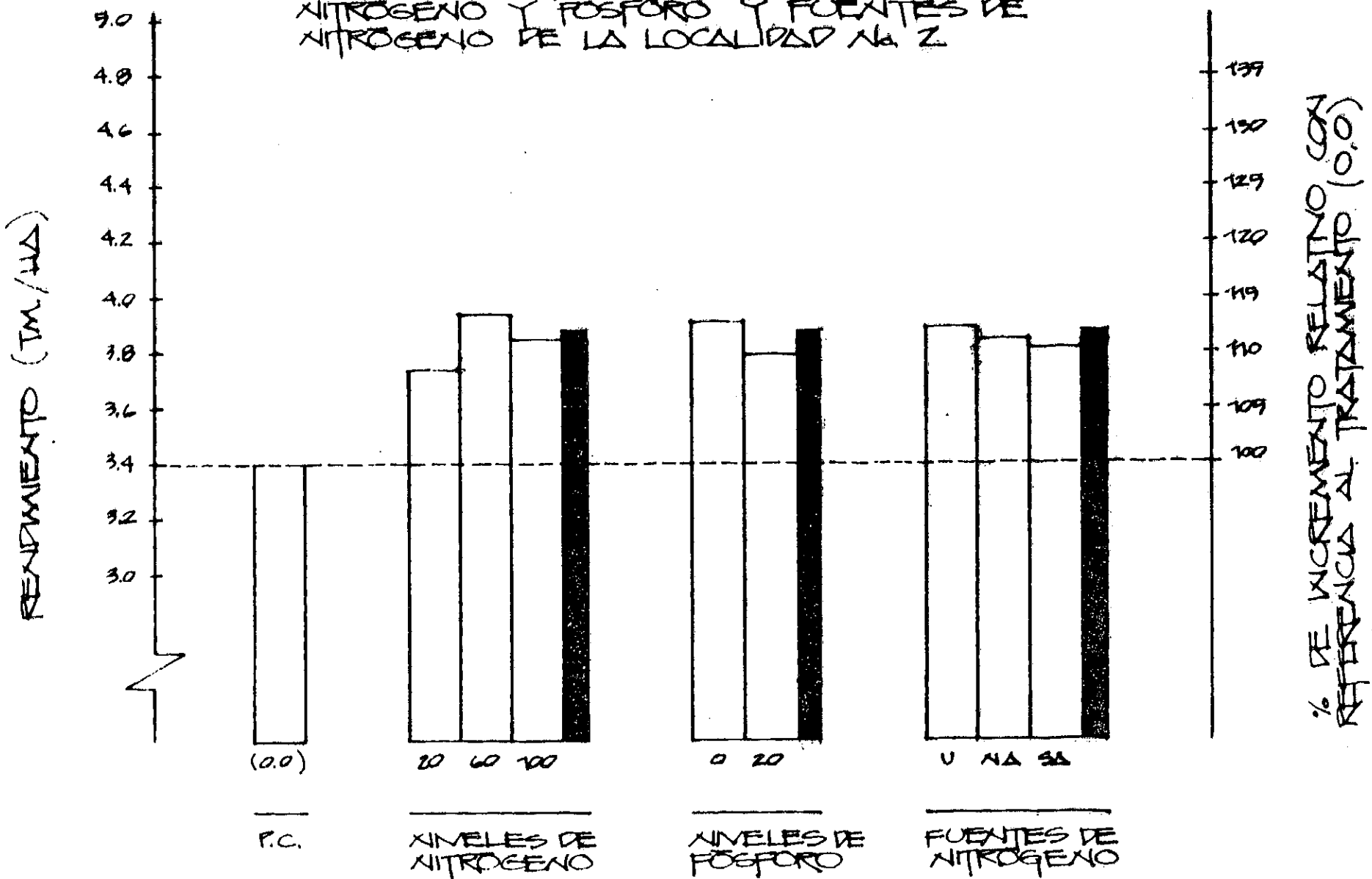
IV.3 LOCALIDAD No. 3:

Las medias de rendimiento en TM./Ha., por niveles de nitrógeno y fósforo y fuentes de nitrógeno para esta localidad se encuentran en el Cuadro No. 8.

En cuanto al porcentaje de incremento logrado en el rendimiento de las variables estudiadas en este sitio experimental, fue de un valor constante (1.6o/o) con respecto a la

GRÁFICA No. 2

RENDIMIENTO PROMEDIO POR NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE NITROGENO DE LA LOCALIDAD No. 2



parcela comparativa de tratamiento (0, 0), ésto puede deberse a la homogeneidad que presente el suelo, igualmente los suelos de las localidades 1 y 2.

Puede observarse en estos resultados que el mayor incremento en el rendimiento debido a la aplicación de nitrógeno a diferentes niveles, respecto a la media de las parcelas comparativas de tratamiento (0, 0), se obtuvo en el nivel de 60 Kgs./Ha. El incremento que muestran los niveles de fósforo (0 y 20 Kgs./Ha.) puede decirse que fue igual en ambos tratamientos.

Con relación a fuentes de nitrógeno se observó que urea presentó una mejor respuesta en el incremento del rendimiento, aunque el nitrato de amonio presentó resultados muy similares.

Lo anteriormente expuesto puede apreciarse mejor y más objetivamente en la Gráfica No. 3.

Debido a que existen ciertas diferencias en estos resultados y, el análisis de varianza realizado para esta localidad indica que hubo significancia en niveles y fuentes de nitrógeno (Cuadro No. 9) fue necesario efectuar una comparación de medias basada en la prueba de Tukey (Cuadros No. 10 y No. 11), dando los siguientes resultados:

1. Para niveles de nitrógeno:

Los rendimientos obtenidos con niveles de nitrógeno de 60 y 100 Kgs./Ha. son estadísticamente iguales y ambos presentan diferencia significativa con respecto al nivel 20 Kgs. de nitrógeno/Ha.

2. Para fuentes de nitrógeno:

Los rendimientos obtenidos con las diferentes fuentes de nitrógeno son estadísticamente iguales.

CUADRO No. 8: MEDIAS DE RENDIMIENTO POR NIVELES DE NITROGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE NITROGENO, EN TM./HA. DE LA LOCALIDAD No. 3.

	Niveles de Nitrógeno			\bar{X}	o/o i.
	20	60	100		
Rendimiento:	4.59	5.33	5.19	5.04	1.6
	Niveles de P_2O_5				
	0	20			
Rendimiento:	5.02	5.06		5.04	1,6
	Fuentes de Nitrógeno				
	U	N.A.	S.A.		
Rendimiento:	5.18	5.11	4.82	5.04	1.6

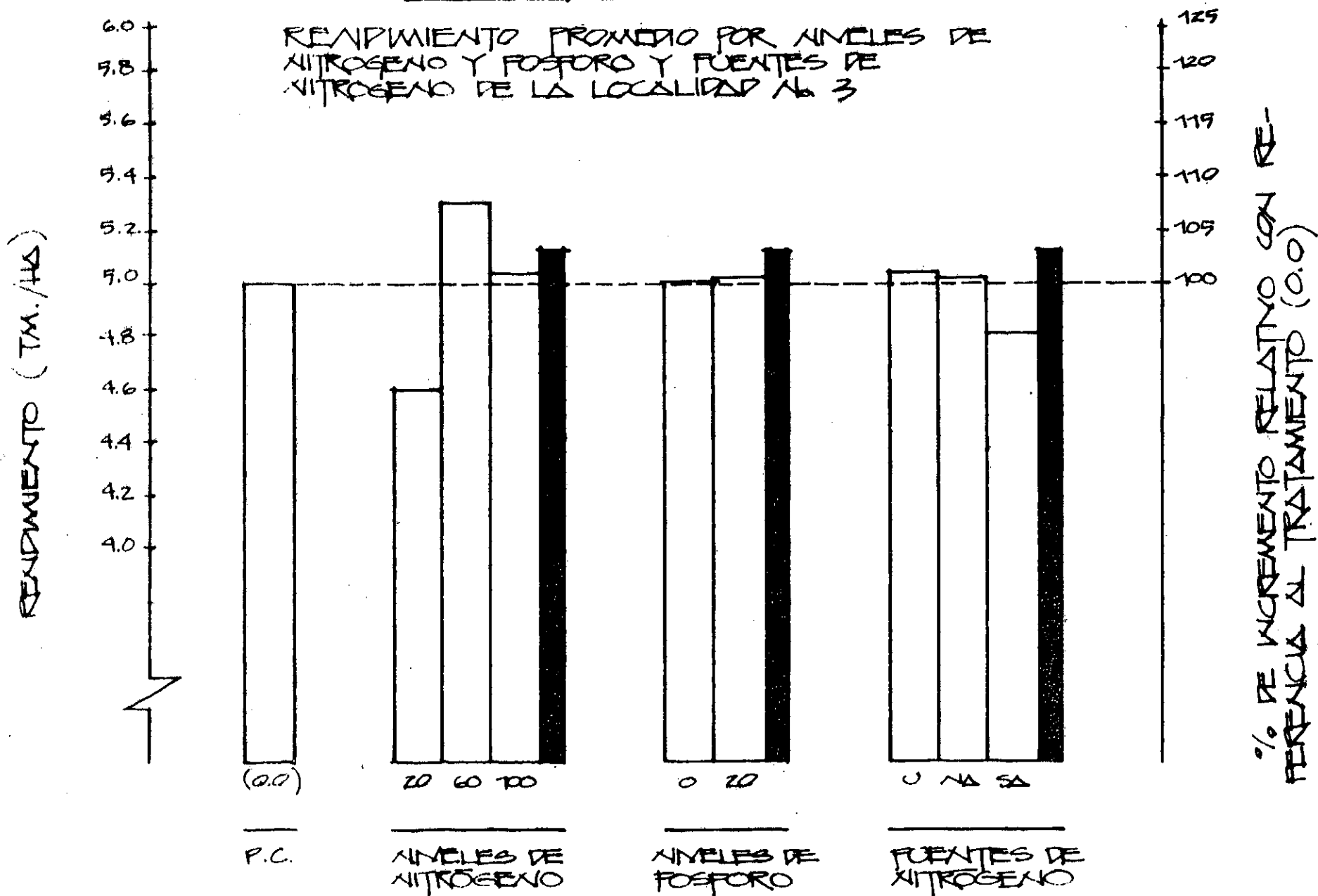
\bar{X} de las parcelas comparativas de tratamiento (0, 0) 4.96 TM./Ha.

\bar{X} : Valor medio

o/o i : Porcentaje de incremento del valor medio (X) sobre la parcela comparativa de tratamiento (0,0).

GRÁFICA No. 3

RENDIMIENTO PROMEDIO POR NIVELES DE
NITROGENO Y FOSFORO Y FUENTES DE
NITROGENO DE LA LOCALIDAD No 3



CUADRO No. 9: ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS EN LA LOCALIDAD No. 3.

F.V.		G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. t.	
Repeticiones		3	1.7412	.05804	1.22	3.24	N.S.
Factorial	(F)	5	7.4960	1.4992	3.14	2.90	*
Nitrógeno	(N)	(2)	(7.3929)	3.6965	7.75	3.68	**
Fósforo	(P)	(1)	(0.0292)	0.0292	0.06	4.54	N.S.
Interacción	(NxP)	(2)	(0.0739)	0.0369	0.77	3.68	N.S.
Error (a)		15	7.1586	0.4772	---	---	---
Fuente de N.	(f)	2	1.6831	0.8416	3.34	3.26	*
Fuente x Fact.	((fxF)	10	3.3581	0.3358	1.33	2.10	N.S.
Interacción (fxN)		(4)	(0.6346)	0.1587	0.63	2.64	N.S.
Interacción (fxP)		(2)	(0.2283)	0.1142	0.45	3.26	N.S.
Interacción	(fxNxP)	(4)	(2.4952)	0.6238	2.47	2.64	N.S.
Error (b)		<u>36</u>	9.0741	0.2521	---	---	---
Total:		71					

Coefficiente de Variación: a) 13.71 o/o

b) 9.96 o/o

* : Significancia al 0.05

** : Significancia al 0.01

CUADRO No. 10: COMPARACION DE MEDIAS BASADA EN LA PRUEBA DE TUKEY DE NIVELES DE NITROGENO.

Niveles de nitrógeno Kgs./Ha.	\bar{X} TM./Ha.	
60	5.33	a
100	5.19	a
20	4.59	b

CUADRO No. 11: COMPARACION DE MEDIAS BASADA EN LA PRUEBA DE TUKEY DE FUENTES DE NITROGENO.

Fuentes de nitrógeno	\bar{X} TM./Ha.	
Urea	5.18	a
Nitrato de amonio	5.11	a
Sulfato de amonio	4.82	a

IV.4 ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE:

Este se realizó basado en los resultados de la localidad No. 3, por ser la única que presentó significancia en el análisis de varianza respectivo.

Además se hizo este análisis indistintamente del efecto de las fuentes de nitrógeno, ya que la variación de las medias de rendimiento se debió sólo a los diferentes niveles de nitrógeno.

En el análisis de regresión se determinó que la ecuación que más se ajustaba a los resultados es la siguiente:

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3(X_1)^2 + b_4(X_2)^2 + b_5(X_1)(X_2)..... \quad (1)$$

en la cual:

\hat{Y} : estimado del rendimiento.

a : intercepto de aplicar 0 Kgs. de nitrógeno/Ha. y 0 Kgs. de P_2O_5 /Ha.

X_1 : representa la variable nivel de nitrógeno.

X_2 : representa la variable nivel de fósforo.

b_i : coeficiente de regresión.

Al sustituir en la ecuación anterior los valores obtenidos de los coeficientes (Cuadro No. 12) la ecuación se presenta finalmente así:

$$\hat{Y} = 3.8174 + 4.1625 \times 10^{-2}(N) + 5.0139 \times 10^{-3}(P) - 2.7813 \times 10^{-4}(N)^2 + 1.0000 \times 10^{-4}(P)^2 - 8.3300 \times 10^{-5}(N)(P) \dots \quad (2)$$

En base a esta ecuación se determinaron los rendimientos estimados por tratamiento, los cuales se presentan en el Cuadro No. 13.

CUADRO No. 12: RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION CORRESPONDIENTES A LA LOCALIDAD No. 3.

Coeficientes

Obtenidos	Valores de "T"		Significancia al 5o/o
a	3.8174	-----	-----
b_1	4.1625×10^{-2}	t_1 3.6258	*
b_2	5.0139×10^{-3}	t_2 4.2430×10^{-7}	N. S.
b_3	-2.7813×10^{-4}	t_3 3.0129	*
b_4	1.0000×10^{-4}	t_4 1.6930×10^{-7}	N. S.
b_5	-8.3300×10^{-5}	t_5 3.9091×10^{-1}	N. S.

* Significativamente diferente de cero al 0.05 de probabilidad considerando el signo.

N.S. : No significativo.

CUADRO No. 13: RENDIMIENTOS ESTIMADOS EN BASE AL ANALISIS DE REGRESION DE LA LOCALIDAD No. 3.

Tratamientos		Rendimientos Estimados		
N	P	(TM. / Ha.)		
20	0	4.54		
60	0	4.31	\bar{X}	5.02
100	0	5.20		
20	20	4.65		
60	20	5.35	\bar{X}	5.06
100	20	5.17		
		\bar{X}		5.04

\bar{X} : Valor Medio

Dicho cuadro muestra que los rendimientos estimados son muy similares a los obtenidos en el campo de esta localidad. También puede observarse que las medias son muy similares; ésto indica que la ecuación de regresión se ajusta a los resultados.

En forma general, puede decirse que los rendimientos estimados presentan igual comportamiento que los rendimientos reales. Estos comportamientos se muestran y se aprecian mejor en la Gráfica No. 4, que es una representación de los rendimientos estimados. En esta gráfica se tiene que conforme aumenta el nivel de nitrógeno aumenta el rendimiento, hasta un poco más arriba del nivel de 60 Kgs. de nitrógeno/Ha., el cual es el punto en el que el rendimiento comienza a decrecer y así continua hasta llegar al nivel de 100 Kgs. de nitrógeno/Ha., el nivel más alto de este experimento. Esto mismo puede observarse en la curva de nitrógeno con fósforo. Ambas curvas son bastantes similares por lo que no existe significancia en la interacción de nitrógeno por fósforo que se demuestra en la prueba de "t" de los coeficientes.

Las cantidades de fertilizante utilizadas en la matriz para este cálculo de regresión fueron las mismas que se aplicaron en el experimento; es decir, que para los valores de la matriz respecto a nitrógeno fueron 20 - 60 - 100 y para P_2O_5 : 0 - 20.

Al analizar los coeficientes de la ecuación se tiene que: a_0 , cuyo valor estimado es el rendimiento que se obtendría al no aplicar nitrógeno ni P_2O_5 , es decir es el punto (0, 0); sin embargo, estos datos obtenidos se alejan un poco de los reales logrados de las parcelas comparativas de tratamiento (0,0) que no estaban dentro del diseño experimental, siendo los datos de campo superiores.

Respecto a los coeficientes de b, resultó que los valores de b_1 y b_3 que se refieren a la fertilización nitrogenada, son mayores que b_2 y b_4 correspondientes a la fertilización fosforada. Lo anterior indica que el efecto del nitrógeno fue mayor que el efecto del fósforo, demostrado también en el análisis de varianza respectivo.

El coeficiente b_1 fue positivo, esto quiere decir que la influencia que de la fertilización nitrogenada en forma lineal a las curvas fue positiva. Su valor por ser bastante grande causa una influencia relevante en el rendimiento. El valor de t para este coeficiente resultó ser significativo.

El coeficiente b_2 fue positivo y no significativo tal y como lo demuestra el valor de t respectivo. Esto quiere decir que el efecto de la fertilización fosforada no fue significativo en su forma lineal a los resultados.

El coeficiente b_3 dió un valor negativo y bastante pequeño, expresando que la influencia del nitrógeno en la forma cuadrática de la curva de regresión es pequeña; sin embargo, su efecto es significativo, tal como lo muestra el valor de t correspondiente, lo que tiende dar a las curvas una curvatura moderada.

El coeficiente b_4 representa un valor positivo, esto indica que la influencia del fósforo en la forma cuadrática de las curvas fue positiva, sin embargo, dicho valor es bastante pequeño lo que causa poca influencia en el rendimiento. Al respecto, el valor de t que corresponde a este coeficiente indica que el efecto del fósforo no fue significativo.

Finalmente, el coeficiente b_5 mostró signo negativo y un valor sumamente pequeño. Lo negativo indica que la interacción entre la fertilización nitrogenada y fosforada tuvo un efecto negativo en el rendimiento; así mismo, el valor de t respectivo indica que este efecto no es significativo por el valor del coeficiente que es pequeño.

Puede observarse en la Gráfica No. 4 que las curvas muestran entre sí en una forma similar el mismo comportamiento. Pero el efecto que presenta el fósforo en el incremento del rendimiento es insignificante, lo cual está demostrado en el análisis de varianza realizado para estos resultados estudiados.

Los valores de los puntos máximos de la curva de regresión se obtuvieron utilizando la ecuación No. 2. Se procedió de la siguiente manera:

Teniendo la ecuación:

$$\hat{Y} = 3.8174 + 0.0416 (N) + 0.0050 (P) - 0.0003 (N)^2 + 0.0001 (P)^2 - 0.0001 (N) (P).$$

Obteniendo la primera derivada e igualando a cero se tiene:

$$\frac{d\hat{Y}}{dN} = 0.0416 - 2(0.0003) (N) - 0.0001 (P) = 0 \quad \dots\dots (3)$$

$$\frac{d\hat{Y}}{dP} = 0.0050 + 2(0.0001) (P) - 0.0001 (N) = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

resolviendo las ecuaciones simultáneas de primer grado con dos incógnitas se obtuvo:

$$N_{(\text{Max})} = 68 \text{ Kgs./Ha.}$$

$$P_{(\text{Max})} = 9 \text{ Kgs. /Ha.}$$

Explicando lo anterior:

Para obtener los rendimientos máximos es necesario aplicar 68 Kgs. de nitrógeno/Ha. con 9 Kgs. de P_2O_5 /Ha. Esto puede observarse también en la Gráfica No. 4.

La importancia de aplicar cantidades altas de nitrógeno al suelo radica en que las plantas para su crecimiento necesitan este elemento en grandes cantidades y, generalmente, el nitrógeno se encuentra deficiente en los suelos debido principalmente a su fácil lixiviación.

Para alcanzar los rendimientos máximos es necesario aplicar dentro de la fertilización nitrogenada 9 Kgs. de P_2O_5 /Ha; sin embargo, al analizar los resultados del Cuadro No. 13 y Gráfica No. 4 el incremento en el rendimiento es completamente insignificante cuando se aplican 20 Kgs. de P_2O_5 /Ha.

Lo anterior viene a corroborar los resultados obtenidos en el análisis de varianza de esta localidad, en el que el efecto del fósforo fue no significativo. Además era de esperarse que diera estos resultados, pues la disponibilidad de fósforo para este suelo se encuentra dentro de un nivel adecuado (Cuadro No. 2).

En el caso de que se realizara una aplicación de fertilización nitrogenada sin aplicación de fósforo, el nivel óptimo se determinó utilizando la ecuación:

$$\frac{d\hat{Y}}{dN} = 0.0416 - 0.0006 (N) = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

en donde:

$$N_{(P = 0)} = 73 \text{ Kgs./Ha.}$$

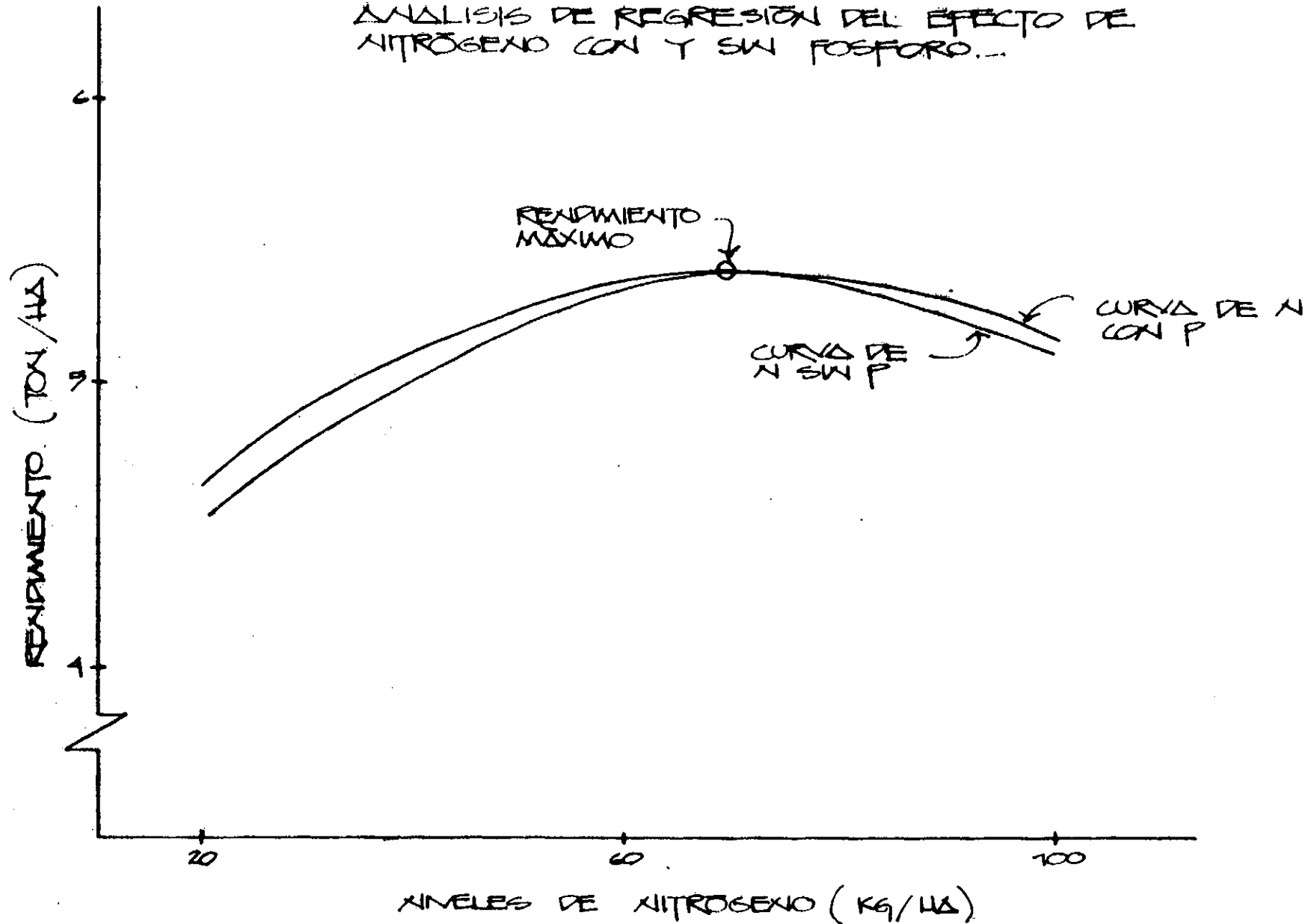
Esto quiere decir que para alcanzar los rendimientos máximos al aplicar sólo el elemento nitrógeno, se tiene que emplear una dosis de 73 Kgs./Ha. que es una cantidad semejante de nitrógeno a la cantidad necesaria cuando se emplean 9 Kgs. de P_2O_5 /Ha. obteniéndose siempre los mismos máximos rendimientos. Esto viene a corroborar una vez más el efecto no significativo a la aplicación de fósforo en estos suelos.

IV.5 ANALISIS ECONOMICO:

Teniendo conocimiento de la significancia que se dió en el análisis de varianza respecto a niveles y fuentes de nitrógeno en la localidad No. 3. se hizo necesario determinar:

GRÁFICA No. 4

ANÁLISIS DE REGRESIÓN DEL EFECTO DE NITRÓGENO CON Y SIN FOSFORO...



- a) La fuente de nitrógeno que resultara más económica por unidad de nitrógeno aplicado, para minimizar los costos de producción.
- b) Un nivel de fertilización nitrogenada que optimice las ganancias.

En cuanto a fuentes de nitrógeno se realiza este estudio debido a que al efectuar la comparación de medias basada en la Prueba de Tukey (Cuadro No. 10) respecto a esta variable, se determinó que los rendimientos obtenidos con las diferentes fuentes tuvieron un comportamiento estadísticamente igual. Esto quiere decir que la variación en las medidas de rendimiento se dieron independientemente del efecto de las fuentes.

Se realizó una estimación de precios de las fuentes por unidad de nitrógeno aplicado, empleadas en los sitios experimentales durante el tiempo de estudio. Dicha estimación de precios se presentan en el Cuadro No. 14.

CUADRO No. 14: COSTO POR UNIDAD DE NITROGENO APLICADO DE LAS DIFERENTES FUENTES EMPLEADAS EN EL EXPERIMENTO.

Fuente de Nitrógeno	o/o de N	Costo por Kg. de N aplicado
1. Urea	46	Q.0.69
2. Nitrato de Amonio	33	Q.0.76
3. Sulfato de Amonio	21	Q.0.89

Del cuadro anterior se deduce que la fuente de nitrógeno que resulta más económica en su aplicación es UREA, por tener la unidad de nitrógeno de menor costo (Q.0.69)

Al calcular la rentabilidad de la aplicación de nitrógeno en estos experimentos, se tomó como base la fuente de nitrógeno Urea por ser la más barata y disponible en el mercado durante el tiempo de estudio; estimando que el precio por unidad de nitrógeno aplicado en Kg. es de Q.0.69.

El precio de maíz producido se estimó en Q.0.165 por kilogramo de grano puesto en la finca, sin considerar el valor del transporte y el impuesto municipal ya que generalmente estos gastos no son sufragados por el agricultor.

Para obtener la dosis de nitrógeno que produzca el punto óptimo económico al capital invertido y tomando en cuenta que no hubo respuesta a la aplicación de fósforo y que el costo de aplicación es el mismo; se tiene que al invertir Q.1.00 en nitrógeno, se obtiene Q.1.00 en maíz, en donde estando al nitrógeno a un precio de Q.0.69/Kg. y el maíz a Q.165.00/TM., implica que el óptimo económico se tiene al producir un incremento de 0.00417 TM. de maíz por cada kilogramo de nitrógeno aplicado.

Tomando la ecuación No. 5 e igualándola a 0.00417 se tiene:

$$\frac{dY}{dN} = 0.0416 - 0.0006 (N) + 0.00417$$

resolviendo la ecuación se obtiene:

$$N_{(\text{ópt})} = 62.4 \text{ Kgs./Ha.}$$

Explicando lo anterior:

El nivel de aplicación que produjo el mayor beneficio a los precios del fertilizante y del maíz mencionados, fue de 62.4 Kgs. de nitrógeno/Ha. El rendimiento obtenido con este nivel óptimo económico de aplicación se estima en 5.25 TM./Ha. de maíz.

Este sería el nivel de aplicación a recomendar en un sistema de producción intensivo cuando el agricultor dispone de fondos suficientes. Esta recomendación variará con los cambios de precios del fertilizante y del grano de maíz. Considerando el análisis de regresión anteriormente descrito y los precios imperantes en el mercado se pueden efectuar los ajustes necesarios para dar la recomendación.

Es lógico que para recomendar el fertilizante que de el máximo retorno, si se toma como base un experimento en que se incluyan varias fuentes de un nutrimento es necesario realizar un análisis de regresión por cada una de las fuentes; sin embargo, el presente estudio se observó que no existe una diferencia estadísticamente significativa para tomar en cuenta esta observación, y se trabajó con la ecuación de regresión general.

V. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos evaluados de las localidades No. 1 y No. 2 no presentaron significancia en el rendimiento.
2. La Localidad No. 3 presentó los mayores rendimientos y significancia de los tratamientos evaluados en fuentes y niveles de nitrógeno.
3. De los tratamientos evaluados en los diferentes sitios experimentales, los niveles de (60-0) y (60-20) de nitrógeno y fósforo respectivamente, en forma independiente de las fuentes de nitrógeno presentaron rendimientos similares y los mayores incrementos en la producción.
4. De acuerdo al análisis económico realizado en los resultados de la Localidad No. 3, se determinó que:
 - a) El nivel de aplicación de fertilización que maximiza la ganancia obtenida es de 62.4 Kgs. de nitrógeno/Ha., cuando el precio de Urea es de 14.50 Q/qq y el de maíz es de 7.50 Q/qq.
 - b) Las variaciones en las medias de rendimiento se dieron independientemente de la fuente de nitrógeno, determinándose que la fuente más económica por unidad de nitrógeno aplicado es Urea, siendo su precio de Q.0.69/Kg.
5. La fertilidad natural de los suelos no permitió detectar una mejor respuesta a la aplicación de los fertilizantes.

VI. RECOMENDACIONES

1. En vista que no existieron diferencias significativas entre las diferentes fuentes de nitrógeno evaluadas, se recomienda utilizar como fuente el fertilizante Urea (46o/o de nitrógeno) por presentar el precio más económico por unidad de nitrógeno aplicado y por estar comercialmente más disponible.
2. Se recomienda para el sitio experimental que mostró significancia aplicar una dosis de 62 Kgs. de nitrógeno/Ha. la cual optimizará las ganancias.
3. Se recomienda continuar con este tipo de trabajo a fin de detectar hasta que punto se vean afectados los rendimientos causados por el uso intensivo de los suelos.

VII. RESUMEN

Las siembras de humedad son las de mayor importancia en el parcelamiento de Nueva Concepción por obtener los agricultores los mayores rendimientos respecto a las otras épocas de siembra.

Se estudiaron tres niveles de fertilización nitrogenada (20, 60, 100 Kgs./Ha.) y dos niveles de fertilización fosforada (0, 20 Kgs. de P_2O_5 /Ha.), así como también se evaluó la respuesta de tres fuentes nitrogenadas (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio) en el cultivo del maíz, en tres localidades diferentes.

De los sitios experimentales estudiados uno mostró significancia en el análisis de varianza respecto a niveles y fuentes de nitrógeno, determinándose por medio del análisis de regresión múltiple que la dosis óptima económica es de 65 Kgs. de nitrógeno/Ha. y que la fuente de nitrógeno que resulta ser más barata por unidad de nitrógeno aplicado es Urea.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BARTOLOMEW, W.V. El Nitrógeno del suelo, proceso de abastecimiento y requerimiento de los cultivos. North Carolina State University at Raleigh, ISFEI. Bol. Tec. No. 6. 1972. 97 p.
2. BLACK, C.A. Soil-plant relationship. New York, John Wiley, 1986. 797 p.
3. BONNET, JUAN A. La ciencia del suelo. San Juan Puerto Rico, Colegio de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores de Puerto Rico, 1968. 233 p.
4. DIAZ, ROMEU R., BALERDI, F. y FASSBENDER H.W. Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. P. 20, 185-192.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El maíz en la alimentación. Estudio sobre el valor nutritivo. Roma, 1974. 100 p.
6. FASSBENDER, HANS W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 398 p.
7. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Resultados obtenidos de parcelas de prueba de maíz. La Máquina. 1976. Guatemala, 1977. 12 p.
8. HOLDRIDGE, L.R. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura/SCIDA, 1958. 19 p.
9. LUGO, CAJA J. Determinación de la eficiencia de utilización de nitrógeno mediante el empleo del isótopo 15 en el cultivo del maíz. México, D.F., Asociación Latinoamericana de Agricultores, 1969. Vol. 6. s/p.
10. JACOB, A. y HUEXKULL, H.V. Fertilización. Traducción por L. López Martínez. Cuarta edición. México, D.F., Ediciones Euroamericanas, 1973. 626 p.
11. MATHEU C., R.A. Efecto de la materia orgánica en el aprovechamiento de fertilización con NPK en el rendimiento del cultivo del maíz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 40 p.
12. MAZARIEGOS A., F. J. Curso semestral de fertilización y fertilizantes. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976.
13. NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. Manual de fertilizantes. Traducción por Modesto Rodríguez de la Torre. México, D.F., LIMUSA, 1978. 292 p.
14. ORTIZ M., O.I. Algunos resultados sobre fertilización del maíz en Guatemala. En: Memoria de la VII Reunión Anual del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras. 20-23 de febrero. 1961. 108 p.

15. PALENCIA, J.A. Caracterización de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. Tesis de M. Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro de Enseñanza e Investigación del IICA. 1969. 168 p.
16. PERDOMO, R. Y HAMPTON, H. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Producción de Materiales. 1970. 366 p.
17. PINEDA M., H.L. 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. Tesis . Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1976. 40 p.
18. RALDA C., R. Estudio sobre la fertilización nitrogenada (urea) en el sistema del cultivo maíz-frijol en el parcelamiento La Máquina. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1977. 63 p.
19. RITCHER, G. Fisiología del metabolismo de las plantas. México, D.F., AID/RTAC, 1975. p. 265-268.
20. SANCHEZ, P.A. Fertilización con nitrógeno: un resumen de las investigaciones edafológicas en América Latina Tropical. North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin. 1973. 219 p.
21. TILSDALE, S.L. y NELSON, W.L. Estudios de los suelos y fertilizantes. Traducción por Jorge Balash y Carmen Piña. Barcelona, Montaner y Simon, S.A., 1970. 780 p.

Vo. Bo.

(f) Cristina de Cabrera
Documentalista

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal, No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

<i>Referencia</i>
<i>Asunto</i>

"IMPRIMASE"



Paul
DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O