

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DE RANGOS OPTIMOS DE N, P, Ca y MG
EN SUELOS ACIDOS DE MORALES, IZABAL PARA
LA PRODUCCION DE ARROZ (*Oryza sativa*,

variedad LE-BONNET)



Presentada a la Ilustrable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

SERGIO VINICIO BURGOS ORREGO

En su calidad de Titulatura como
INGENIERO AGRONOMO
en el Grado Academico de
Licenciado en Ciencias Agrícolas

Guatemala, Abril de 1981

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

01
T(580)
C.3

Rector

Lic. Leonel Carrillo R.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Carlos Orlando Arjona
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.	Ing. Agr. Fernando Vargas
Vocal 4o.	Br. Carlos Orozco C.
Vocal 5o.	Br. Roberto Morales
Secretario a.i.	Ing. Agr. Negli Gallardo

TRIBUNAL QUE PRACTICO
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Ing. Agr. Jorge Pineda M.
Examinador	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
Examinador	Ing. Agr. Ricardo Miyares
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

Guatemala, Abril de 1, 981.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DE RANGOS OPTIMOS
DE N, K, Ca y Mg. EN SUELOS ACIDOS-
DE MORALES IZABAL PARA LA PRODUC
CION DE ARROZ, (Oryza sativa, variedad
LE - BONNET)".

En espera que el presente trabajo merezca vuestra aprobación, me es grato suscribirme muy respetuosamente,

SERGIO VINICIO BURGOS ORREGO.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

30 de marzo de 1981.

Referencia _____

Asunto _____

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

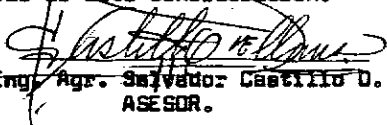
Señor Decano:

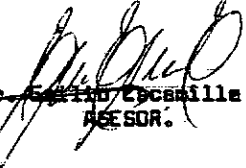
Atendiendo a la designación que nos hiciera el Decanato a cargo, de ese entonces, Ing. Agr. Rodolfo Estrada González, tenemos el agrado de informarle que hemos asesorado al estudiante SERGIO VINICIO BURGOS ORREGO en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulado: "DETERMINACION DE RANGOS OPTIMOS DE N-M- Ca y Mg, EN SUELOS ACIDOS DE MORALES IZABAL PARA LA PRODUCCION DE ARROZ (Oryza sativa, variedad LE-BONNET).

El trabajo de tesis está basado en el método científico y como un trabajo especial tendiente a evaluar rangos de nutrimentos y sus interacciones dentro de los cuales se obtiene mayor producción en el cultivo de arroz. Asimismo reviste importancia por haberse desarrollado la experimentación en suelos ácidos del Depto. de Izabal que cubren gran parte de la zona arrocera.

Por lo anteriormente expuesto, el trabajo del estudiante Burgos Orrego cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de grado a nivel superior y en consecuencia recomendamos que el mismo le sea aprobado para su defensa y discusión en el Examen General Público que al estudiante debe sostener en el acto de su graduación.

Sin otro particular, nos es grato suscribirnos del Sr. Decano con muestras de alta consideración.


Ing. Agr. Salvador Castillo D.
ASESOR.


Dr. Emilio Lucanilla E.
ASESOR.

SCO/jje



TESIS QUE DEDICO

A mi Patria Guatemala.

A Chimaltenango.

A la Escuela Tipo Federación "Miguel Hidalgo y Costilla"

A la Escuela Normal Rural "Pedro Molina"

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A la Facultad de Agronomía.

A mis ex-Catedráticos.

DEDICO ESTE ACTO:

A Dios.

A mis padres: Eladio Burgos Juarez. Q.E.P.D.
Esther Mercedes O. de Burgos.

A mis hermanos: Gilma Aracely y Edwin Eladio.

A mis sobrinos Luis Vinicio y Gilma Mercedes.

A mis familiares
especialmente A: La familia Escobar Orrego.

A Yumila Marfranzoli.

A mis compañeros de promoción.

AGRADECIMIENTO.

A mis asesores Dr. Emilio Escamilla E. y al Ing. Agr. Salvador Castillo O. por su constante orientación en la realización de este trabajo y sus valiosas enseñanzas dentro de mi superación profesional.

Al Ing. Agr.

Jorge Mario Penados, al proporcionar toda su colaboración para que fuera posible este trabajo.

Al Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola ICTA. En especial al Ing. Mario E. Braeuner por su desinteresada orientación en los análisis de suelo.

RESUMEN

El departamento de Izabal, ubicado en la costa atlántica de Guatemala, constituye un área de producción de diversa naturaleza de cultivos, entre ellos se encuentra la producción de arroz, para el cual se destinan aproximadamente el 2.25% del área total del departamento.

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Morales, en un suelo de la serie Inca (según Simons et. al.), en el cual como en todos los demás predominan los suelos de naturaleza ácida (reacción o pH), así como niveles bajos en los nutrimentos básicos para los cultivos; siendo esta condición de los suelos lo que motivó una investigación sobre la respuesta de arroz (variedad Le-Bonnet) a aplicaciones variables de nutrimentos investigando los siguientes rangos: N de 20 a 140 Kg/Ha., K de 0 a 100 Kg/Ha. de K_2O , Ca de 0 a 1200 Kg/Ha de $Ca(OH)_2$ y Mg de 0 a 600 Kg/Ha de $MgSO_4$ y un nivel constante de 60 Kg/Ha de P_2O_5 considerado como adecuado para el cultivo. Planteado a nivel de campo bajo un diseño Central Compuesto Rotable distribuido en bloques al azar.

Estudiando el comportamiento de los diferentes nutrientes en interacción, se pudo detectar que el nitrógeno y el calcio son los que más inciden sobre los incrementos de producción de arroz; por otra parte el nitrógeno es el nutrimento que mayor efecto tiene en las interacciones con los otros nutrimentos en el desarrollo y crecimiento de la planta.

Analizando los rendimientos obtenidos se encontró la mejor producción equivalente a 4.77 T.M./Ha de arroz en granza, que es superior a la media que obtienen los agricultores del área utilizando la variedad Le-Bonnet; así mismo la producción de 4.77 T.M./Ha se obtiene al aplicar los siguientes niveles en Kg/Ha. 88-48-818-350 de $N-K_2O-Ca(OH)_2-MgSO_4$, respectivamente.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda a nivel de productores del área y con la variedad Le-Bonnet, la utilización de los niveles descritos anteriormente en una forma general, sin embargo, deberá estudiarse los niveles más precisos en valores cercanos a los niveles de fertilización que se plantean y considerar los costos de producción como determinantes en los niveles a emplear.

El número de plantas/unidad de área, no es un componente de rendimiento en la producción de arroz, bajo las condiciones que prevalecieron en el estudio efectuado, por lo cual este aspecto puede ser considerado en estudios posteriores.

CONTENIDO

- I. INTRODUCCION.
- II. REVISION DE LITERATURA.
 - A.- Generalidades del cultivo.
 - B.- Función del Nitrógeno en el rendimiento de Arroz.
 - C.- Función del Fósforo en el rendimiento de Arroz.
 - D.- Función del Potasio en el rendimiento de Arroz.
 - E.- Función del Calcio en el rendimiento de Arroz.
 - F.- Otros factores que influyen en el rendimiento de Arroz.
- III. MATERIALES Y METODOS:
 - 1.- Localización
 - 2.- Material genético
 - 3.- Metodología experimental
 - 4.- Manejo del cultivo
 - 5.- Análisis estadístico
 - 6.- Parámetros medidos.
- IV. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.
- V. CONCLUSIONES
- VI. RECOMENDACIONES
- VII. BIBLIOGRAFIA.

I.

INTRODUCCION

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) proclamó en 1964 "Año de la población mundial"; razón por la cual consideró que el crecimiento de la población se ha convertido en una de las grandes preocupaciones de la humanidad (2).

Nadie discute que con el aumento de la población se incrementará el hambre si no se aumenta la producción de alimentos. La necesidad del aumento de la producción se impone debido a la urgencia de alimentar más y mejor a la población, de ahorrar divisas disminuyendo las importaciones de granos básicos y aumentarlas mediante exportaciones. Es por eso que se hace necesaria la producción de granos, no solo para resolver el problema de alimentación nacional, sino para ayudar en la solución del problema alimenticio mundial.

F.A.O. en 1966 designó, "Año Internacional del Arroz" - para señalar la atención de todo el mundo a los problemas de quienes viven a base de arroz, para estimular y redoblar esfuerzos en pro del aumento de la producción (2).

En Guatemala en 1970 se cultivaron 14,000 Ha., obteniendo se una producción de 25,000 toneladas métricas, con un promedio de rendimiento de 1.14 T.M./Ha. de arroz en granza. En el departamento de Izabal se dedican 2,030 Ha. para el cultivo del arroz (9).

Por las razones enunciadas, se hace necesario la realización de estudios encaminados a aumentar la producción arrocería del país, considerándose fundamentalmente la fertilización al suelo como fuente nutritiva y sus efectos en el aumento de la producción.

a.- OBJETIVOS:

- 1.- Contribuir en parte a las investigaciones agrícolas efectuadas por el sector Público Agrícola e instituciones nacionales e internacionales en la producción intensiva del cultivo del arroz.
- 2.- Mejorar los rendimientos, al aumentar las reservas nutritivas ya existentes en el suelo, proporcionando así los nutrimentos requeridos por el cultivo del arroz.
- 3.- Determinar un rango óptimo de fertilización cuando se utilizan niveles variables de N, K, Ca, y Mg, a un nivel constante de P.
- 4.- Estudiar las respuestas en el rendimiento a la adición de Ca y Mg, en suelos ácidos de la región de Morales, Izabal.

b.- HIPOTESIS:

El N, K, Ca y Mg tienen efecto en el incremento del rendimiento debido a la corrección de sus deficiencias, y al mejor aprovechamiento de los otros nutrimentos en los suelos ácidos de la región de Morales Izabal.

II.

REVISION DE LITERATURA

A.- GENERALIDADES DEL CULTIVO:

Origen: Algunos botánicos creen que el arroz proviene de una especie silvestre que prospera a las orillas de algunos lagos de la India y Australia. Se supone que de la India pasó a China y otros países. Se sabe que el arroz se cultivaba en China 3,000 años A.J.C. Cuando Alejandro Magno conquistó Babilonia, en 323 A.J.C., encontró que el arroz se cultivaba a lo largo de las riberas del Tigris y del Eufrates (7).

Clasificación taxonómica (5):

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embriobionta.
División	Tracheophyta.
Sub-División	Magnoliophytina.
Clase	Commelinidae.
Orden	Cyperales.
Familia	Gramineae.
Género	Oriza
Especie	sativa.

Factores que afectan el rendimiento, enumerados por F.A.O 1966.

- 1.- El rendimiento potencial de la variedad y su respuesta al abonado.
- 2.- El grado de control de las enfermedades, insectos y malas hierbas.
- 3.- Los métodos de cultivo, incluyendo la regulación del drenaje y del riego.
- 4.- El empleo eficaz del fertilizante.
- 5.- El clima.

Todos estos factores contribuyen al rendimiento y es difícil determinar que proporción del total puede atribuirse a cada uno de ellos (3).

B.- FUNCION DEL NITROGENO EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ:

De Datta (1969), dice que para las variedades de tallo débil propensas al acame, las aplicaciones de nitrógeno deben retrasarse para evitar el excesivo crecimiento vegetativo previendo el acame tanto como sea posible, sobre todo cuando el suelo es fértil. Para una variedad resistente al acame, la aplicación de nitrógeno en el momento de la siembra hará aumentar el número potencial de panojas, incrementando el rendimiento de grano (14).

De Datta y Nagnaya (1960), llegaron a la conclusión de que en la mayoría de los casos, los fertilizantes que contienen amonio (sulfato, cloruro y adhidrico) y, los productores de amonio como urea, son casi igualmente eficaces de acuerdo con la respuesta de rendimiento de grano y son fuente excelente de fertilizante nitrogenado para los arrozales de inundación (14).

Evatt (1964), para las variedades de tallo débil o suelos de testura gruesa, se recomienda una aplicación dividida de nitrógeno con el fin de evitar el acame o reducir a un mínimo las pérdidas de nitrógeno por lixiviación (1).

F.A.O. (1963), dice que en los Estados Unidos es posible obtener rendimientos elevados de arroz cuando se aplican cantidades grandes de nitrógeno. La respuesta a este elemento es lineal, en la mayoría de los casos, hasta 75 a 85 Kg/Ha de N. Dentro de este margen cabe esperar 20-Kg. de arroz por Kg. de nitrógeno aplicado (3).

F.A.O. (1966), Informó que el nitrógeno es el elemento decisivo para la producción de arroz y es el que, por amplio margen, produce los mayores aumentos en los rendimientos.

El arroz puede absorber el nitrógeno, ya sea en forma amoniacal o de nitrato, aplicado en forma de fertilizante químico, abono verde, torta oleaginosa o estiércol. El sulfato de amonio se ha considerado como uno de los mejores fertilizantes nitrogenados para el cultivo de arroz sumergido. La urea ha demostrado ser eficaz, especialmente en los ensayos efectuados en Italia, Japón y Estados Unidos, siendo los resultados obtenidos con este fertilizante casi iguales a los que se han logrado con sulfato amónico. El examen de las cifras correspondientes a más de 400 ensayos arroja un promedio de 12 a 13 Kg. de arroz por Kg. de nitrógeno no aplicado (3).

Ponnamperuma (1959), encontró en Ceilán, en suelos lateríticos ácidos-bien drenados, existe una respuesta lineal del nitrógeno situándose entre 0 y 60 Kg/Ha de N, y alcanzó un promedio de 9 Kg. de arroz por Kg. de nitrógeno (12).

Siak (1960), encontró en Hong Kong, que el nitrógeno aplicado a razón de 30 Kg./Ha. produjo incrementos en el rendimiento medio - 522 Kg./Ha., y que el incremento de dosis mayores no aumentaba más el rendimiento. También demostró que no se produce respuesta significativa al fósforo y potasio por encima de 60 Kg./Ha. de P_2O_5 y 30 Kg./Ha. de K_2O (14).

Suzuki (1943), Corbetta (1954), descubrieron por separado que los arrozales que recibieron de 40 a 60 Kg./Ha de nitrógeno con relación al fósforo y potasio, eran particularmente propensos a la *Pyricularia orizae* (quema del arroz) (14).

Takahashi (1964), encontró que los efectos que produce el nitrógeno en el arroz, son los siguientes: da un color verde oscuro a las partes de la planta, fomenta el crecimiento rápido (aumentando la altura), aumenta el tamaño de las hojas y granos, mejora la calidad del cultivo y proporciona nitrógeno a microorganismos, mientras se descomponen materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno (14).

Matsushima (1964), indicó que las plantas de arroz han de tener la cantidad de nitrógeno que necesitan tanto en la etapa temprana y media de formación de renuevos, para hacer que aumenten al máximo - el número de panojas, como en la etapa temprana de maduración (14).

C.- FUNCION DEL FOSFORO EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ:

Bartholomew (1931), observó que el arroz no presentaba respuesta a la fertilización con fósforo, ni siquiera en suelos que tenían contenidos muy bajos de fósforo disponible (14).

Chu (1957), estudió tres fuentes de fósforo en diferentes tipos de suelo en Formosa, incluyendo latosoles, suelos aluviales pizarrosos, de esquito y piedra arenisca y, descubrió que el superfosfato era superior al fósforo fundido o fósforo rocoso que se encuentra menos disponible en suelos neutros y ácidos (14).

De Geus (1954), observó que el fósforo además de contribuir al alto rendimiento de arroz, es necesario por otras razones ya que estimula el desarrollo de las raíces, haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía, fomenta la floración y la maduración temprana neutralizando o reduciendo la influencia desfavorable de los trasplantes tardíos, fomenta la formación activa de renuevos, que permite que las plantas de arroz se recuperen más rápidamente de manera más completa después de cualquier situación adversa y, le da al arroz un mayor valor alimenticio debido al contenido más alto de fósforo en los granos (14).

F.A.O. (1966), indica que, la forma en que responde el arroz a la apli

cación de fósforo es más variable y menos universal que la que se observa en el caso de nitrógeno.

Aunque sobre una base mundial, el incremento medio de unos 3 Kg. de arroz en granza por Kg. de P_2O_5 aplicado, no resulta económico. Debe advertirse que la aplicación de elevadas proporciones de nitrógeno y el empleo de variedades de alto rendimiento, pueden dar lugar a una deficiencia de fósforo en ciertos suelos que, en condiciones ordinarias, contienen suficiente cantidad de este elemento (3).

Finfrock (1965), en California, señala que la aplicación de fósforo solo raramente hizo aumentar los rendimientos aún cuando se obtuvieron respuestas muy buenas en muchas zonas en las que se agregaron nitrógeno y fósforo (14).

Iso (1964), señaló que los estudios relativos a la fertilización con fósforo pueden atraer menos la atención, puesto que los efectos de la aplicación de fósforo raramente resultan notables como los de nitrógeno. Sin embargo, esto no quiere decir que el fósforo no sea esencial para los altos rendimientos de arroz (14).

Moornaw y De Datta (1968), encontraron que al aplicar fósforo junto con el nitrógeno el aumento del rendimiento en grano fué más del 400 por ciento (14).

Nelson (1957), en 23 experimentos de campo con arroz inundado en las Filipinas, no obtuvo respuesta a la fertilización con fósforo, ni siquiera en los suelos que tenían bajos niveles de fósforo. El contenido de fósforo de las plantas era suficientemente alto para eliminar cualquier posibilidad de deficiencia (14).

D.- FUNCION DEL POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ:

Desay (1958), consideró que las necesidades de potasio que tiene el arroz se satisfacen a partir de los residuos de plantas introducidas en el suelo y en el agua de riego (14).

F.A.O. (1966), indica que durante mucho tiempo se pensó que el rendimiento del arroz no podía aumentar mucho mediante la aplicación de fertilizantes potásicos. Ultimamente se han registrado en el Japón, que en suelos arenosos y de textura gruesa, los cultivos de arroz a los que se han aplicado compuestos potásicos demuestran gran resistencia a las enfermedades y a las condiciones climatológicas adversas. El incremento de los rendimientos debido a la acción del potasio es menor que el que se obtiene con el fósforo, y equivale, por término medio, a unos 2 Kg. de arroz por Kg. de K_2O . Sin embargo, hay suelos en que se han obtenido aumentos apreciables y se cree que al intensificarse -

la producción de arroz, se lograrán mejores resultados con la aplicación de potasio (3).

Hendry (1928), informa que en Birmania los resultados de centenares de experimentos en los arrozales de los productores, han revelado que los rendimientos pueden ser aumentados considerablemente aportando nutrimentos necesarios a las plantas, particularmente nitrógeno y fósforo. Así mismo, indica que es dudoso el incremento debido a la aplicación de potasio resulte económico (1).

Noguchi y Sugawara (1954), encontraron que el potasio hace que los cultivos no solo sean más resistentes a enfermedades y los efectos adversos de las condiciones climáticas desfavorables, sino que favorece el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y peso del grano (14).

Oh y Kimm (1964), indican que en Corea, aún cuando gran porcentaje de los 556 experimentos muestran respuestas positivas a la fertilización con potasio, el incremento real en el rendimiento es extremadamente bajo, aproximadamente el 4 por ciento (3).

Yuan (1952), sugiere que es mejor dividir muchas veces la aplicación de potasio para evitar las pérdidas por lixiviación y permitir que las plantas de arroz obtengan cantidades adecuadas de K_2O para lograr un crecimiento vigoroso (14).

E.- FUNCION DEL CALCIO EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ:

Conhaire (1965), considera que la adición de cal es absolutamente necesaria, cuando el pH es inferior a 5.5 y es aconsejable cuando dicho pH varía entre 5.5 y 6.5. La aplicación moderada de cal es suficientemente para suelos con un pH de más de 6.5 aunque solo sea para mantener el pH a un nivel favorable (3).

F.A.O. (1960), indica que el calcio es muy abundante en los suelos cultivados con arroz, debido a que predomina entre los iones intercambiables del suelo. Aún cuando se baja la posibilidad de que haya una escasez de suministro de calcio para el arroz, la adición de cal a los suelos ha tenido efectos favorables. La respuesta al encalado se ha atribuido principalmente a los cambios de pH del suelo, que conducen a una mayor efectividad de los fertilizantes (3).

Ponnamperuma (1958), obtuvo un aumento en el rendimiento de una tonelada/Ha. con la adición de 14.8 toneladas/Ha de cal, debido a la reducción del alto nivel del ión ferroso (6).

Sakai (1962), en resumen de la respuesta del arroz a la cal, mencionó -

un aumento del rendimiento hasta 12 por ciento en comparación con los tratamientos sin cal (14).

F.- OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN RENDIMIENTO DE ARROZ

De Datta (1960), encontró que en suelos de textura fina, todo el fertilizante nitrogenado puede aplicarse con el último paso de rastra, - con lo cual se incorpora completamente y sin mucha pérdida contribuyendo a un rendimiento óptimo de grano. Los fertilizantes de fósforo y potasio pueden aplicarse de la misma manera que el nitrógeno (14).

Feur (1961), encontró que el aumento de pH de los suelos ácidos y la disminución de pH de los alcalinos, bajo inundación hace aumentar - la disponibilidad del fósforo (14).

Ignatisff(1951), en Japón encontró que los elevados rendimientos obtenidos se atribuyen al alto nivel de las técnicas de riego y drenaje, a los favorables métodos de cultivo, al empleo de variedades de alto - rendimiento, al uso eficaz de los fertilizantes y la protección contra - los insectos y enfermedades (6).

Miaerse(1965), explicó que cuando el suelo está inundado, la disponibilidad de fósforo aumenta con el tiempo. Durante la primera etapa - de crecimiento de las plantas puede resultar esencial una aplicación - suplementaria de fósforo para obtener un crecimiento apropiado (12).

Ponnamperuma(1965), dice que la tierra debe cultivarse al menos 15 días antes de la siembra directa o por trasplante.

La finalidad es evitar a las plántulas de arroz efectos de una - gran concentración de sustancias perjudiciales generadas por la descomposición de materias orgánicas introducidas en los suelos inundados, así también la de permitir a las plántulas utilizar el amonio liberado en esa forma, durante la descomposición de la materia orgánica (13).

Tanaka(1964), encontró que cuando la intensidad de la luz es baja, el nivel óptimo de nitrógeno es también bajo. Con una intensidad lumínica reducida, disminuye la acumulación de almidón, se retrasa el de sarrollo de las raíces, se hace más lenta la absorción del nitrógeno y bajo índice fotosintético, provoca un desequilibrio entre los carbohidratos y el nitrógeno (14).

Villegas (1965), dice que la inundación de un terreno hace aumentar la

disponibilidad tanto del fósforo nativo del suelo, como del que se agrega como fertilizante. La mayor parte disponible del fósforo se produce debido a que en condiciones de inundación, el hierro, el aluminio, el manganeso y el calcio se hacen más solubles y liberan químicamente al fósforo.

III.

MATERIALES Y METODOS

1. LOCALIZACION:

El presente estudio se realizó en la finca "La Francia", situada en el Municipio de Morales Izabal, siendo sus características ecológicas y geográficas las siguientes: (10)

	Max.	Min.	Media.
Temperatura C°	29.42	21.74	25.58
Precipitación (num/año)	-	-	3021.42
Humedad relativa anual	-	-	82.20%
Latitud	15°	20'	30"
Longitud	88°	49'	40"

Según Thortwhaite, considera el clima como cálido, con invierno benigno muy húmedo, con vegetación selvática y estación bien definida, (zona Tropical Húmeda) (6).

Según Simons, Tarano y Pinto, estos suelos pertenecen a la serie Inca, los cuales se describen como tierras bajas del Petén Caribe, encontrándose lixiviados y ácidos, no mayor de un 5% en su mayoría. Su drenaje externo es de imperfecto a malo, textura y consistencia franco-limosa, de color café grisáceo, con un espesor aproximado de 20 a 50 centímetros (15).

En el Cuadro 1, se detallan los resultados del análisis químico del suelo del área experimental antes del ensayo.

El análisis se efectuó en el laboratorio de Suelos del ICTA. Las muestras fueron tomadas a una profundidad media de 0 a 30 centímetros.

Cuadro 1:

	microgramos/ml.		meq/100 ml. de suelo.	
pH 1:2.5 H ₂ O	P.	K.	Ca.	Mg.
5.50	6.75	78.00	2.60	0.60

Metodología: Maclich (Carolina del Norte).

2.- MATERIAL GENETICO:

Se utilizó la variedad LE - BONNET, semilla certificada con un porcentaje de germinación de 96%, traída de Estados Unidos, con macollamiento intermedio, altura de planta de 1.15 a 1.20 mts., resistente a *Helminthosporium oryzae*, *Rhizosporium oryzae* y *Pyricularia oryzae* de la hoja (8).

3.- METODOLOGIA EXPERIMENTAL:

El diseño experimental utilizado fué un Central Compuesto Rotable con bloques completos, distribuido en Bloques al Azar con dos repeticiones.

El área de cada parcela principal fué de 20 mts.² y para eliminar el efecto entre parcelas se tomó como parcela neta 12 mts.², los cuales sirvieron para hacer las evaluaciones de los parámetros a estudiar.

Cuadro 2:

Cantidades de N, K₂O, Ca(OH)₂ y MgSO₄, utilizados en la matriz del diseño de tratamientos.

		Kg/Ha.				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	N	20	50	80	110	140
X ₂	K ₂ O	0	25	50	75	100
X ₃	Ca(OH) ₂	0	300	600	900	1200
X ₄	MgSO ₄	0	150	300	450	600

Matriz del diseño de tratamientos (3):

Tratamiento	BLOQUE I			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

BLOQUE II.

Tratamiento	X_1	X_2	X_3	X_4
11	-1	-1	-1	1
12	1	-1	-1	-1
13	-1	1	-1	-1
14	1	1	-1	1
15	-1	-1	1	-1
16	1	-1	1	1
17	-1	1	1	1
18	1	1	1	-1
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0

BLOQUE III.

Tratamiento	X_1	X_2	X_3	X_4
21	-2	0	0	0
22	2	0	0	0
23	0	-2	0	0
24	0	2	0	0
25	0	0	-2	0
26	0	0	2	0
27	0	0	0	-2
28	0	0	0	2
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0

Diseño experimental utilizado en el campo:

La distribución de los bloques y tratamientos fué completamente por medio de un sorteo al azar.

Como fuentes de nutrimentos de las variables en estudio se utilizaron las siguientes:

Nitrógeno (N)	: Urea al 46% de nitrógeno.
Potasio (K_2O)	: Muriato de potasio (KCl) al 60% de K_2O
Magnesio (Mg)	: Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$)
Calcio (Ca)	: Cal hidratada $Ca(OH)_2$
Fósforo (P_2O_5)	: Triple superfosfato al 46% de P_2O_5

4.- MANEJO DEL CULTIVO:

El experimento se llevó a cabo con las siguientes prácticas culturales:

4.1 Preparación del terreno: Se efectuó un barbecho mecánico con un arado pesado a una profundidad media de 30 cms; posteriormente, el paso de una rastra liviana para pulverizar el suelo.

4.2 Fertilización: Las aplicaciones de las fuentes de calcio y magnesio se hicieron al voleo dentro de cada parcela, 30 días antes de la siembra, incorporándolos con una rastra liviana. El nitrógeno se aplicó un 40% de las dosis en el momento de la siembra y el otro 60%, 30 días después de la germinación. El potasio se aplicó el 100% al momento de la siembra. El fósforo fué utilizado como tratamiento común como prevención de deficiencia en cualquiera de las parcelas, aplicándose en el momento de la siembra 60 Kg/Ha de P_2O_5 . Las aplicaciones de nitrógeno, potasio y fósforo se hicieron en banda a dos pulgadas de profundidad y a tres pulgadas de la semilla.

4.3 Siembra: Se efectuó en banda y al chorro a una distancia entre banda de 25 cms. y a una profundidad de 2.5 cms. a razón de 1.75 qq/Mz. de semilla.

4.4 Control de Malezas: Se utilizaron los productos Ordram y Stam L-V-10. Se preparó una mezcla a razón de 2:5 litros/Mz. respectivamente, la cual se aplicó a los 25 días después de la siembra.

4.5 Control de Plagas y enfermedades: Se hizo preventivamente. Para el control de plagas se utilizó Lannate al 24 % líquido a razón de 1 lt/Mz. Para el control de enfermedades se utilizó Benlate a razón de 6 onzas/Mz.

4.6 Cosecha y Trilla: Dentro de cada parcela experimental, se efectuó un corte a mano; se trillaron y se tomaron las lecturas del peso del arroz en granza y su respectiva humedad de grano.

5.- ANALISIS ESTADISTICO:

Para evaluar las 4 variables de fertilización en estudio, se utilizó el análisis de regresión múltiple, el coeficiente de variación, los análisis de varianza de la ecuación de regresión, la prueba de f, la determinación de cantidades máximas de nutrimentos y los rendimientos máximos calculados por medio de la ecuación de regresión (4).

6.- PARAMETROS:

Los parámetros sobre los cuales versa la discusión, son los siguientes:

6.1 Rendimiento en T.M./Ha. del grano en granza, al 14% de humedad.

6.2 Altura media de la planta (metros) después del completo espigamiento, seleccionando al azar 10 plantas, dentro de la parcela neta de cada uno de los tratamientos.

6.3 Número de plantas/m² o densidad/m², contando el número de plantas que hay en un metro cuadrado, dentro de la parcela neta de cada uno de los tratamientos.

IV.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan la medias ($\bar{X}$) de los principales resultados obtenidos en el campo experimental dentro de la parcela neta, los cuales servirán para la discusión del trabajo.

Cuadro 3:

Trata.	Rendimiento T.M./Ha	BLOQUE I.	
		Altura de Planta mts.	No. plantas/ m ²
1	2.58	0.63	105
2	3.04	0.88	131
3	2.53	0.75	105
4	2.75	0.73	102
5	4.15	0.76	100
6	3.79	1.15	105
7	3.62	0.76	107
8	3.83	1.09	104
9	4.48	0.95	104
10	4.57	0.95	99
		BLOQUE II.	
11	2.53	0.72	106
12	3.23	1.09	96
13	2.59	0.75	104
14	2.76	1.08	102
15	3.15	0.73	101
16	4.24	1.08	100
17	4.07	0.70	98
18	3.38	1.07	107
19	4.57	0.96	110
20	4.55	0.95	108
		BLOQUE III.	
21	2.98	0.57	92
22	4.47	1.13	102
23	3.69	0.70	95
24	4.15	0.78	102
25	2.19	0.82	100
26	4.35	0.76	102
27	3.81	0.91	96
28	3.63	0.95	103
29	4.55	0.95	102
30	4.49	0.94	101

El rendimiento medio de arroz en granza, de los datos de campo, Cuadro 4, indica que el nitrógeno y calcio son los nutrimentos decisivos para incrementar la producción de arroz en este tipo de suelo y que, por amplio margen superan los rendimientos que se obtienen con aplicaciones de potasio y magnesio. Algunos investigadores han encontrado que el agregar nitrógeno hace que la planta de arroz tenga una mayor capacidad de absorber, no solo más nitrógeno sino también otros nutrientes. Así mismo, las aplicaciones de calcio, hacen que la planta de arroz sea más selectiva en su absorción de nutrimento; haciendo menos tóxico el aluminio, manganeso y hierro del suelo.

La altura de planta, de los datos de campo, Cuadro 5, indica que es el nitrógeno el nutrimento esencial y decisivo para el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Las aplicaciones de potasio y calcio, tienen un efecto contrario al del nitrógeno; en consecuencia disminuye las posibles pérdidas por efecto de acame que causan las aplicaciones de nitrógeno. Las aplicaciones de magnesio no tienen ningún efecto sobre la altura de la planta.

El número de plantas por m^2 , de medias de campo, Cuadro 6, indica que es el nitrógeno el nutrimento que tiene un efecto en el aumento del número de plantas; sin embargo, con dicha densidad no se alcanzan los máximos rendimientos. Los otros nutrientes potasio, calcio y magnesio no tienen ningún efecto en la disminución o el aumento del número de plantas por m^2 .

Cuadro 4:

Rendimientos medios de campo en T.M./Ha.
NIVELES DE CADA ELEMENTO

Elemento	-2	-1	0	1	2
N	2.98	3.15	4.08	3.38	4.47
K	3.69	3.34	4.05	3.19	4.15
Ca	2.19	2.75	4.16	3.78	4.15
Mg	3.81	3.14	4.09	3.39	3.63

Cuadro 5:

Altura de planta media de datos de campo.

NIVELES DE CADA ELEMENTO

Elemento	-2	-1	0	1	2
N	0.57	0.73	0.89	1.02	1.13
K	0.70	0.88	0.90	0.87	0.78
Ca	0.82	0.83	0.90	0.91	0.76
Mg	0.91	0.86	0.87	0.88	0.95

Cuadro 6:Número de plantas/m² de datos de campo.

NIVELES DE CADA ELEMENTO

Elemento	-2	-1	0	1	2
N	92	103	102	116	102
K	95	106	102	104	102
Ca	100	106	101	103	102
Mg	96	103	101	106	103

Sin embargo, este diseño experimental debe de trabajarse únicamente por análisis de Regresión Múltiple y es por eso que no se observa una buena tendencia de los resultados obtenidos en el campo experimental, Cuadros 4, 5 y 6.

ANALISIS DE REGRESION:

En el análisis de regresión, la ecuación que se ajusta a la resolución del diseño estadístico establecido es la siguiente:

$$\hat{Y} = b_0 + b_i(N) + b_i(Mg) + b_{ii}(N)^2 + b_{ii}(Mg)^2 + b_{ij}(N)K + \dots b_{ij}(Ca)Mg.$$

En la cual:

$\hat{Y}$ = al estimado de rendimiento del parámetro en estudio.

N = Nitrógeno aplicado al suelo en Kg/Ha. y referido a la matriz del diseño experimental.

K = Cantidad de K₂O aplicado al suelo en Kg/Ha. y referido a la matriz del diseño experimental.

Ca = Cantidad de Ca(OH)₂ aplicado al suelo de Kg/Ha. y referido a la matriz del diseño experimental.

Mg = Cantidad de MgSO₄ aplicado al suelo en Kg/Ha y referido a la matriz del diseño experimental.

b₀ = Intersección de la curva en el eje, del parámetro analizado.

b_i = Coeficiente de regresión lineal.

b_{ii} = Coeficiente de regresión cuadrática.

b_{ij} = Coeficiente de regresión para las interacciones.

Valores calculados para b₀.

	Rend. T.M./Ha	Altura de planta	No. plantas/m ²
b ₀ .	4.534	0.95	104.01

Valores calculados para los coeficientes de
regresión lineal.

bi	Rend. T.M./Ha.	Altura de planta	No. plantas/m ²
b ₁	0.199	0.1460	1.170
b ₂	-0.011	0.0020	-0.042
b ₃	0.523	0.0025	-1.042
b ₄	0.071	0.0096	1.375

Valores calculados para los coeficientes de
regresión cuadrática:

bii	Rend. T.M./Ha.	Altura de planta	No. plantas/m ²
b ₁₁	-0.269	-0.017	-0.830
b ₂₂	-0.219	-0.045	-0.450
b ₃₃	-0.382	-0.032	0.173
b ₄₄	-0.270	0.003	0.202

Valores calculados para los coeficientes de
regresión en interacción:

bij	Rend. T.M./Ha.	Altura de planta	No. plantas/m ²
b ₁₂	-0.124	-0.022	-1.188
b ₁₃	-0.082	0.032	-0.063
b ₁₄	-0.039	0.002	2.188
b ₂₃	0.020	-0.006	2.188
b ₂₄	-0.022	-0.029	-2.563
b ₃₄	0.165	0.124	-3.428

Las medias calculadas por análisis de regresión de los parámetros estudiados (rendimiento, altura de planta y No. de plantas), a diferentes niveles de fertilización de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; analizados al nivel central de los nutrimentos, y a un nivel constante de 60 Kg/Ha. de P₂O₅, se expresan en los Cuadros 7, 8 y 9. Para una mejor comprensión se ilustran en las gráficas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Cuadro 7:

Rendimiento medio calculado en T.M./Ha

Niveles de cada elemento.

Elemento.	-2	-1	0	1	2
N	2.49	3.46	3.96	3.88	3.18
K	3.07	3.72	3.92	3.69	3.10
Ca	1.46	3.13	4.07	4.17	3.64
Mg	2.74	3.62	3.96	3.75	3.03

Cuadro 8:

Altura media calculada en metros.

Niveles de cada elemento.

Elemento	-2	-1	0	1	2
N	0.54	0.74	0.90	1.03	1.11
K	0.73	0.87	0.92	0.87	0.84
Ca	0.78	0.87	0.91	0.88	0.78
Mg	0.87	0.87	0.89	0.89	0.89

Cuadro 9:Media calculada para el número de plantas/m².

Niveles de cada elemento.

Elemento	-2	-1	0	1	2
N	98	102	104	104	103
K	102	103	104	103	102
Ca	106	104	103	102	101
Mg	101	102	103	105	107

NITROGENO:

De acuerdo a la magnitud de los resultados de las medias calculadas de rendimiento en T.M./Ha., éste es inversamente proporcional a la cantidad de nitrógeno aplicado cuando se utilizan niveles mayores a 80Kg/Ha. de N, Cuadro 7, calculándose estadísticamente que con el nivel de 80Kg/Ha. de N, se obtienen los máximos rendimientos. Con esta dosis se obtiene un incremento del 59% con respecto al nivel de 20 Kg/Ha. de N, gráfica 1.

Sin embargo, la altura de planta es directamente proporcional a la cantidad de nitrógeno aplicado, demostrándose así lo encontrado por otros investigadores que indican que es el nitrógeno el nutrimento indispensable y responsable del desarrollo y crecimiento. Ver -- Cuadro 8 y gráfica 5. A la vez, queda demostrada la recomendación de hacer aplicaciones moderadas de éste nutrimento para evitar una disminución en los rendimientos, por efecto de acame del tallo, lo cual no permite una recolección eficiente en el momento de la cosecha.

El número de plantas/m²; es hasta cierto punto indiferente a los niveles de nitrógeno aplicado. Ver Cuadro 9 y gráfica

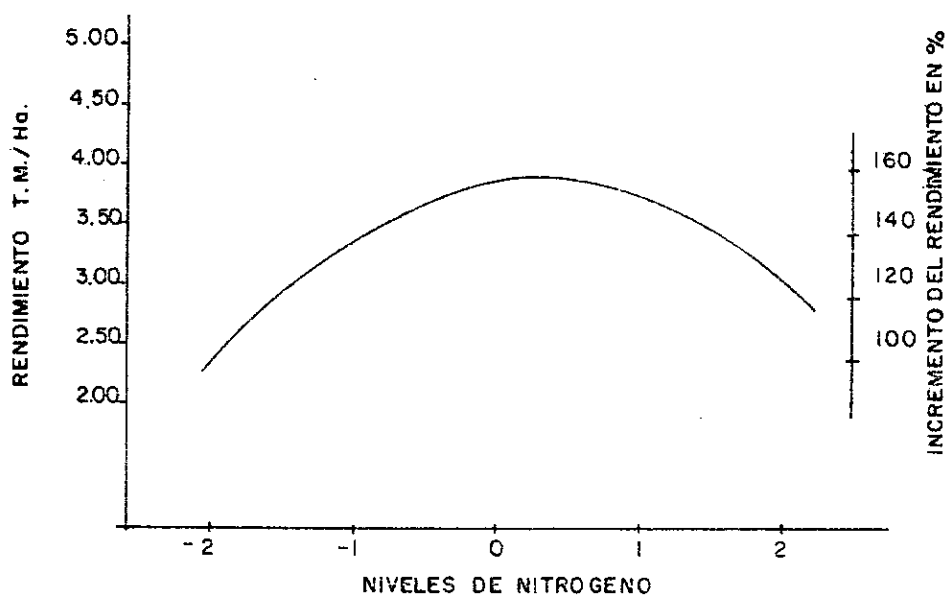
POTASIO:

El efecto del potasio no es tan notable como el de los otros nutrientes (N, Ca y Mg) en el aumento del rendimiento, siendo el incremento de 28%, cuando se utiliza el nivel de 50 Kg/Ha. de K_2O - con respecto a la no aplicación de este nutrimento. Ver Cuadro 8 y gráfica 2.

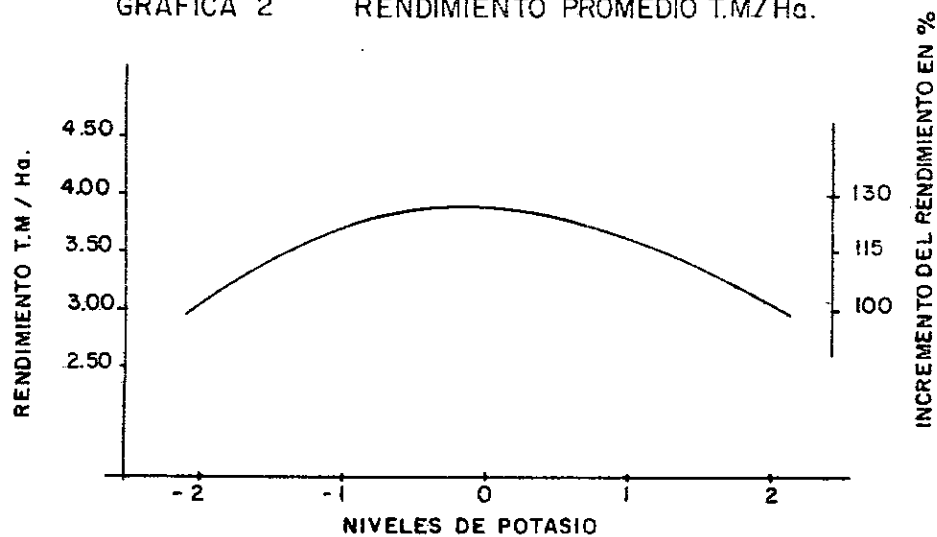
La respuesta a la altura de planta es inversamente proporcional a la cantidad de K_2O aplicado, cuando se aplican niveles mayores de 80 Kg/Ha. de K_2O . Ver Cuadro 8 y gráfica 5.

El número de plantas/m², hasta cierto punto fué indiferente a los niveles de potasio aplicado. Ver Cuadro 9 y gráfica 6.

GRAFICA 1 RENDIMIENTO PROMEDIO T.M./Ha.



GRAFICA 2 RENDIMIENTO PROMEDIO T.M./Ha.



CALCIO:

El efecto del calcio, comparativamente con la no aplicación del mismo, es notable en este tipo de suelo y con el cual se obtienen los máximos rendimientos, alcanzándose un incremento máximo de 186% cuando se aplican 900 Kg/Ha. de Ca(OH)_2 . Similares resultados encontró Penados 1979, cuando trabajó este mismo tipo de suelo, Ver Cuadro 7 y gráfica 3.

La altura de planta no se ve afectada por este nutrimento; sin embargo, la adición de calcio como fertilizante está favoreciendo a un mejor aprovechamiento de los otros nutrimentos y evitando con esto las posibles pérdidas por efecto de acame. Ver Cuadro 8, gráfica 5.

El número de plantas/m² es inversamente proporcional a la cantidad de calcio aplicado, sin afectar su potencial de rendimiento. Ver Cuadro 9 y gráfica 6.

MAGNESIO:

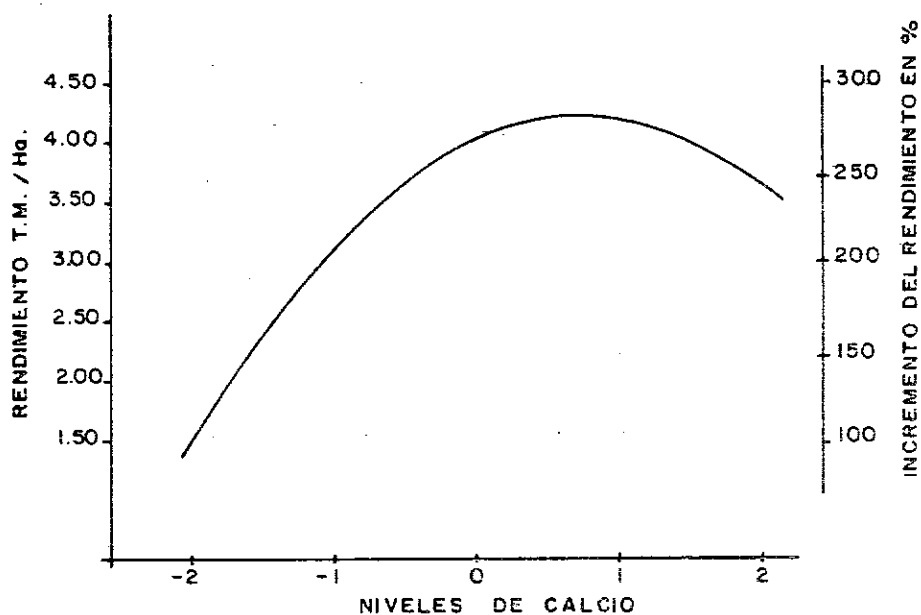
La respuesta del magnesio como fertilizante, es similar a la del nitrógeno en este tipo de suelo, calculándose que con el nivel de 300 Kg/Ha. de MgSO_4 , se obtiene el máximo rendimiento y un incremento con respecto a la no aplicación de 40%. Ver Cuadro 7 y gráfica 4.

La altura de planta no se ve afectada por la aplicación de este nutrimento. Cuadro 8 y gráfica 5.

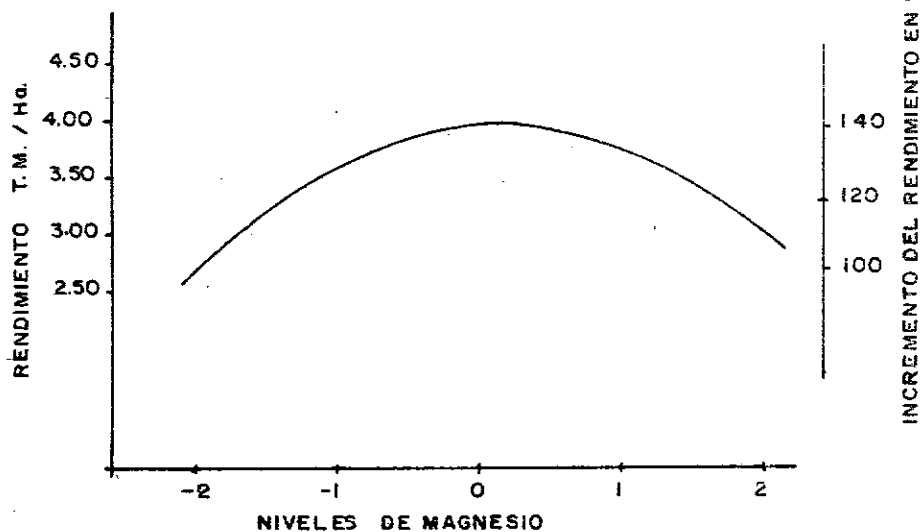
La respuesta del magnesio, respecto al número de plantas/m², fué directamente proporcional al nutrimento aplicado, encontrándose que esta respuesta no contribuye en el aumento del rendimiento. Ver Cuadro 9 y gráfica 6.

Sin embargo, la respuesta del magnesio en los parámetros estudiados no se encuentra bien definida, ya que por contener azufre la fuente de magnesio, dicha respuesta puede estar confundida.

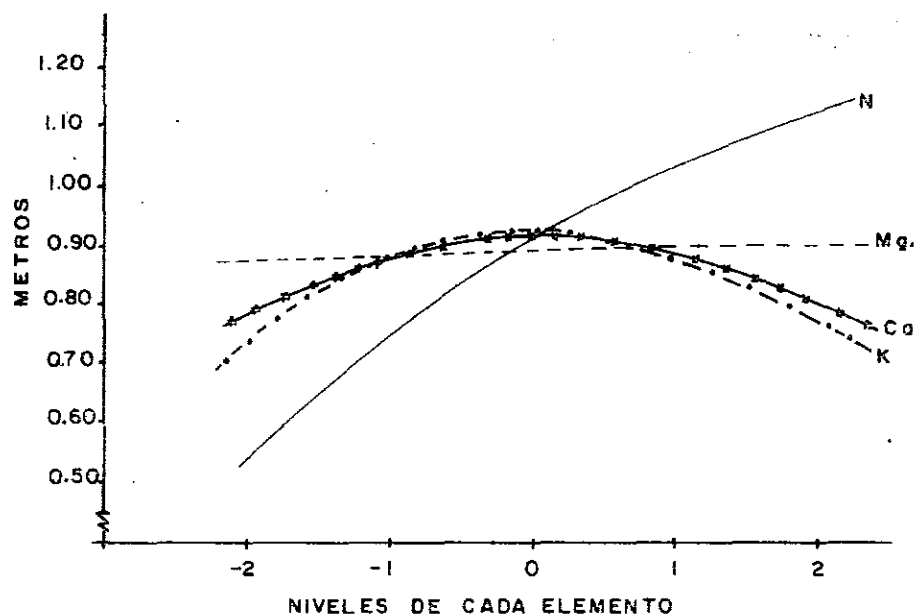
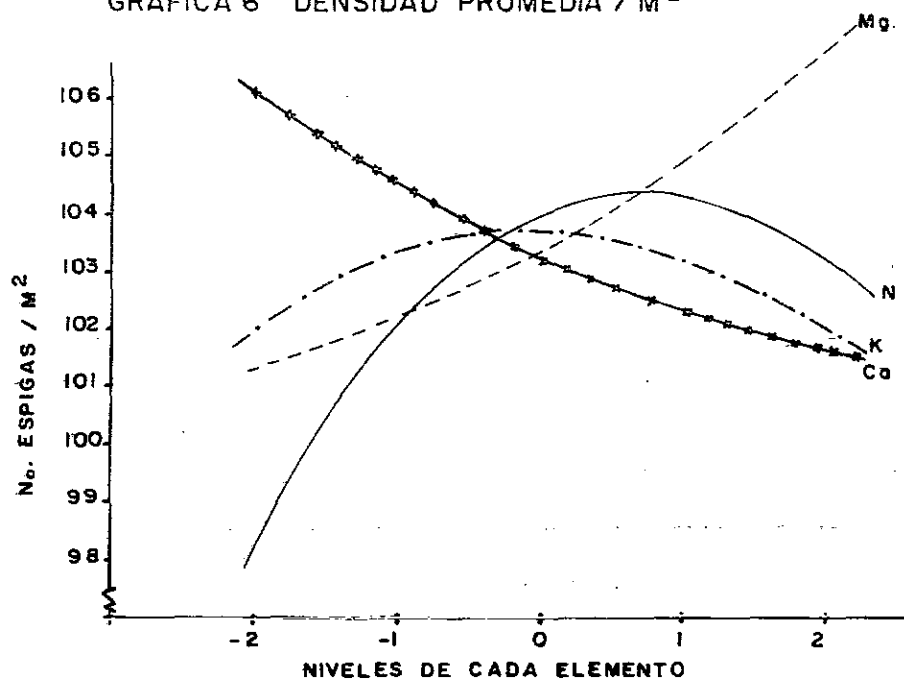
GRAFICA 3 RENDIMIENTO PROMEDIO T.M. / Ha.



GRAFICA 4 RENDIMIENTO PROMEDIO T.M./Ha.



GRAFICA 5 ALTURA DE PLANTA PROMEDIO

GRAFICA 6 DENSIDAD PROMEDIA / M²

INTERACCION DE LOS NUTRIMENTOS EN ESTUDIO.

INTERACCION NITROGENO-POTASIO.

En el Cuadro 10, se presenta los rendimientos medios para la interacción nitrógeno-potasio, cuando son analizados al nivel central de los otros nutrientes. Este indica que a bajas concentraciones de nitrógeno, las aplicaciones de potasio aumentan los rendimientos en 1.37 T.M./Ha. El efecto disminuye paulatinamente al aumentar los niveles de nitrógeno y con 140 Kg/Ha. de N, las aplicaciones de potasio únicamente aumenta los rendimientos en 0.40 T.M./Ha., sin embargo, aplicaciones altas de nitrógeno y potasio disminuyen los rendimientos considerablemente. La interacción donde se obtiene el máximo rendimiento, 4.53 T.M./Ha. de arroz en granza, es cuando se hacen aplicaciones de 80 Kg/Ha. de N y 50 Kg/Ha. de K_2O , arriba o abajo de estos niveles el rendimiento disminuye. La respuesta del nitrógeno en el aumento del rendimiento con respecto al nivel bajo, es de 1.47 T.M./Ha. y la del potasio es de 0.87 T.M./Ha., demostrándose lo encontrado por Penados (1979); quien concluyó que las respuestas del potasio no son tan satisfactorias como las que ofrece el nitrógeno en este tipo de suelo. Ver gráfica 7.

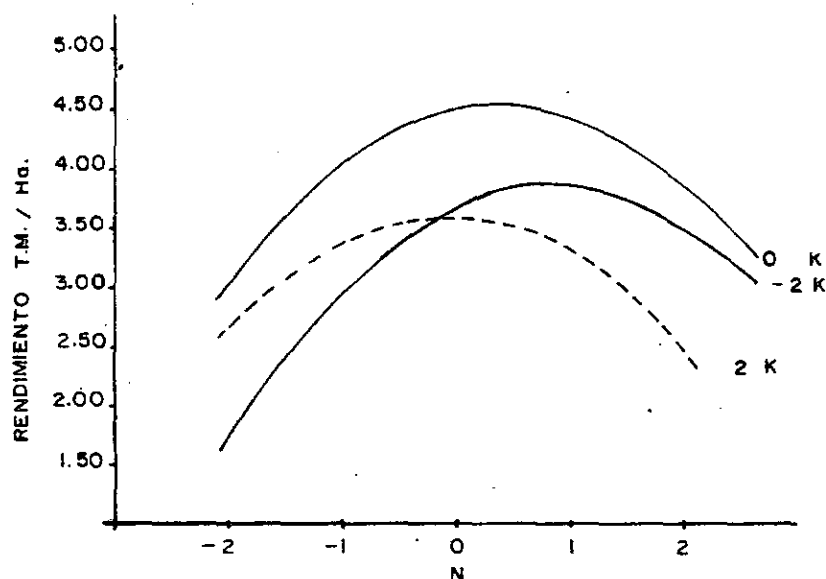
En el Cuadro 11, se presenta la altura media de planta en metros; é indica que a bajas concentraciones de nitrógeno, las aplicaciones de potasio aumentan la altura de planta en 0.28 mts., este efecto disminuye paulatinamente al aumentar los niveles de nitrógeno, efecto que se reduce al aplicar 140 Kg/Ha. de N, con el cual se obtiene un aumento de 0.58 mt. con respecto al nivel bajo de nitrógeno; demostrándose que es este nutriente el que mayor efecto tiene en la interacción, yá que la altura máxima se obtiene cuando se hacen aplicaciones de 140 Kg/Ha. de N y 50 Kg/Ha. de K_2O .

Lo anterior indica que las aplicaciones altas de potasio disminuye la altura de planta, lo que resulta interesante hacer aplicaciones altas de potasio en aquellos suelos donde el nitrógeno y la altura de planta son factores limitantes para alcanzar máximos rendimientos, por lo que las aplicaciones moderadas de ambos nutrientes permiten rendimientos satisfactorios.

En el Cuadro 12, se presentan las medias del número de plantas/ m^2 , é indica el efecto que tiene las altas aplicaciones de nitrógeno en el aumento del número de plantas; sin embargo, dicho efecto se ve reducido al hacer aplicaciones de potasio. Algunos investigadores han encontrado aumento en el macollamiento con aplicaciones de nitrógeno.

no, y aumento del número de espigas con aplicaciones de potasio; en el presente estudio no se observaron dichos efectos debido a los mencionados nutrimentos, ya que la variedad utilizada tiene como característica agronómica poco macollamiento, por lo que dicho efecto es aceptable.

GRAFICA 7 INTERACCION NITROGENO-POTASIO



Cuadro 10:

Media calculada para la interacción nitrógeno-potasio.

		Rendimiento T.M./Ha.				
Kg/Ha de		Kg/Ha. de N.				
K ₂ O	20	50	80	110	140	$\bar{x}$
0	1.71	2.97	3.68	3.86	3.51	3.15
25	2.69	3.74	4.33	4.38	3.91	3.79
50	3.06	4.07	4.53	4.46	3.86	4.00
75	3.08	3.96	4.30	4.11	3.38	3.77
100	2.67	3.43	3.64	3.32	2.47	3.31
$\bar{x}$	2.63	3.52	4.10	4.03	3.14	

Cuadro 11:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha de	Kg/Ha. de N.					
K ₂ O	20	50	80	110	140	$\bar{x}$
0	0.32	0.56	0.77	0.94	1.07	0.73
25	0.50	0.72	0.91	1.06	1.17	0.87
50	0.60	0.80	0.95	1.08	1.18	0.92
75	0.55	0.77	0.91	1.02	1.08	0.86
100	0.50	0.66	0.78	0.86	0.91	0.74
$\bar{x}$	0.50	0.70	0.86	0.99	1.08	

Cuadro 12:Media calculada del número de plantas/m²

Kg/Ha de	Kg/Ha. de N.					
K ₂ O	20	50	80	110	140	$\bar{x}$
0	91.9	97.9	102.3	105.0	106.1	100.6
25	100.2	102.7	103.5	102.7	100.1	101.9
50	98.4	102.0	104.0	104.4	103.0	102.4
75	100.2	102.7	103.5	102.7	100.1	101.9
100	101.2	102.5	102.1	100.1	96.4	100.5
$\bar{x}$	97.5	100.5	103.1	103.5	102.1	

INTERACCION NITROGENO-CALCIO.

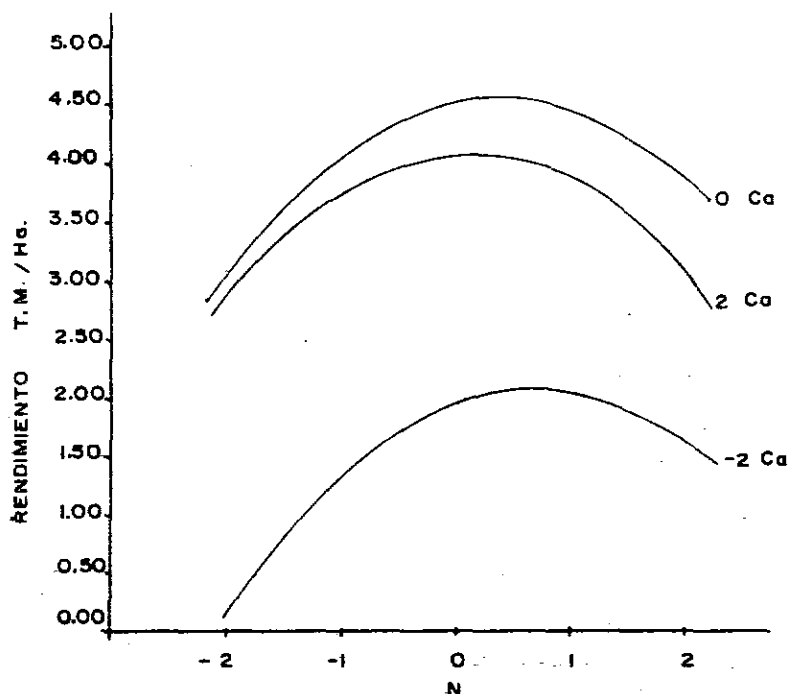
En el Cuadro 13, se presentan los rendimientos medios para la interacción nitrógeno-calcio, analizados al nivel central de los otros nutrientes. Este indica que con 20 Kg/Ha. de N, las aplicaciones de calcio aumentan los rendimientos 3.21 T.M./Ha., este efecto se mantiene al hacer aplicaciones mayores de nitrógeno. Sin embargo, la interacción más favorable es cuando se efectúan aplicaciones de 80 Kg/Ha. de N y 900 Kg/Ha. de Ca (OH)₂ lográndose rendimientos de 4.68 T.M./Ha. de arroz en granza. Niveles mayores o menores de esta interacción, - los rendimientos disminuyen. Penados (1979), encontró que las aplicaciones de nitrógeno y calcio si tienen un efecto significativo en comparación a la no aplicación y obtuvo rendimientos máximos de 3.79 T.M./Ha. y concluye que el calcio y nitrógeno son nutrientes indispensables para el aumento de la producción de arroz en este tipo de suelo. Ver gráfica 8.

En el Cuadro 14 se presenta la altura media de planta en metros. Es-

tos datos indican que al aplicar 20 Kg/Ha. de N y diferentes niveles de calcio la altura de planta disminuye hasta 0.35 mts. Tal efecto de saparece al efectuar aplicaciones altas de nitrógeno, ya que la altura aumenta considerablemente. Un efecto favorable de la interacción de ambos nutrimentos en el aumento de la altura de planta, se observa cuando se hacen aplicaciones mayores de 80 Kg/Ha. de N y aplicaciones de calcio.

En el Cuadro 15, se presentan las medias del número de plantas/m², observándose en dicha interacción un efecto bastante débil en el aumento del número de plantas; sin embargo, la no aplicación de calcio hace que el número de plantas aumente ligeramente, cuando se aplica nitrógeno.

GRAFICA 8 INTERACCION → NITROGENO-CALCIO



Cuadro 13:

Media calculada para la interacción nitrógeno-calcio.

Kg/Ha. de Ca(OH) ₂	Rendimiento T. M. /Ha Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	0.16	1.34	1.96	1.05	1.62	1.43
300	2.00	3.09	3.63	3.64	3.12	3.10
600	3.06	4.07	4.53	4.46	3.86	4.00
900	3.37	4.30	4.68	4.53	3.85	4.15
1200	2.91	3.75	4.05	3.65	3.05	3.48
$\bar{x}$	2.30	3.31	3.77	3.67	3.10	

Cuadro 14:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha. de Ca(OH) ₂	Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	0.69	0.72	0.82	0.88	0.91	0.80
300	0.62	0.79	0.92	1.01	1.07	0.88
600	0.60	0.80	0.95	1.08	1.17	0.92
900	0.50	0.73	0.92	1.08	1.21	0.89
1200	0.54	0.60	0.83	1.02	1.18	0.79
$\bar{x}$	0.55	0.73	0.89	1.02	1.10	

Cuadro 15:Media calculada del número de plantas/m²

Kg/Ha de Ca(OH) ₂	Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	100.9	104.6	106.8	107.2	106.0	105.1
300	99.4	103.2	105.2	105.6	104.4	103.6
600	98.3	102.0	104.0	104.4	103.0	102.4
900	97.6	101.1	103.1	103.4	102.0	101.5
1200	97.2	100.8	102.6	102.8	101.4	100.9
$\bar{x}$	98.7	102.4	104.4	104.7	103.4	

INTERACCION NITROGENO - MAGNESIO.

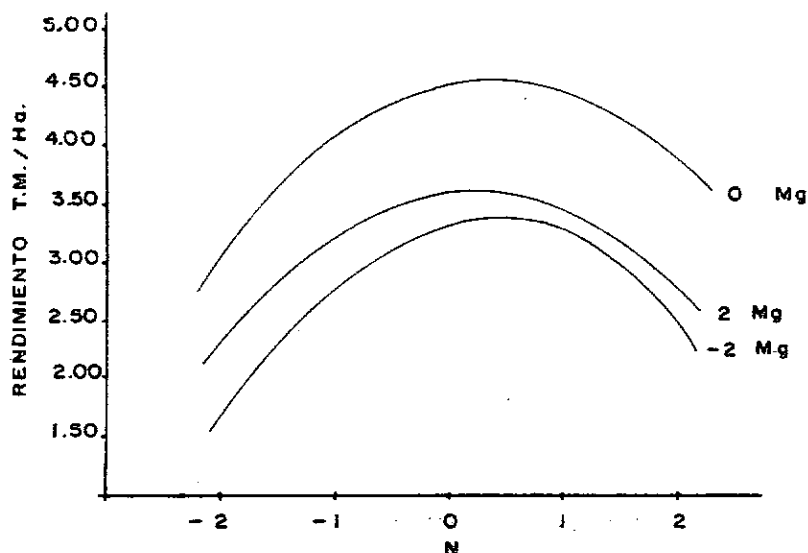
En el Cuadro 16, se presentan los rendimientos medios para la interacción nitrógeno-magnesio, analizados al nivel central de los otros nutrientes. Estos datos indican que a bajas concentraciones de nitrógeno, las aplicaciones de magnesio aumentan los rendimientos en 1.23 T. M. /

Ha. Esta diferencia en el rendimiento se mantiene al efectuar aplicaciones altas de nitrógeno; siendo la respuesta de ambos nutrimentos - similar en la interacción; alcanzándose los máximos rendimientos - cuando se hacen aplicaciones de 80 Kg/Ha. de N y 300 Kg/Ha de $MgSO_4$, aplicaciones mayores o menores de estos niveles, disminuyen los rendimientos. Ver gráfica 9.

El cuadro 17, indica la altura media en metros en la interacción - nitrógeno-magnesio, siendo el nitrógeno el nutrimento que mayor efecto tiene sobre el aumento de altura de planta; no así, el magnesio que - su efecto es bastante débil.

En el Cuadro 18, se presentan las medias para el número de plantas/m², siendo ésta la interacción donde se obtiene el mayor número de plantas/m². Cuando los niveles de nitrógeno y magnesio son altos, la planta manifiesta su potencial de macollamiento; sin embargo, con - este número de plantas no se alcanzan los máximos rendimientos de - arroz.

GRAFICA 9 INTERACCION NITROGENO-MAGNESIO



Cuadro 16:

Media calculada para la interacción nitrógeno-magnesio.

Kg/Ha. de MgSO ₄	Rendimiento T.M./Ha. Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	1.69	2.78	3.32	3.33	2.73	2.77
150	2.64	3.69	4.19	4.16	3.56	3.65
300	3.06	4.07	4.53	4.46	3.86	4.00
450	2.95	3.92	4.34	4.23	3.59	3.91
600	2.29	3.22	3.60	3.45	2.77	3.07
$\bar{x}$	2.52	3.53	4.00	3.93	3.30	

Cuadro 17:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha. de MgSO ₄	Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	0.57	0.76	0.92	1.05	1.13	0.89
150	0.58	0.78	0.94	1.07	1.15	0.90
300	0.60	0.80	0.95	1.08	1.17	0.92
450	0.60	0.80	0.96	1.08	1.18	0.92
600	0.59	0.80	0.96	1.08	1.19	0.92
$\bar{x}$	0.58	0.78	0.94	1.07	1.16	

Cuadro 18:Media calculada del número de plantas/m².

Kg/Ha de MgSO ₄	Kg/Ha. de N.					$\bar{x}$
	20	50	80	110	140	
0	105.2	104.5	102.1	98.0	92.3	100.4
150	101.6	103.0	102.8	101.0	97.5	101.2
300	98.4	102.0	104.0	104.8	103.0	102.4
450	95.6	101.4	105.6	108.1	109.0	105.9
600	93.2	101.2	107.6	112.3	115.3	105.9
$\bar{x}$	98.8	102.4	104.4	104.7	103.4	

INTERACCION POTASIO - CALCIO.

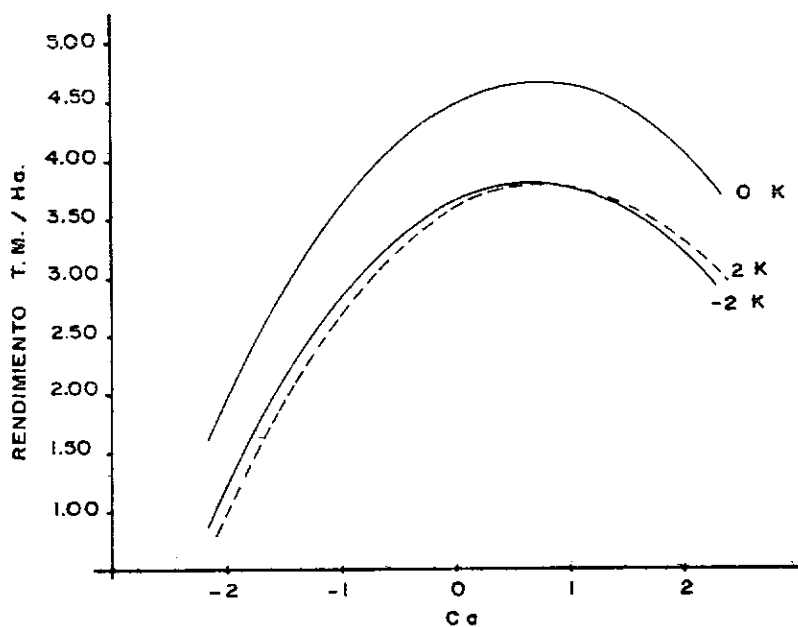
En el Cuadro 19, se presentan los rendimientos medios para la interacción potasio-calcio, cuando son analizados al nivel central de los otros

nutrimentos. Es el calcio el nutriente que mayor efecto tiene, ya que al aplicar niveles bajos de potasio, las adiciones de calcio aumentan los rendimientos en 2.60 T.M./Ha. El mismo efecto se observa al efectuar aplicaciones altas de potasio. La interacción donde se obtienen los máximos rendimientos, 4.68 T.M./Ha. de Ca(OH)_2 , es cuando se aplican 50 Kg/Ha. de K_2O y 900 Kg/Ha. de Ca(OH)_2 . Aplicaciones mayores o menores de estos niveles los rendimientos disminuyen. Ver gráfica - 10.

En el Cuadro 20, se presentan las medias para la altura de planta - en la interacción potasio-calcio; é indica que los nutrientes potasio y calcio en ninguno de los niveles estudiados manifiestan un efecto relevante en el aumento de la altura de planta.

En el Cuadro 21, se presentan las medias del número de plantas/m². En tal interacción, dichos nutrientes no tienen ningún efecto en el aumento del número de plantas/m².; ya que, cuando se aplican estos nutrientes el número de plantas disminuye considerablemente.

GRAFICA 10 INTERACCION POTASIO-CALCIO



Cuadro 19:

Media calculada para la interacción potasio-calcio.

Rendimiento T.M./Ha.

Kg/Ha. de Ca(OH) ₂	Kg/Ha. de K ₂ O					
	0	25	50	75	100	$\bar{x}$
0	1.19	1.25	1.96	1.69	0.99	1.53
300	2.82	3.45	3.63	3.38	2.70	3.20
600	3.68	4.33	4.53	4.30	3.64	4.10
900	3.79	4.46	4.68	4.47	3.83	4.25
1200	3.12	3.81	4.05	3.86	3.24	3.62
$\bar{x}$	2.92	3.57	3.77	3.52	2.88	

Cuadro 20:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha. de Ca(OH) ₂	Kg/Ha. de K ₂ O					
	0	25	50	75	100	$\bar{x}$
0	0.61	0.76	0.82	0.79	0.67	0.73
300	0.72	0.86	0.92	0.88	0.75	0.83
600	0.77	0.90	0.95	0.91	0.77	0.86
900	0.75	0.88	0.92	0.87	0.73	0.83
1200	0.67	0.79	0.83	0.77	0.63	0.74
$\bar{x}$	0.70	0.84	0.89	0.84	0.71	

Cuadro 21:Media calculada del número de plantas/m².

Kg/Ha. de Ca(OH) ₂	Kg/Ha. de K ₂ O					
	0	25	50	75	100	$\bar{x}$
0	113.8	110.9	106.8	101.9	96.1	105.9
300	107.9	107.9	105.2	102.6	98.0	104.3
600	102.3	103.6	104.0	103.5	102.1	103.1
900	97.0	100.5	103.1	104.8	105.6	102.2
1200	90.7	97.4	102.6	106.0	109.0	101.3
$\bar{x}$	102.5	103.8	104.4	103.4	102.3	

INTERACCION POTASIO - MAGNESIO:

En el Cuadro 22, se presentan los rendimientos medios para la interacción potasio-magnesio, cuando son analizados al nivel central de los

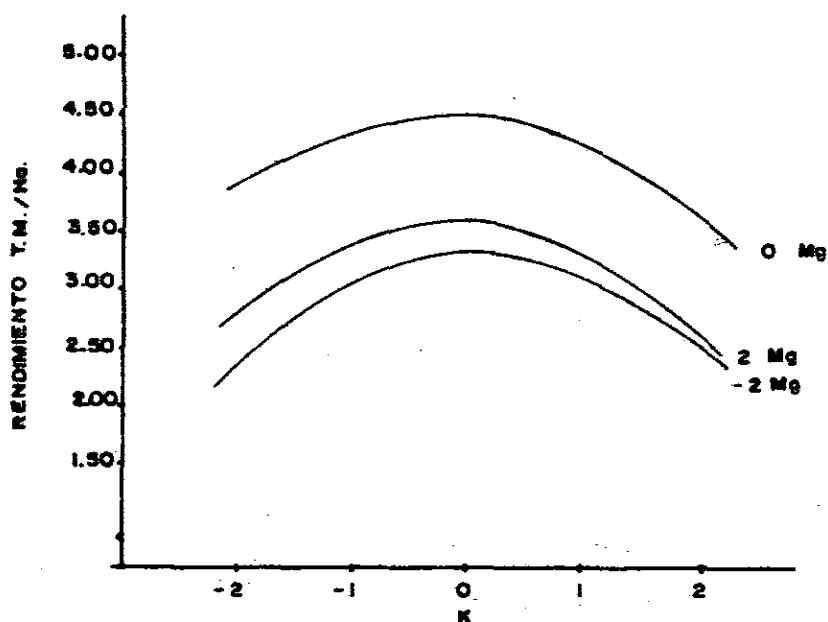
otros nutrimentos. El efecto del potasio y el magnesio es similar en la interacción a diferentes niveles de ambos.

Algunos investigadores han encontrado que, aplicaciones muy altas de potasio tienen como consecuencia una deficiencia de magnesio, en suelos pobres en éste nutrimento. Lo mismo ocurre al efectuar altas aplicaciones de magnesio, las cuales provocan una deficiencia de potasio; sin embargo, en el presente estudio no se manifiesta este antagonismo entre ambos nutrimentos, obteniéndose un máximo rendimiento, 4.53 T.M./Ha, cuando se aplican 50 Kg/Ha. de K_2O y 300 Kg/Ha. de $MgSO_4$. Ver gráfica 11.

En el Cuadro 23, se presentan los resultados para la altura media en metros; los cuales indican que ambos nutrimentos tienen un efecto similar en la interacción, ya que la altura de planta no se ve afectada por la aplicación de estos nutrimentos.

En el Cuadro 24, se presentan las medias del número de plantas/m², en dicha interacción, la aplicación de los nutrimentos disminuye considerablemente el número de plantas/área, no así, cuando se aplica un solo nutrimento que hace que el número de plantas aumente, sin embargo; este aumento de plantas no aumenta los rendimientos de arroz.

GRAFICA II INTERACCION POTASIO-MAGNESIO



Cuadro 22:

Medias calculadas para la interacción potasio-magnesio.

Rendimiento T.M./Ha.

Kg/Ha. de MgSO ₄	Kg/Ha. de K ₂ O					$\bar{x}$
	0	25	50	75	100	
0	2.38	3.08	3.32	3.13	2.52	2.87
150	3.32	3.97	4.19	3.98	3.34	3.76
300	3.68	4.33	4.53	4.30	3.64	4.10
450	3.51	4.16	4.34	4.09	3.41	3.90
600	2.84	3.44	3.60	3.33	2.62	3.17
$\bar{x}$	3.15	3.80	4.00	3.77	3.11	

Cuadro 23:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha. de MgSO ₄	Kg/Ha. de K ₂ O					$\bar{x}$
	0	25	50	75	100	
0	0.85	0.93	0.92	0.82	0.63	0.83
150	0.81	0.92	0.94	0.87	0.70	0.85
300	0.77	0.90	0.95	0.91	0.77	0.86
450	0.72	0.88	0.96	0.94	0.84	0.87
600	0.66	0.85	0.96	0.97	0.90	0.87
$\bar{x}$	0.76	0.90	0.94	0.91	0.77	

Cuadro 24:Media calculada del número de plantas/m²

Kg/Ha. de MgSO ₄						$\bar{x}$
	0	25	50	75	100	
0	90.1	96.5	102.1	106.7	110.4	101.1
150	96.0	98.8	102.8	104.9	106.1	101.9
300	102.2	103.6	104.0	103.5	102.1	103.1
450	109.0	107.7	105.6	102.5	98.6	104.7
600	126.1	112.2	107.6	102.0	95.4	106.7
$\bar{x}$	102.7	104.0	104.4	103.9	102.5	

INTERACCION CALCIO-MAGNESIO.

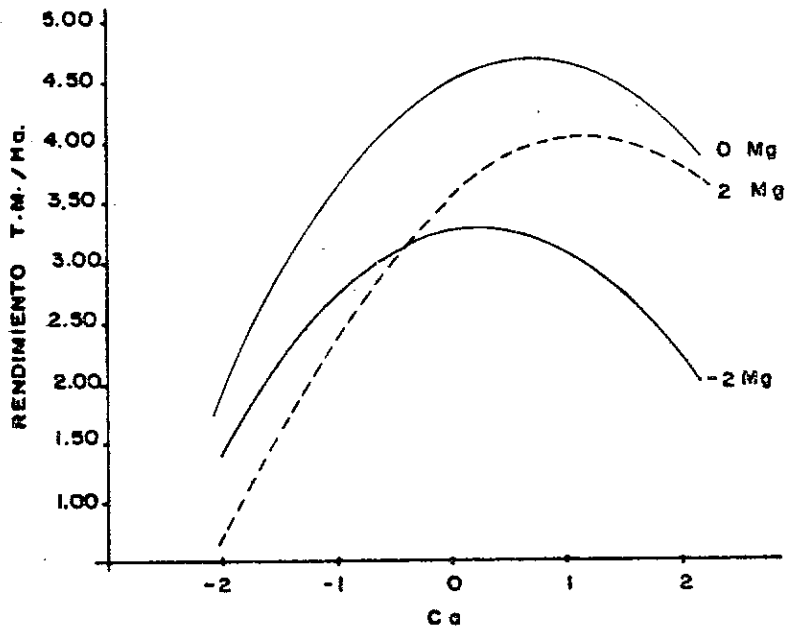
En el Cuadro 25, se presentan los rendimientos medios para la interacción calcio-magnesio, cuando son analizados al nivel central de los otros nutrimentos. En tal interacción se observa que con la aplicación más alta de magnesio y el nivel cero de calcio, el rendimiento aumenta en 0.55 T.M/Ha. No obstante, la aplicación de calcio es indispensable, lo cual se demuestra con el incremento de la producción en 2.72 T.M/Ha.

En la interacción calcio-magnesio, los niveles de 900 Kg/Ha. de Ca(OH)_2 y 300 Kg/Ha. de MgSO_4 respectivamente, indican un rendimiento de 4.68 T.M/Ha. de arroz en granza. Es de hacer notar que la acción del elemento Ca es predominante en el rendimiento con los suelos ácidos estudiados en este trabajo. Ver gráfica 12.

En el Cuadro 26, se aprecia la altura media de planta para esta interacción e indica que la altura disminuye cuando se hacen aplicaciones moderadas de calcio y magnesio. Sin embargo, cuando se hacen aplicaciones altas de ambos nutrimentos la altura de planta aumenta considerablemente, lo mismo ocurre si no se aplican dichos nutrimentos. Por lo anterior se deb en considerar las aplicaciones altas de estos nutrimentos para evitar posibles pérdidas por efecto de acame y alcanzar a la vez altos rendimientos.

En el Cuadro 27, se presenta la media del número de plantas/m², e indica que la no aplicación de calcio y magnesio, el número de plantas/unidad de área aumenta considerablemente. El mismo efecto se observa cuando no se hacen aplicaciones de magnesio y se hacen aplicaciones de calcio: sin embargo, cuando se aplican dosis altas de ambos nutrimentos el número de plantas disminuye considerablemente. En ambos casos no se alcanzan los máximos rendimientos, como cuando se hacen aplicaciones moderadas de ambos nutrimentos.

GRAFICA 12 INTERACCION CALCIO-MAGNESIO



Cuadro 25:

Medias calculadas para la interacción calcio-magnesio.

		Rendimiento T.M./Ha.				
Kg/Ha. de $MgSO_4$		Kg/Ha. de $Ca(OH)_2$				
		0	300	600	900	1200
0		1.41	2.75	3.32	3.14	2.18
150		1.95	3.46	4.19	4.28	3.38
300		1.96	3.63	4.53	4.68	4.05
450		1.44	3.26	4.34	4.45	4.19
600		0.37	2.37	3.60	4.08	3.78
$\bar{x}$		1.43	3.09	4.00	4.13	3.52

Cuadro 26:

Altura media calculada en metros.

Kg/Ha. de $MgSO_4$	Kg/Ha. de $Ca(OH)_2$					$\bar{x}$
	0	300	600	900	1200	
0	1.28	1.13	0.92	0.64	0.30	0.90
150	1.05	1.03	0.94	0.78	0.57	0.87
300	0.82	0.92	0.95	0.92	0.83	0.89
450	0.58	0.80	0.96	1.05	1.08	0.89
600	0.33	0.68	0.96	1.18	1.33	0.89
$\bar{x}$	0.81	0.91	0.94	0.92	0.82	

Cuadro 27:Media calculada para el número de plantas/m².

Kg/Ha. de $MgSO_4$	Kg/Ha. de $Ca(OH)_2$					$\bar{x}$
	0	300	600	900	1200	
0	91.1	96.5	102.1	108.1	114.4	102.4
150	98.7	100.7	102.8	105.4	108.3	103.2
300	106.8	105.2	104.0	103.1	102.6	104.4
450	115.2	110.4	105.6	101.2	97.3	105.9
600	124.6	115.8	107.6	99.8	92.4	107.9
$\bar{x}$	107.1	105.7	104.4	103.5	103.0	

CANTIDADES MAXIMAS DE NUTRIMENTOS:

Las cantidades máximas de los nutrientes en estudio se determinaron por medio de la diferenciación parcial de la ecuación de regresión y del rendimiento estimado ($\hat{Y}$), en relación a cada uno de los nutrientes considerados por separado. Para cada caso se sometieron a un nivel central de los otros nutrientes no considerados. Ver Cuadro 28. Para tal efecto se utilizó el siguiente modelo de regresión:

$$\begin{aligned}\hat{Y} &= b_0 + b_i(x) + b_{ii}(x)^2 \dots (1) \\ \hat{Y}/x &= b_i + 2 b_{ii}(x) = 0 \dots \\ x &= \frac{-b_i}{2 b_{ii}}\end{aligned}$$

También se consideró investigar las cantidades máximas de los nutrientes, cuando en la resolución de la ecuación de diferenciación parcial, anteriormente referida, se incluyen los efectos de cada uno de los nutrientes en interacción, y que para el efecto se utilizó el siguiente modelo de regresión de cada uno de los nutrientes:

$$\hat{Y} = b_0 + b_i(x) + b_{ii}(x)^2 + b_{ij}(x) \dots (2)$$

Para $i = 1 \text{ a } 4$, $j = 1 \text{ a } 4$.

$$Y/\text{N} = b_1 + 2b_{11}(\text{N}) + b_{12}(\text{K}) + b_{13}(\text{Ca}) + b_{14}(\text{Mg}) = 0$$

$$Y/\text{K} = b_2 + 2b_{22}(\text{K}) + b_{12}(\text{N}) + b_{23}(\text{Ca}) + b_{24}(\text{Mg}) = 0$$

$$Y/\text{Ca} = b_3 + 2b_{33}(\text{Ca}) + b_{13}(\text{N}) + b_{23}(\text{K}) + b_{34}(\text{Mg}) = 0$$

$$Y/\text{Mg} = b_4 + 2b_{44}(\text{Mg}) + b_{14}(\text{N}) + b_{24}(\text{K}) + b_{34}(\text{Ca}) = 0$$

En donde:

x = nutrientes (N, K, Ca. y Mg).

b_i = Coeficiente de regresión lineal

b_{ii} = Coeficiente de regresión cuadrática

b_{ij} = Coeficiente de regresión para las interacciones.

Dichas ecuaciones se resolvieron por medio de ecuaciones simultáneas y cuyos resultados se presentan en el Cuadro 28.

Cuadro 28:

CANTIDADES MAXIMAS Kg/Ha.

NUTRIMENTO	(a)	(b)
N	90.50	87.61
K ₂ O	49.38	48.04
Ca()H ₂	804.00	818.28
MgSO ₄	319.50	349.89

Rend. máximo calculado

T.M./Ha. 4.75 4.77.

(a) Con respecto a cada uno de los nutrimentos por separado, ecuación 1.

(b) Con respecto a cada uno de los nutrimentos en interacción con los otros, ecuación 2.

ANALISIS DE VARIANZA DE LA ECUACION DE REGRESION.

	gl	SC	CM	Fc	Sig.
Block.	2	0.64	0.32	100.00	+
Ter. de 1er. ord.	4	7.64	1.91	655.00	+
Ter. de 2do. ord.	10	7.39	0.74	254.00	+
Residuo	10	1.12	0.12	38.30	+
Error	3	0.087	0.003		
Total	29	16.877			

Coeficiente de variación 1.5%

$$R^2 \text{ 1er. orden} = \frac{\text{SC. 1er. orden}}{\text{SC. totales.}} = 0.455.$$

$$R^2 \text{ 2do. orden} = \frac{\text{SC. 2do. orden}}{\text{SC. totales.}} = 0.441.$$

Quando se analiza la respuesta del cultivo a las cantidades máximas de cada uno de los nutrimentos por separado aplicando la ecuación de regresión, se estimó que el rendimiento máximo calculado fué de 4.75 T.M./Ha. de arroz en granza. De la misma manera se calculó la respuesta del cultivo a cada uno de los nutrimentos en interacción con los otros, de terminándose un rendimiento de 4.77 T.M./Ha. de arroz en granza. Cantidades similares de nutrimentos recomienda el Laboratorio de Suelos de ICTA., ya que los tratamientos centrales fueron determinados según di-

cho laboratorio. Por lo que la hipótesis planteada en el presente estudio se acepta ya que los nutrimentos, N, K, Ca y Mg tienen un efecto en el incremento del rendimiento debido a la corrección de sus deficiencias, y al mejor aprovechamiento de los otros nutrimentos, en suelos ácidos de Morales, Izabal.

El análisis de varianza para el modelo de la ecuación de regresión, del rendimiento en T.M/Ha. de arroz en granza, indica significancia de bloque con respecto a la matriz experimental. Los términos de 1er. y 2do. orden son significativos, lo que indica que los nutrimentos en estudio tienen una respuesta lineal comocuadrática.

Los valores de R^2 de 0.455 y 0.441, representan un grado alto de confiabilidad de los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que sumados dan un valor de R^2 igual a 0.896.

El coeficiente de variación de dicho experimento, 1.15%, indica que el manejo y factores externos fueron adecuados y que los datos tomados tienen una aceptable confiabilidad.

V.

CONCLUSIONES:

1. Los resultados obtenidos en el presente estudio, son de carácter exploratorio y permiten hacer estimaciones de dosis óptimas de N, K, Ca y Mg en suelos ácidos, para la producción de máximos rendimientos de arroz.
2. Los niveles con los cuales se obtuvo el máximo rendimiento, 4.77 T.M./Ha. de arroz, son 88 Kg/Ha. de N, 48 Kg/Ha. de K_2O , 818 Kg/Ha. de $Ca(OH)_2$ y 350 Kg/Ha. de $MgSO_4$.
3. Los nutrimentos aplicados como fertilizante, incrementaron los rendimientos de arroz en 24.50, 17.60, 2.18 y 3.33 Kg de arroz por Kg. de N, K_2O , $Ca(OH)_2$ y $MgSO_4$. aplicado, respectivamente.
4. Los nutrimentos que causaron mayor incremento en el rendimiento a nivel de campo y calculado estadísticamente son el nitrógeno y el calcio, obteniéndose 4.53 T.M./Ha. y 4.68 T.M./Ha. de arroz, cuando se aplican 80 Kg/Ha. de N y 900 Kg/Ha. de $Ca(OH)_2$, respectivamente.
5. El no aplicar calcio como nutrimento, el máximo rendimiento es de 2.00 T.M./Ha.
Al aplicar 20 Kg/Ha. de N, el máximo rendimiento que se obtiene es de 3.40 T.M./Ha.
6. El nitrógeno es el nutrimento responsable del desarrollo y crecimiento de la planta de arroz, ya que, su respuesta fué lineal.
7. El efecto del magnesio y azufre como nutrimentos se encuentra con fundido en el presente estudio, debido a que se utilizó como fuente de magnesio el sulfato de magnesio, de grado industrial, (sal epton o sal inglesa).

VI.

RECOMENDACIONES:

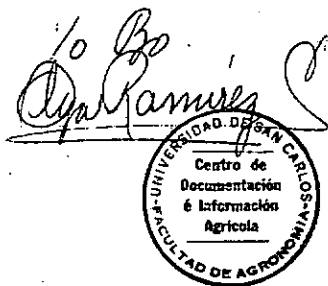
1. Conociendo las condiciones que predominan en los suelos donde se produce arroz, promover más investigaciones de este tipo, para determinar dosis óptimas económicas de nutrimentos en la producción de arroz.
2. Investigar las respuestas y épocas de aplicación del calcio y - magnesio como enmiendas y fertilizantes y sus efectos residuales con otras variedades de arroz de mayor potencial de rendimiento.
3. No aplicar niveles mayores de 110 Kg/Ha. de N, para evitar el excesivo desarrollo y crecimiento de la planta de arroz y contra restar las pérdidas por efecto de acame.
4. Realizar estudios utilizando otras fuentes de magnesio como fer tilizante, para determinar con mayor confiabilidad la interacción del magnesio y el azufre en este tipo de suelo.

VII.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ANGLADETTE, A. El arroz. Barcelona, Blume, 1969. 867 p.
- 2.- EL ARROZ. Grano de vida. Roma, F.A.O., 1966. 107 p.
- 3.- BOYLE, J.J. Respuesta del arroz al abonado. Roma, F.A.O., 1966. 426 p.
- 4.- COCRAM, W. y COX, G. Experimental designs. 2a. ed. New York, John Wiley, 1968. 611 p.
- 5.- CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. Boston, Houghton Mifflin, 1968. 376 p.
- 6.- CRUZ S. , J. R. DE LA. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala, INAFOR, 1976. 10 p.
- 7.- DICCIONARIO ENCICLOPEDICO UTHEA. México, UTHEA, 1964 v. 1 1263 p.
- 8.- GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Memoria anual enero - diciembre 1967. Guatemala, 1967. 139 p.
- 9.- -----Instituto Geográfico Nacional. Atlas geográfico nacional, Guatemala 1972.
- 10.- -----Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología é Hidrología. Tarjetas de control de estaciones meteorológicas de Guatemala. Guatemala, 1970 - 1978.

- 11.- PENADOS, J. M. Estudio de la respuesta de producción de granos de arroz (*Oryza, sativa* L.) a -- N-P-K, Ca-Mg en suelos de Morales, departamento de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 56 p.
- 12.- PONNAMPERUMA, F. N. Chemical changes in flooded soils and the growth of rice. IRRI, Baltimore, - 1967. 41 p.
- 13.- ----- Dinamic aspects of flooded soils and the nutrition of rice plants. In IRRI. The mineral - nutrition of rice plant. Baltimore, Johns Hopkins, 1965. pp 295 - 328.
- 14.- REYES, B. DE LOS. Cultivo del arroz. Filipinas, Universidad, Escuela de Agricultura, 1965. 426 p.
- 15.- SIMONS. CH. S. , TARANO M. y PINTO J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1548

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	_____
Asunto	_____

"IMPRIMASE"

Dr. Antonio A. Sandez Al S.
DECANO

