

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE PRODUCCION DE GRANO DE
ARROZ (Oriza sativa L.) a N-P-K, Ca-Mg EN SUELOS DE
MORALES, DEPARTAMENTO DE IZABAL

TESIS

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

POR

JORGE MARIO PENADOS ROGOZINSKI

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

en el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1979

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

D.L.

01

T(926)

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. Rodolfo Estrada G.
Vocal 2o.:	-----
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal 4o.:	Br. Juan Miguel Irias
Vocal 5o.:	-----
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Salcedo Z.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador:	Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.
Examinador:	Ing. Agr. Carlos Ramírez A.
Examinador:	Ing. Agr. Lauriano Figueroa Q.
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

21 de septiembre de 1979.

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

Sr. Decano:

Atendiendo la designación que nos hiciera el Decanato al digno cargo del Ing. Rodolfo Estrada G, nos es grato hacer de su conocimiento que hemos asesorado al Sr. JORGE MARIO PENADOS R en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulado: "ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE PRODUCCION DE GRANO DE ARROZ (Oriza sativa L.) A N,P,K, Ca, Mg EN SUELOS DE MORALES, DEPARTAMENTO DE IZABAL".

Se presenta este estudio basado en el método científico y se considera que los resultados son halagadores y proporcionan una buena información para la agricultura del cultivo del arroz, dejando abierta una serie de inquietudes en la investigación de granos básicos.

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

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Emilio Escamilla E.
ASESOR

Ing. Agr. Salvador Castillo G.
ASESOR
Director Depto. de Edefología.

SCO/jjs.



Guatemala, Octubre de 1979

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador.

De conformidad con 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 vuestro criterio el trabajo de tesis titulado

ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE PRODUCCION DE GRANO DE
ARROZ (*Oriza sativa* L.) a N-P-K , Ca-Mg EN SUELOS D E
MORALES, DEPARTAMENTO DE IZABAL.

Espero que este trabajo sea una contribución a la información básica necesaria para el desarrollo agrícola de nuestro país. Así mismo, que sea merecedor de vuestra aceptación.

Respetuosamente

JORGE MARIO PENADOS ROGOZINSKI

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A LA MEMORIA DE MI PADRE: Carlos Penados Del Barrio.

A MI MADRE: Hertha vda. de Penados

A MI ESPOSA: Rosa María S. de Penados

A MI HIJO: Jorge Luis Penados S.

A MIS HERMANOS: Carlos y María Eugenia

A MI ABUELA: Magda K. de Rogozinski

A LA FAMILIA: Sandoval Martínez

A mis compañeros de grupo
de estudio.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

A MIS COMPAÑEROS EN GENERAL

A SEMILLAS MEJORAS DE CENTRO AMERICA

AGRADECIMIENTO

- A: Mis Asesores
Dr. Emilio Escamilla E.
Ing. Agr. Salvador Castillo O.
- AL: Sr. Humberto Sandoval por su valiosa colaboración en el presente estudio.
- A: Mi esposa Rosa María S. de Penados por su participación en la transcripción mecanográfica.
- A: Todas aquellas personas e instituciones que de una u - otra forma hicieron posible la realización del presente estudio.

CONTENIDO

INTRODUCCION

ESTUDIO DE LA RESPUESTA DE PRODUCCION DE GRANO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) a N-P-K-Ca-Mg , EN SUELOS DE MORALES , DEPARTAMENTO DE IZABAL.

1. Revisión de Literatura

1.1. Localización

1.2. Importancia

2. Composición Química

3. Fertilización

3.1. Nitrógeno

3.2. Fósforo

3.3. Potasio

3.4. Cal y Encalado

4. Materiales y métodos

4.1. Datos Generales

4.2. Materiales

4.3. Diseño Experimental

4.4. Manejo de Experimento

5. Resultados y Discusión
6. Conclusiones
7. Recomendaciones
8. Referencias Bibliográficas

I N T R O D U C C I O N

El arroz (*Oryza sativa* L), constituye para Guatemala, uno de los cultivos de fundamental importancia, ya que tanto este cereal como el maíz, el trigo, la avena, la cebada, etc. forma parte de la ración de los guatemaltecos y del mundo.

Siendo el arroz un cereal de importancia alimenticia, y cuya producción ha tomado mucho auge debido a que es rica fuente de nutrimentos, motivo por el cual se despierta un interés entre los agricultores guatemaltecos por su amplia adaptación y por constituir un fuerte renglón de ingresos en el comercio.

En Guatemala se ha observado un incremento en la producción y consumo de dicho cereal, debido a que se han habilitado nuevas áreas, aptas para el cultivo; además de las nuevas técnicas y prácticas culturales.

Para mejorar la eficiencia de la producción se ha contemplado en los lineamientos de trabajo el desarrollo de la tecnología necesaria, que aplicada al cultivo permita que a corto plazo se optimicen los rendimientos por unidad de área cosechada. Esto se reflejará en mayores ingresos al agricultor a la vez que se contará con un volumen de producción nacional de grano acorde de las necesidades de la población.

La creciente demanda de dicho cereal, hace necesario emplear técnicas de producción intensivas dentro de las cuales están: el uso de variedades mejoradas resistentes a plagas y enfermedades, variedades de ciclo corto, análisis de fertilidad del suelo para su posterior fertilización y prácticas culturales.

Por la importancia de lo expresado en los párrafos anteriores

res, se llevó a cabo este estudio, efectuando aplicaciones a diferentes niveles de Enmiendas de Calcio y Magnesio y, Niveles de N-P-K, buscando llegar a los siguientes objetivos:

1. Comprobar si por medio de las aplicaciones de los niveles de Ca - Mg y N-P-K se logra aumentar el rendimiento en la producción de arroz.
2. En base al punto anterior; determinar en cuál de los niveles y tratamientos se obtuvieron los mejores rendimientos.

HIPOTESIS: El rendimiento de grano de arroz responde igual a los diferentes niveles de aplicación de N-P - K, Ca y Mg.

NOTA: El término Enmienda en este estudio es utilizado como cantidades de Ca, Mg y S, aplicados al suelo para cubrir las necesidades nutritivas de la planta y no como correctoras del pH del suelo.

1 REVISION DE LITERATURA

1.1. LOCALIZACION

El cultivo de arroz se encuentra localizado principalmente en las regiones norte y sur-oriental del país. Se estima que en conjunto estas dos regiones suministran el 70.7 % de la producción total. La región norte que comprende los departamentos de Izabal, Alta Verapaz, Petén ha cobrado importancia en los últimos años como zona arrocería.

En efecto, en la temporada agrícola 1965-66 en esta zona se cosecharon alrededor de 2.4 miles de manzanas, cifra que representó el 27.6% del área dedicada al cultivo de arroz. En 1970-71 el área de cosecha subió alrededor de 10.3 miles de manzanas, equivalentes al 46.6% del área de arroz cosechado en ese año.

La Zona Sur-Oriental, localizada en los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa, siendo las principales regiones productoras los municipios de Chiquimulilla, Taxisco y Guazacapán.

La Zona Norte, comprende los departamentos de Izabal, Alta Verapaz y Petén. Las regiones que más se destacan son las del Polochic, principalmente del Motagua, en los municipios de Panzós y Telemán; la región del Motagua, en los municipios de Morales y Los Amates; la región del Petén, principalmente en Poptún, San Luis y Melchor de Mencos.

La Zona Occidental, comprende los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos; en esa zona se destacan como

regiones productoras los municipios de Génova y Coatepeque, Pajapita, Malacatán y Catarina y los parcelamientos de La Blanca y El Retiro.

La Zona Oriental, comprende los departamentos de Chiquimula, Jalapa, El Progreso (Jutiapa), Jalpatagua, - Asunción Mita, Agua Blanca y Laguna de Retana. Las - principales regiones productoras son los municipios de Ipa-la y San José La Arada y el Valle de Monjas.

La Zona Nor-Oriental, comprende los departamentos de El Progreso, Baja Verapaz y Zacapa.

1.2. IMPORTANCIA

La importancia de las consideraciones anteriores, es tria en el hecho que a medida que se extiende el cultivo, se ha experimentado un desplazamiento definido hacia las regiones norte y sur-oriental del país. Conviene señalar asimismo, que el incremento de la producción en la zona norte, está directamente relacionado con la incorporación de nuevas áreas al cultivo, mientras que la zona Sur-Oriental se identifica como el incremento en los rendimientos medios.

El arroz ocupa el segundo lugar de producción y superficie entre los cereales básicos en la alimentación humana y animal como se muestra en los cuadros No. 1 y No. 2 (3).

AREA PRODUCCION MUNDIAL Y RENDIMIENTO MEDIO
POR HECTAREA DE 5 CEREALES

CUADRO No. 1

CULTIVO	SUPERFICIE EN HAS.	TONELADAS	Kg/Ha
Trigo	202,854,700	275,000,000	1343
Arroz	117,363,000	255,000,000	1958
Maíz	105,142,000	236,000,000	2025
Cebada	61,514,400	96,000,000	1421
Sorgo	50,587,500	56,000,000	1007

PRODUCTO NACIONAL DE ARROZ EN GUATEMALA

CUADRO No. 2

AÑO AGRICOLA	SUPERFICIE COSE- CHADA (Miles de Mz)	PRODUCCION (Miles qq)	RENDIMIEN TO (qq / mz)
1972/73	15.7	661.0	42.1
1973/74	17.7	545.1	30.8
1974/75	17.5	427.0	24.4
1975/76	26.7	724.4	27.1
1976/77	15.5	224.2	14.5
1977/78	15.3	380.6	24.9
1978/79	18.3	522.2	28.2

2 COMPOSICION QUIMICA

Desde el punto de vista de su composición química, se sabe que los cereales tienen un bajo contenido proteínico y en cambio, son ricos en carbohidratos. Son pues alimentos calóricos.

La composición química proximal y el contenido vitamínico del arroz en comparación con el maíz, la harina de trigo, la avena y el sorgo figuran en el cuadro No. 3. Según se observa, existen diferencias entre ellos, aunque también muestran su contenido de proteína y grasa. De todos los cereales, el arroz acusa la concentración de proteína más baja, mientras la avena contiene el nivel más alto. Sin embargo los resultados de estudios recientes notificados por el Instituto Internacional de Arroz (IRRI) indican que por selección y cruzamiento genético es factible aumentar el contenido total de proteína en los granos de arroz. Por otra parte entre los cereales que se detallan en el cuadro, el arroz contiene los valores más altos de carbohidratos (5).

CUADRO No. 3

COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO VITAMINICO DE CUATRO CEREALES %

COMPONENTE	ARROZ	MAIZ	TRIGO	AVENA
Humedad	12.0	10.6	12.0	8.3
Proteína	7.2	9.4	11.8	14.2
Grasa	0.6	4.3	1.2	7.4
Ceniza	0.5	1.3	0.5	1.9
Fibra Cruda	0.6	1.8	0.4	1.2
Carbohidrato Soluble	79.7	74.4	74.5	68.2
Calorías	364	361	365	390
Tiamina Mg	0.08	0.43	0.12	0.60
Riboflavina Mg	0.03	0.10	0.07	0.14
Niancina Mg	1.6	1.9	1.4	1.0

3. FERTILIZACION

Los suelos arroceros del mundo son sumamente variados, - no sólo con respecto a su aspecto físico sino especialmente e n cuanto a su disponibilidad de elementos nutritivos para la plan- ta. Esa disponibilidad disminuye en forma constante debido: a lo que utiliza el arroz para su crecimiento; a lo que consumen - las malezas y; a los efectos de los largos períodos bajo inunda - ción que aceleran la desnitrificación y la reversión de otros ele - mentos (12).

Los elementos nutritivos, por su orden de importancia c o mo deficientes en los suelos son: nitrógeno (N), fósforo (F), p o - tasio (K), calcio (Ca) y Magnesio (Mg); además son los principa - les elementos constitutivos de la planta de arroz (12).

La carencia de uno de los seis elementos fundamentales - (N, P, K, Ca, Mg, S) se manifiesta en la planta de diferentes - maneras, por lo que resulta interesante observar la incidencia - de los distintos elementos nutritivos, cómo afectan a la planta y la necesidad que tiene ésta de disponer adecuadamente de cada uno; por eso, en este trabajo se menciona la importancia que - tiene cada elemento y comportamiento.

3.1 NITROGENO:

Los compuestos nitrogenados constituyen una parte importante del peso total de las plantas. En una planta que contiene el 1.6% de nitrógeno, aproximadamente el 10% de su peso en seco es constituido por compuestos nitrogenados.

El nitrógeno se encuentra en las plantas tanto en forma inorgánica como orgánica. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo principalmente en forma de nitrato, que es la única forma inorgánica que pueden acumular sin efectos perjudiciales (Black, 4)

Las funciones que tiene el nitrógeno:

1. Es un componente de los pigmentos de clorofila que dan a la planta su color verde (la clorofila es esencial para que haya fotosíntesis).
2. Fomenta el crecimiento rápido especialmente en el aumento de la altura y formación de renuevos; esta última es particularmente importante para incrementar el rendimiento de grano por área.
3. Hace que aumente el tamaño de las hojas y del grano.
4. Incrementa el contenido protéico de los granos.
5. Mejora la calidad de los cultivos.
6. Proporciona nitrógeno a microorganismos mientras se descomponen materiales orgánicos de bajo contenido de nitrógeno.

Síntomas de Deficiencia:

Cuando existe una deficiencia de nitrógeno las hojas son pequeñas, los tallos finos y rectos y las ramificaciones escasas; de ahí que la planta parezca rala. En las primeras etapas de crecimiento las hojas suelen ser pálidas y de color verde amarillo a causa de la poca síntesis de clorofila; a medida que envejecen pueden tornarse amarillas. Por lo anterior, tanto la planta de arroz como los otros cultivos han de tener suficiente disponibilidad de nitrógeno como necesitan en la etapa temprana y mediana de formación de macolla, para que aumente al máximo el número de panojas; sin embargo, las plantas siguen necesitando nitrógeno, incluso en la etapa de maduración (7).

3.2 FOSFORO:

Hay una necesidad general de fertilizantes nitrogenados en la mayor parte de las zonas arroceras; sin embargo, el arroz como cualquier otro cereal requiere además una cantidad considerable de fósforo para crecer vigorosamente y tener un alto rendimiento en grano.

Otros efectos que produce el fósforo sobre el cultivo de arroz son:

1. Estimula el desarrollo de las raíces, haciendo que las plantas sean más resistentes a la sequía.
2. Fomenta una formación más activa de retoños, que permite que la planta de arroz se recupere más rápidamente y de manera más completa, después de cualquier situación adversa.

3. Le da al arroz un mayor valor alimenticio, debido al contenido más alto de P en los granos.

La absorción del fósforo es rápida durante el crecimiento de las plantas de arroz y alcanza el valor máximo en la época de floración; sin embargo, el índice de absorción es bajo durante el período de maduración. Es particularmente lento hasta la formación de los primordios florales, después de lo cual se va haciendo más rápido, hasta la floración. La traslocación de asimilación de las hojas y los tallos a las panojas, continúa hasta la etapa de formación de los granos. Esto coincide con la translocación y acumulación de almidón en los granos, mostrando una relación estrecha entre el metabolismo de los carbohidratos y el fósforo (7).

3.3 POTASIO:

En general las respuestas del arroz a las adiciones de K no son tan notables como las que ofrece a las adiciones de nitrógeno y fósforo. Se dice que los suelos de los arrozales contienen suficiente K para satisfacer las necesidades del cultivo, como resultado de la presencia de K en las aguas de riego y el alto contenido de K_2O de los suelos de textura fina en los que se cultiva casi siempre el arroz.

Los efectos que produce el potasio son:

1. Hace que los cultivos sean resistentes a las enfermedades y a los efectos adversos de las condiciones climáticas desfavorables.
2. Favorece el desarrollo de renuevos e incrementa el tamaño y peso de los granos.

El Potasio en el Suelo:

De la cantidad total de K en un suelo mineral promedio, solamente del 1 al 2% se encuentra fácilmente disponible como potasio en la solución del suelo y, el resto como K^+ intercambiable absorbido en la superficie coloidal del suelo. En ciertas condiciones del suelo, el potasio - agregado se fija definitivamente gracias a ciertos coloides del suelo y no se encuentra fácilmente a disposición de las plantas cultivables. Sin embargo, esta forma (potasio no intercambiable) está en equilibrio dinámico con las formas disponibles y, por tanto, actúa como depósito - importante de potasio gradualmente disponible.

Según Glander y Peter (7) establecen que la carencia de potasio se manifiesta de la siguiente manera:

1. Las hojas más viejas se secan y toman una coloración amarilla con manchas pardas;
2. Las plantas son enanas, aunque presentan un macollaje más o menos normal;
3. Las hojas medianas tienen nervaduras verdes y otras - amarillas con numerosas manchas pardas;
4. Las hojas superiores son de color verde oscuro;
5. Disminuye el almidón de los granos;
6. La formación de clorofila se reduce o se detiene;

7. Las plantas absorben el agua con más dificultad, debido a la falta de turgencia. Como el agua es el elemento - conductor de los elementos constitutivos de los tejidos, éstos se refleja en el crecimiento de la planta. y;
8. El grano no se forma correctamente.

Según Takahashi y Kono (7) establecen que el potasio - secunda la fijación de la celulosa en la base del tallo, donde ésta se concentra. Esto puede deberse a una mayor actividad fotosintética. Los tallos de arroz son más gruesos, e s pecialmente si se efectúan aplicaciones correctas de fósforo y nitrógeno.

3.4 CAL Y ENCALADO:

Acidez del suelo y materiales acondicionadores para corre - girla:

Los suelos tienen una reacción neutra, ácido o alcalina. La acidez y la alcalinidad de los suelos presentan extremos - en el equilibrio de los nutrimentos requeridos para los culti - vos, de acuerdo con las condiciones de los terrenos.

Por lo general se utiliza piedra "Calcita" o "Dolomita" para neutralizar ciertas condiciones ácidas. Los materiales para acondicionamiento del suelo o encalado, que por lo común se utilizan, se muestran en la tabla No. 1.

TABLA No. 1

MATERIALES PARA EL ENCALADO

NOMBRE	FORMULA QUIMICA	EQUIVALENTE DE CaCO_3	FUENTES
Piedra Calcita	CaCO_3	95%	Depósito natural de piedra Calcita
Cal Hidratada	Ca(OH)_2	120%	Piedra Caliza quemada con vapor.
Dolomita	$\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$	110%	Depósito natural de mineral usado con mayor frecuencia en Guatemala

El Encalado y sus Efectos:

Aún cuando sea baja la posibilidad de que haya una escasez de suministro de Ca para el arroz, la adición de cal a los arrozales ha tenido efectos favorables. La respuesta al encalado se ha atribuido principalmente a los cambios del pH del suelo, que conducen a una mayor efectividad de los fertilizantes (FAO 1960a - FAO 1960b).

Angladette (1) declara que numerosas pruebas hechas en

Ceilán a lo largo de 30 años ha dado como resultado incrementos en el rendimiento de hasta 800 kg/Ha, agregando cal a los suelos lateríticos ácidos.

Combaire (7) considera que la aplicación de cal es absolutamente necesaria cuando el pH es inferior a 5.5, y que es aconsejable cuando dicho pH varía entre 5.5 y 6.5. La aplicación moderada de cal es suficiente para suelos con un pH de más de 6.5, aunque sólo sea para mantener el pH a un nivel favorable.

Angladette (1) hace una interesante reseña con respecto al empleo de la piedra caliza como fertilizante según el suelo y su acidez. En Madagascar se aplican dosis anuales de aproximadamente 350 Kgr/Ha, y se han obtenido aumentos de producción de 700 a 800 Kgr/Ha.

FUNCION DEL CALCIO Y MAGNESIO:

El calcio es un ión que dentro de la planta es relativamente inmóvil y las más altas cantidades se presentan en los tejidos más viejos de la planta. Sirve en la síntesis del protoplasma y se necesita para la división celular.

Es éste un elemento que deberá ser suministrado a la planta en forma continua.

Según Perdomo-Herbert E. Hampton, el exceso de calcio en los suelos tendrá efectos indirectos tales como el de limitar la absorción de los otros elementos, especialmente el potasio, hierro y manganeso. Un exceso de calcio en el suelo afectará la translocación de los elementos minerales dentro de la planta, producirá una alta relación de transpiración y reducirá la absorción de agua y la permeabilidad de las membranas de la planta.

En cuanto al Magnesio, es un ión bastante móvil que se encuentra en mayores cantidades en el grano de la fruta y en las hojas de la planta. Si el elemento está presente en cantidades adecuadas, estará bien distribuido en la planta.

El magnesio es un constituyente importante de la molécula de clorofila. Hay una correlación directa entre el magnesio presente de la planta y el contenido de clorofila. Se requiere para la síntesis del aceite vegetal y grasa, y forma parte de algunas proteínas. Este elemento se necesita en la formación del pectato de magnesio, el cual es requerido como un constituyente en la estructura de la lamela media. El magnesio también funciona como un catalítico y es requerido para la transparencia del fósforo, hidrógeno y el carbono (Perdomo y Hampton, 10).

EFFECTOS SECUNDARIOS DEL ENCALADO:

1. La aplicación de cal a suelos ácidos estimula las actividades microbiológicas en el suelo, lo cual es deseable, pero si el suelo no es adecuadamente manejado, el encalado puede resultar en un rápido deterioro de los suelos.
2. La adición de calcio al suelo, influye en la absorción de otros nutrimentos. Un suministro óptimo de calcio es deseable, pero un exceso (sobre encalado) frecuentemente resulta en una deficiencia de fósforo y algunas veces magnesio y potasio.
3. El encalado tiende a causar la floculación de los coloides del suelo en las cantidades que comúnmente se aplican; sin embargo, la cal no provee el calcio suficiente para producir efectos significativos en la estructura del suelo. Las condiciones físicas mejoradas que han sido

reportadas como resultado de la aplicación de cal a los suelos, es posible que sea debido al efecto indirecto sobre la estructura del suelo como resultado del aumento de actividades microbianas o crecimiento de la planta.

La cal y los materiales de encalado varían en su composición. Una buena cal para fines de encalado deberá contener de un 80 a 100% del equivalente de carbonato de calcio (la cal que se utiliza en Guatemala para encalado llega aproximadamente a un 95% de pureza) (10).

AUMENTO EN LAS NECESIDADES DE CAL MOTIVADO POR LA PERCOLACION:

Ningún material por sí solo tiende a eliminar los materiales básicos del suelo en las regiones húmedas en tan alta proporción como la percolación, y el calcio es generalmente el elemento que sufre las mayores pérdidas. Con la continuidad de este proceso es obvio que tarde o temprano se presente una deficiencia de bases o el desarrollo de los suelos ácidos. Puesto que el calcio y en menor proporción el magnesio, se escapan fácilmente del suelo, y ya que el calcio y el magnesio son los componentes activos de la cal dolomita, los suelos que no abastecen cantidades suficientes para el crecimiento vegetal se les designa como suelos deficientes en cal.

La pérdida de calcio y magnesio por percolación del suelo depende mucho de las cantidades de estos elementos que se encuentran presentes y las formas en que están fijados como en la cantidad de agua que percola el suelo, la cubierta vegetal y la producción de ácido carbónico.

El calcio y el magnesio, casi en su totalidad, están retenidos

en el suelo, ya sea en forma de silicato o carbonato, o como iones intercambiables en los coloides del suelo. Esta última forma está sujeta a perderse por percolación.

Debido a la continua producción de bióxido de carbono, - por la descomposición de la materia orgánica y por la excreción vegetal y, a la consecuente formación de ácido carbónico, existe una constante tendencia de los iones de calcio y magnesio adheridos a los coloides del suelo a ser desplazados por iones de hidrógeno. Así quedan liberados estos iones básicos, que son susceptibles de eliminarse por percolación (Millard et al., 9).

EFFECTO QUE TIENE LA CAL EN LA SOLUBILIDAD DE LOS ELEMENTOS MINERALES DEL SUELO:

Por regla general un alto porcentaje del fósforo en un suelo bien provisto de cal es aprovechable para las plantas. En suelos ácidos deficientes en calcio, el fósforo existe en formas relativamente no aprovechables, aunque el contenido total de fosfato sea comparativamente alto. El fósforo del suelo generalmente es más aprovechable para los vegetales en suelos neutros o ligeramente ácidos, y al aumentar la acidez su aprovechabilidad decrece.

En suelos fuertemente ácidos, en presencia de compuestos de aluminio y hierro, los fosfatos solubles se combinan con estos elementos, formando compuestos bastante insolubles. El enmenear suelos ácidos con cal presenta una tendencia de hacer el fósforo más aprovechable, al convertir parte del total que se haya presente como fosfato de aluminio y hierro, en fosfatos de calcio más aprovechables.

Las formas más deables, desde el punto de vista del consumo vegetal, son los fosfatos monocalcicos y dicálcicos. Es proba

ble que el abonar con cal produzca la liberación del fósforo inorgánico en el suelo, por estimulación de los procesos de descomposición. Sin embargo, es obvio que la cal no va a resolver por sí sola el problema de aprovechabilidad del fósforo, porque muchos suelos están tan agotados de fósforo que la cal tiene muy poco efecto en aumentar los rendimientos a los cultivos.

El efecto que la cal tiene en la solubilidad del potasio del suelo, no puede aseverarse con certeza (9).

NOTA: El término "Enmienda" en este estudio es utilizado como cantidades de Ca, Mg y S, aplicados al suelo para cubrir las necesidades nutritivas de la planta y no como correctoras del pH del suelo.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. DATOS GENERALES

La descripción de la localización, los materiales y las técnicas usadas para desarrollar este trabajo se detallan a continuación.

Localización:

El experimento se llevó a cabo en la Finca La Francia, en el municipio de Morales, Izabal. La finca se encuentra localizada a una altura de 51 metros sobre el nivel del mar, entre las paralelas geográficas de 15 28' 50" latitud Norte y 88 49' 42" longitud Oeste de Greenwich.

Clima;

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge, esta región se encuentra dentro de una zona de bosque tropical húmedo (8).

Los datos de condiciones climatológicas referentes a precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa durante 1978, se presentan en el Cuadro No. 4.

Suelos:

Los suelos utilizados para el experimento, pertenecen a la serie Ican, los cuales son descritos por Simons, Tarano y Pinto (11) como: Tierras bajas del Petén Caribe, encontrándose lixiviados y ácidos, siendo su material madre aluvión antiguo con un relieve no mayor de un 5% en su ma-

yoría, su drenaje externo no imperfecto a malo de color café grisáceo, textura y consistencia franco-limoso con un espesor aproximado de 20 a 50 cms. Lo anterior reviste gran importancia para el país ya que se produce en gran escala los cultivos tales como : el arroz, sorgo, maíz, banano y explotaciones ganaderas.

CUADRO No. 4

DATOS SOBRE LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICAS REFERENTES A LA PRECIPITACION PLUVIAL, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DURANTE EL AÑO 1978

MES	TEMPERATURA GRADOS C°			HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITAC. PLUVIAL mm
	MAX.	MINIMA	MEDIA	%	MENSUAL
Enero	26.0	18.2	22.1	98	114.0
Febrero	27.8	18.6	23.2	96	64.8
Marzo	29.6	20.1	24.2	96	162.0
Abril	30.8	19.6	25.2	85	24.1
Mayo	33.9	22.3	28.1	80	84.6
Junio	31.2	22.7	26.6	79	176.8
Julio	30.9	22.0	26.4	80	248.4
Agosto	30.8	22.6	26.7	83	206.8
Sept.	31.0	22.1	26.5	85	101.6
Oct.	31.1	22.1	26.6	86	288.0
Nov.	30.0	22.0	26.0	86	216.9
Dic.	27.9	21.3	24.6	85	259.1

4.2 MATERIALES:

La variedad de arroz utilizada fue Lee Bonnet con las

siguientes características según Angladete y Andre.

Características de la Planta:

Enraizamiento	Bueno
Número de nudos	Tres
Textura de tallo	Suave
Número de hojas	4 a 6 pares
Color de hoja	Verde obscuro
Número de espigas	4 a 5
Tamaño de espigas	15 a 20 centímetros
Color de espiga	Blanca
Color del grano	Blanco

Características Agronómicas:

Altura	100 a 120 centímetros
Acame	Resistente
Macollamiento	Intermedio
Floración	65 días
Madurez	90 a 110 días
Resistencia a	Helminthosporium orizae Ricosporium orizae Moderadamente a Piricularia orizae
Rendimiento	60 a 70 qq/Mz.

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue establecido con diseño de BLOQUES AL AZAR CON PARCELAS DIVIDIDAS, contando con 16 tratamientos incluyendo el testigo, y cuatro repeticiones.

Siendo los tratamientos de las parcelas principales cuatro niveles de calcio (Ca) y magnesio (Mg), y de las parcelas secundarias cuatro niveles de fertilizante N-P-K.

Los niveles probados fueron: 0, 0.5, 1.0, y 1.5 de la recomendación dada por el Laboratorio de Suelos de ICTA. Por facilidad de trabajo, estas cantidades fueron expresadas como niveles 0, 1, 2 y 3 de Enmienda y Fertilización, por lo que la recomendación dada por el Laboratorio de Suelos de ICTA corresponde al nivel - 2 de ambas variables.

Se establecieron 64 parcelas experimentales mostradas en la Figura No. 1, área total de 1,360 metros cuadrados. El área de cada parcela principal es de 80 metros cuadrados (10 x 8) y el área de las parcelas secundarias es de 20 metros cuadrados (5 x 4). Cada parcela secundaria consta de 16 hileras de 5 metros de largo.

La siembra se efectuó al chorro en banda y a una distancia - de 25 centímetros entre hileras. El área neta cosechada fue de - 12 metros cuadrados (4 x 3) equivalente a 12 hileras de 4 metros de largo cada parcela.

El parámetro a medir en cada parcela es el rendimiento.

PLANO DE CAMPO

R I

1	14	6	15
5	10	4	11
12	16	8	13
7	2	9	3

R II

15	11	5	10
6	4	14	1
12	2	3	13
7	16	9	8

16	2	9	8
12	7	13	3
4	15	14	10
6	11	5	1

R III

7	12	13	8
2	16	3	9
14	5	11	4
10	1	6	15

R IV

Gráfica No. 1.

4.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento se llevó a cabo siguiendo el sistema de práctica culturales para el cultivo de arroz. El terreno fue -
preparado mediante un barbecho mecánico con un arado pesa-
do; posteriormente, el paso de una rastra liviana para pulveri-
zar el suelo.

La aplicación de $MgSO_4 \cdot Ca(OH)_2$, siguiendo la reco-
mendación dada por el Laboratorio de Suelos del ICTA se efec-
tuó el 10 de octubre de 1978, 30 días antes de la siembra -
(tiempo mínimo recomendable); la aplicación se efectuó al -
voleo a distintas dosis (Ver Cuadros 5, 6, y 6'), e inmediata-
mente se incorporó con una rastra liviana.

La siembra de arroz se realizó el 11 de noviembre de -
1978 a razón de 1.75 qq/mz de semilla. El fertilizante se -
aplicó la fórmula 12-24-12, según recomendación dada por el
Laboratorio basado en análisis de las muestras de suelos (ver-
Cuadro No. 7). La aplicación de N-P-K se efectuó en banda
a 2 pulgadas de profundidad y 3 pulgadas de la semilla.

La aplicación de nitrógeno de fórmula (46-0-0) se reali-
zó en dos etapas. El 60% se efectuó a los 30 días después de
la siembra y el 40% a 15 días posterior a la primera aplica-
ción. En el Cuadro No. 6 se muestra la cantidad y dosis apli-
cada.

CONTROL DE MALEZA:

Para el control de malas hierbas se utilizaron los produc-
tos Ordram y Stam L-V-10 en dosis de 2 lts/Mz. más 5 lts/Mz.
respectivamente. La aplicación se llevó a cabo el 1o. de di-

CUADRO No. 5

DOSIS EN Kgr/Ha POR APLICACION

No.	TRATAMIENTOS	N-P-K			
		Ca(OH) ₂	MgSO ₄	(12-24-12)	UREA (46-00)
1	1-E, 0-F	300	300	0	0
2	3-E, 0-F	900	600	0	0
3	2-E, 3-F	600	400	195	97.40
4	0-E, 1-F	0	0	65	32.5
5	1-E, 2-F	300	200	130	64.0
6	0-E, 2-F	0	0	130	64.0
7	3-E, 2-F	900	600	130	64.0
8	2-E, 2-F	600	400	130	64.0
9	2-E, 0-F	600	400	0	0
10	1-E, 3-F	300	200	195	97.40
11	0-E, 3-F	0	0	195	97.40
12	3-E, 1-F	900	600	65	32.50
13	2-E, 1-F	600	400	65	32.50
14	1-E, 1-F	300	200	65	32.50
15	0-E, 0-F	0	0	0	0
16	3-E, 3-F	900	600	195	97.40

CUADRO No. 6

TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES EN LAS PARCELAS PRINCIPALES

TRATAMIENTO	PRODUCTOS	PARCELA 80/mt ²	Kg/Ha.
E 0	MgSO ₄	0	0
E 1	MgSO ₄	1.60 Kg.	200
E 2	MgSO ₄	3.20 Kg.	400
E 3	MgSO ₄	4.80 Kg.	600

E 0	Ca(OH) ₂	0	0
E 1	Ca(OH) ₂	2.40 Kg.	300
E 2	Ca(OH) ₂	4.80 Kg.	600
E 3	Ca(OH) ₂	7.20 Kg.	900

TRATAMIENTO	PRODUCTOS	PARCELA 20/mt ²	Kg/Ha
F 0	12-24-12	0	0
F 1	12-24-12	130 gr.	65
F 2	12-24-12	260 gr.	130
F 3	12-24-12	390 gr.	195

CUADRO No. 6 (cont.)

CANTIDADES A APLICAR DE LA FORMULA
(46-0-0) SEGUN LOS TRATAMIENTOS *

TRATAMIENTO	PRODUCTO	POR PARCELA/20mt ²		Kgr/Ha
		60%	40%	
F 0	46-0-0	0	0	0
F 1	46-0-0	38 gr.	26 gr.	32.50 Kg.
F 2	46-0-0	78 gr.	52 gr.	64.00 Kg.
F 3	46-0-0	117 gr.	78 gr.	97.40 Kg.

* Como base de la recomendación dada por el Laboratorio de -
Suelos del ICTA.

CUADRO No. 7

ANALISIS QUIMICO EFECTUADO POR EL LABORA-
TORIO DE SUELOS DEL ICTA

MUESTRA	pH	Microgramos/ml		Meq/100 ml de suelo	
		P	K	Ca	Mg
Suelo	5.5	6.75	78	2.60	0.60

ciembre de 1978, llegando a controlar maleza de hoja ancha y gramíneas.

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES:

La aplicación de pesticidas en el campo definitivo se llevó a cabo después de la floración y antes de la cosecha en forma combinada, un fungicida (Benlate) a razón de 6 onz. por manzana y, un insecticida (Lannate) a razón de 1 litro por manzana, con el objeto de dar protección al quemado del arroz (*Pyricularia oryzae*), Helmintosporiosis del arroz (*Cochliobolus Miyabeanus*), y cercosporiosis del arroz (*Cercospora aryzae*), novia del arroz (*Ruppella albinella*), chinche común (*Leptocorisa corbetti*), barrena dor del arroz (*Tryporyza incertulas*).

COSECHA:

El 15 de febrero de 1979 se llevó a cabo la cosecha de arroz por medio de corte a mano, obteniendo las lecturas en cada parcela neta cosechada, para luego llegar a determinar qué parcela y tratamiento se obtuvieron los mayores rendimientos.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

El criterio principal utilizado para evaluar la presente investigación fue el peso en Kgr. por parcela neta experimental. El Cuadro No. 8 muestra el rendimiento de arroz en Kgr. por parcela experimental neta, que fueron los datos empleados para el análisis de Varianza.

En el Cuadro No. 9 se muestran los rendimientos medios expresados en Tm/ha a través de los diferentes niveles de Ca - Mg y de N-P-K.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro No. 10) se encontraron diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidades, entre los diferentes niveles de Ca-Mg y niveles de N-P-K e interacción de ambos. Basados en dicho análisis de varianza, se procedió a realizar la Prueba de Duncan (Gráfica No. 2) para establecer diferencia en los tratamientos probados. En esta prueba, los datos de rendimiento fueron convertidos a T.M/Ha. De acuerdo a esta prueba el tratamiento No. 8 (E-2, F-2) fue el que mejor resultado presentó, ya que aparte de superar los otros tratamientos en rendimiento (3.991 TM/Ha) fue el que mostró el rendimiento más alto contra el testigo (1.935 TM/Ha) superándolo en un 92% tal como se muestra en las Gráficas No. 2 y No. 3.

RENDIMIENTO EN Kgr/Parcela DE ARROZ CON LA
APLICACION DE LOS DISTINTOS NIVELES DE Ca Mg Y
NIVELES DE N-P-K

12-24-12		CaMg Kg/12mt ² 0	CaMg Kg/12mt ² 1	CaMg Kg/12mt ² 2	CaMg Kg/12mt ² 3
R I	0	2.162	2.642	2.883	3.123
	1	2.883	3.363	3.844	3.844
	2	3.844	3.844	4.564	2.883
	3	2.786	3.363	3.844	2.833
Total		11.675	13.212	15.135	12.733 = 52.755
R II	0	2.402	2.979	3.363	3.363
	1	3.027	3.123	3.084	3.507
	2	4.324	3.363	4.805	3.747
	3	3.171	4.084	4.564	2.546
Total		12.924	13.549	15.816	13.163 = 55.452
R III	0	2.305	2.498	2.931	2.931
	1	3.123	3.459	3.844	4.468
	2	4.084	3.603	5.045	3.171
	3	3.603	3.844	4.324	3.315
Total		13.115	13.404	16.144	13.885 = 56.548
R IV	0	2.402	3.219	3.123	3.219
	1	3.363	3.603	3.324	4.708
	2	3.988	3.315	4.708	3.555
	3	3.363	3.603	4.805	3.075
Total		13.116	13.740	16.960	14.557 = 58.373
TOTAL					223.128

CUADRO No. 9

RENDIMIENTO MEDIO DE ARROZ POR TRATAMIENTO Y NIVELES DE Ca, Mg y N-P-K EXPRESADO EN TM/Ha.

Niveles de 12-24-12	Niveles de Ca-Mg				$\bar{X}$
	E 0	E 1	E 2	E 3	
F - 0	1.935	2.366	2.567	2.673 =	2.376
F - 1	2.587	2.828	3.151	3.449 =	3.004
F - 2	3.391	2.948	3.991	2.788 =	3.279
F - 3	2.697	3.108	3.660	2.466 =	2.983
$\bar{X}$	2.652	2.813	3.342	2.835	

CUADRO No. 10

ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE ARROZ UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE Ca, Mg y N-P-K

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	FE
Repeticiones	3	1.036	0.345	11.50 **
Niveles E	3	6.161	2.053	68.43 **
Error "a"	9	0.277	0.030	
Niveles F	3	9.986	3.328	33.616 **
Interacción ExF	9	7.709	0.857	8.656 **
Error "b"	36	3.577	0.099	
TOTAL	63	28.746	0.456	

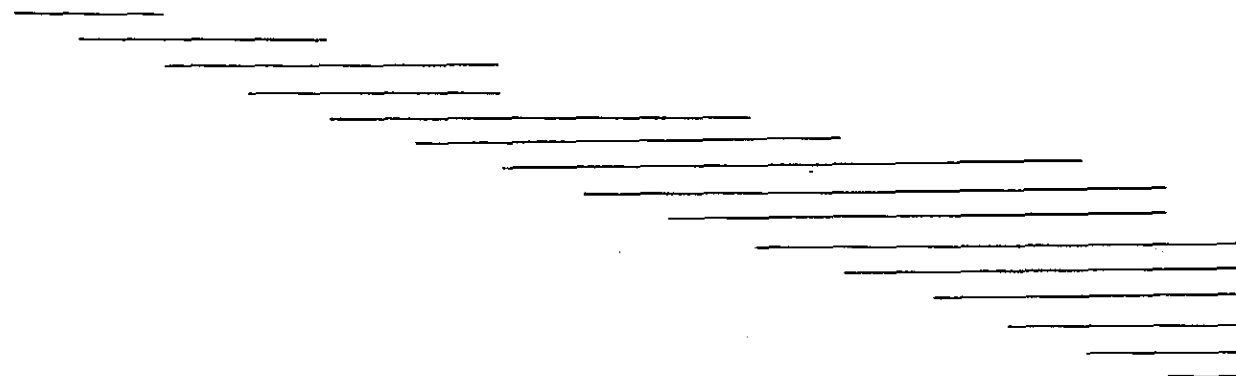
$$\text{C. V. aplicable a E} \quad 100 = \frac{0.030}{2.91} = 5.95\%$$

$$\text{C. V. aplicable a F} \quad 100 = \frac{0.099}{2.91} = 10.81\%$$

** Significativo al 1% de significancia

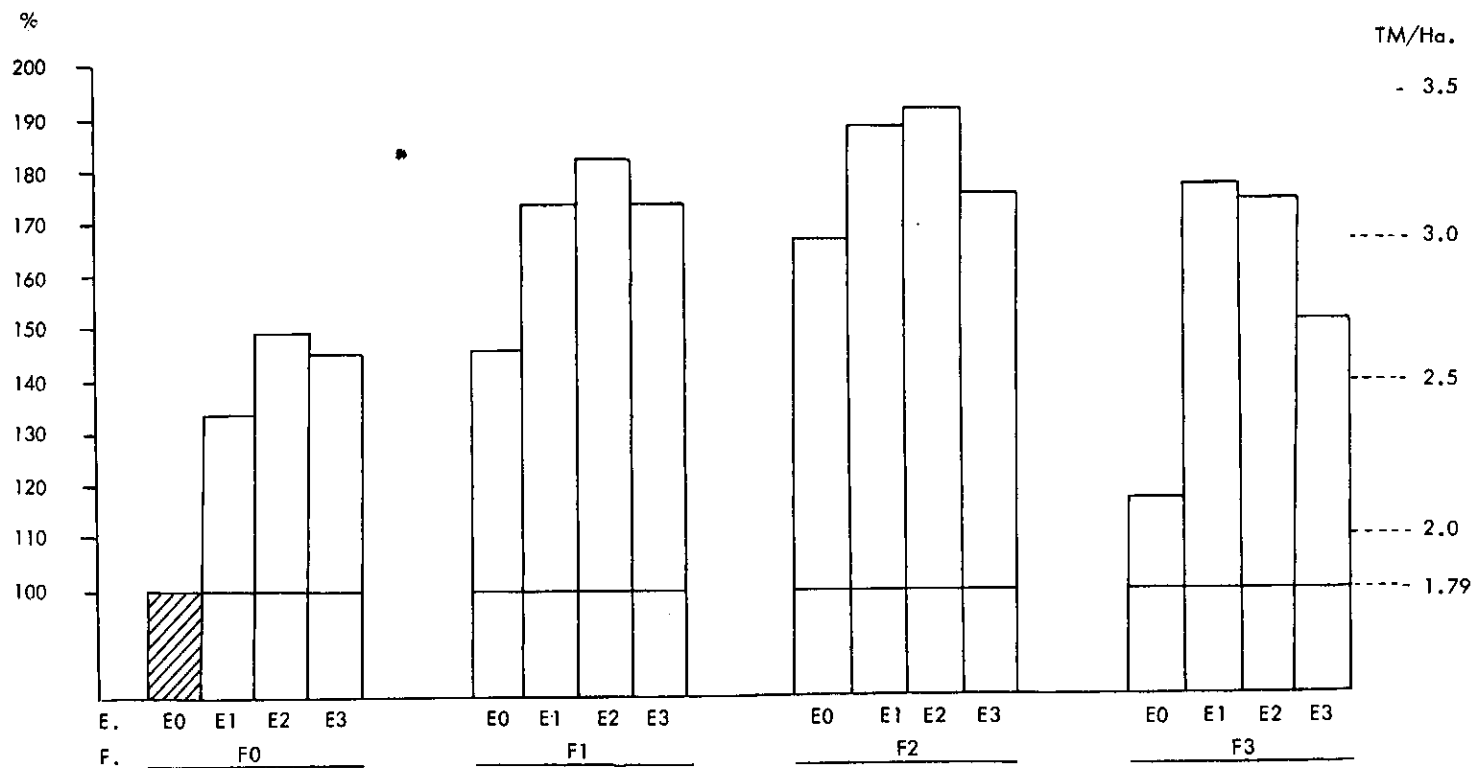
ANALISIS ESTADISTICO EN BASE A LOS RANGOS DE RENDIMIENTO POR DUNCAN. DATOS BASADOS EN TM/Ha

E2 F2 E2 F3 E3 F1, E0 F2 E2 F1 E1 F3 E1 F2 E1 F1 E3 F2 E0 F3 E0 F1 E3 F0 E2 F0 E3 F3 E1 F0 E1 F0



Gráfica No. 2.

INCREMENTO EN % DEL RENDIMIENTO EN COMPARACION CON EL TESTIGO (F-0, E-0)



Gráfica No. 3.

Por otro lado todos los tratamientos y niveles evaluados de Ca-Mg y de N-P-K mostraron diferentes rendimientos, por lo que se procedió a efectuar el análisis de regresión cuadrática con el objeto de llegar a determinar los valores máximos según los niveles de Ca, Mg y N-P-K.

Según el Cuadro No. 11 se muestra el efecto general que tiene el fertilizante a través de la enmienda y se observó un incremento medio de 0.88 TM/Ha y el efecto general que tienen el Ca y Mg a través del fertilizante se observó un incremento medio de 0.75 TM/Ha.

	Valores de t.
$a = 1.7905$	$t_1 = 802.49^{**}$
$b_1 = 0.77$	$t_2 = 4.64^{**}$
$b_2 = 1.0644$	$t_3 = -4.64^{**}$
$b_3 = 0.1669$	$t_4 = -3.35^{**}$
$b_4 = 0.2300$	$t_5 = 2.76^{**}$
$b_5 = 0.1101$	$R^2 = 0.54^*$

CUADRO No. 11

CUADRO DE RENDIMIENTOS CALCULADOS POR REGRESION CUADRATICA DE LOS DIFERENTES NIVELES DE ENMIENDAS DE Ca y Mg Y DE FERTILIZANTE N-P-K EXPRESADO TM/Ha.

	E 0	E 1	E 2	E 3	$\bar{X}^a$
F 0	1.79	2.40	2.67	2.61	2.37
F 1	2.62	3.12	3.28	3.11	3.03
F 2	3.00	3.39	3.44	3.16	3.25
F 3	2.11	3.19	3.13	2.74	2.99
$\bar{X}^b$	2.38	3.03	3.13	2.91	

a. Efecto del Fertilizante a través de la Enmienda.

b. Efecto de la Enmienda a través del Fertilizante.

CUADRO No. 12

ANDEVA DE REGRESION MULTIPLE

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	F
Regresión	5	15.96	3.11	13.695**
Desviación de Regresión	58	13.18	0.227	
TOTAL	63			

** Significancia al 1%

Ecuación de Regresión de la Estimación del Rendimiento:

$$\hat{Y} = a + b_1 (E) + b_2 (F) + b_3 (E)^2 + b_4 (F)^2 + b_5 (E)(F)$$

Debido a que las variables estudiadas (niveles de Enmienda Ca, Mg y niveles de Fertilizante de N-P-K) inciden en el rendimiento y muestran alta significancia al 1% según Cuadros No. 10 y No. 12, se determina que los coeficientes (valores de "t") de las variables estudiadas son altamente significativas y que éstas están aportando suficiente información para no poder eliminar una de ellas. Además, el coeficiente de determinación (0.54) o bondad de ajuste es aceptable puesto que explica un 54% de variación de rendimiento debido a las dos variables estudiadas; por otra parte, indica que existen también otras variables que no se han tomado en cuenta por lo que se recomienda realizar o repetir este experimento en áreas mayores para eliminar los factores que están influyendo en el suelo.

El parámetro "a" (1.7905) es la ordenada en el origen y nos explica, en este caso, el rendimiento del tratamiento en que no se aplica cualquiera de las dos variables (E, F).

En el Cuadro No. 11 "a" es bastante cercano al valor de la media del testigo obtenida en el campo, (Cuadro No. 9), lo que nos dice que no hay mucha desviación.

El "Estimado del Rendimiento ($\hat{Y}$)", está expresado por la ecuación:

$$\hat{Y} = 1.7905 + 0.77(E) + 1.0644(F) - 0.1669(E)^2 - 0.2300(F)^2 - 0.1101(E)(F)$$

Los máximos valores de los niveles de Enmienda de Ca, Mg

y niveles de N-P-K, según la primera derivada de la ecuación de la Regresión Múltiple corresponde a:

Niveles de Enmienda de Ca, Mg: $\delta y / \delta E = 1.6871$

Niveles de Fertilizante de N-P-K : $\delta y / \delta F = 1.9101$

que expresados en Kg/Ha corresponde a:

ENMIENDAS Ca 506.13 Kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /Ha.

ENMIENDAS Mg 337.42 Kg MgSO_4 /Ha.

} E

NIVELES DE FERTILIZANTE

N-P-K (12-24-12) 124.16 Kg/Ha.

} F

Esto nos demuestra que en tales condiciones los valores máximos a aplicar en el suelo para este caso corresponde a la recomendación dada por el Laboratorio de Suelos del ICTA, según Cuadro No. 6, el cual se acerca bastante a los valores obtenidos a través de la ecuación de Regresión Múltiple.

Nitrógeno:

El nitrógeno es necesario en todos los suelos, particularmente en lugares donde se cultivan variedades que responden al nitrógeno. Las plantas de arroz han de tener tanto nitrógeno como necesiten, en la etapa temprana y mediana de formación de renuevos, para hacer que aumenten al máximo el número de panojas.

La respuesta del nitrógeno a la planta de arroz está influenciado por la intensidad de luz. La interacción entre estas dos variables estriba en que cuando la intensidad de la luz es baja, el nivel de consumo de nitrógeno es también bajo; con una intensidad lumínica reducida disminuye la acumulación de almidón, se retrasa el desarrollo de las raíces, se hace más lenta la absorción de nitrógeno y el bajo índice fotosintético provoca un desequilibrio entre los carbohidratos y el nitrógeno, dando como resultado el que las plantas crezcan altas, produzcan menos renuevos, raíces débiles y disminuyan la proporción del peso de los granos al peso de la planta (7).

Las aplicaciones de nitrógeno en el momento de desarrollo máximo de los renuevos y el comienzo de la formación de las panojas se obtuvo el máximo rendimiento (4,571 TM/Ha) al aplicar 60 Kg/Ha de nitrógeno, habiéndose encontrado diferencias significativas contra el testigo carente de nitrógeno (7). En este experimento la 2a. y 3a. aplicación fue de 64 KgN/Ha del fertilizante de la fórmula 46-0-0, llegando a obtener un rendimiento máximo de 3.99 TM/Ha, el cual muestra alta significancia contra el testigo carente de nitrógeno, tal como se muestra en el Cuadro No. 9 y Gráfica No. 3.

Fósforo:

Las aplicaciones de fósforo en el arroz hacen aumentar la altura de la planta y el número de renuevos, apresura la madurez del grano y disminuye el número de granos vacíos.

Además este elemento tiene como función principal transportar y donar energía para la gran mayoría de los procesos metabólicos en la planta, aportando así la energía necesaria para la síntesis de proteína. En este estudio la aplicación de 31 Kgr/Ha de P_2O_5 mostró el rendimiento más alto contra el testigo, el cual es altamente significativo según la Gráfica No. 3.

Potasio:

En general, las respuestas del arroz a las adiciones de K no son tan notables como los que ofrece a las adiciones de nitrógeno y fósforo. Se considera que los suelos de los arrozales contienen suficiente K para satisfacer las necesidades de los cultivos, como resultado de la presencia de K en las aguas de riego y el alto contenido de K_2O de los suelos de textura fina en los que se cultiva casi siempre el arroz.

El efecto del encalado en el desarrollo de las plantas muchas veces es múltiple a través de su influencia sobre diferentes características de los suelos. El efecto unilateral del encalado es que: aún cuando en pequeña escala, mejora las condiciones de aireación y movimiento de agua; disminuye la toxicidad de Al, Mn y Fe; regula la disponibilidad de P y Mo; aumenta la disponibilidad de Ca y Mg, y; aumenta el porcentaje de saturación de bases (6).

En el presente estudio se encontró que los niveles de En-

mienda (Ca-Mg) provocaron un gran aumento en la producción - de la planta de arroz según Cuadros No. 9 y No. 11 y las Gráficas No. 2, No. 3 y No. 4, ya que el rendimiento en grano presenta alta significancia en comparación con el tratamiento testigo.

Las dosis excesivas de cal provoca una disminución de las cosechas, debido al posible desbalance catiónico entre Ca, Mg y K o por deficiencia de algún otro elemento nutritivo. También se desprende que el encalado de los suelos ácidos tropicales debe ser objeto de estudio detallado en cada caso, para no provocar trastornos en su productividad y para no reducir la cosecha de cada cultivo en específico.

El nitrógeno, el fósforo y potasio (niveles de fertilizante) causaron aumento en el rendimiento del grano de arroz, a través de la aplicación de los diferentes niveles de Enmienda de Ca, Mg y S. En el Cuadro No. 9 el nivel de fertilización 2 mostró un rendimiento de 3.391 TM/Ha de grano en comparación con el testigo, el cual reporta un rendimiento de 1.935 TM/Ha (ver Gráficas No. 3 y No. 5).

Sin embargo, con la adición del nivel dos de Enmienda (Ca, Mg y S), y el nivel dos de Fertilizante (N-P-K) mostró un incremento de rendimiento hasta 3.991 TM/Ha de grano (Gráficas No. 3, No. 4 y No. 7), el cual es consistentemente mayor al tratamiento testigo.

Las variaciones de rendimiento en el nivel 3 de Enmienda (Ca-Mg) y, nivel de Fertilizante 3 (N-P-K) se muestran en el Cuadro No. 11 y Gráficas No. 3, No. 7 y No. 8, el cual se ve afectado por el incremento de N-P-K y principalmente el alto nivel de aplicación de Nitrógeno de la fórmula 46-0-0, el

cual propicia a la planta a tener un crecimiento vigoroso, presentando plantas altas y débiles, al mismo tiempo se crea un desbalance entre los otros elementos, dando como resultado granos vanos y granos de poco peso.

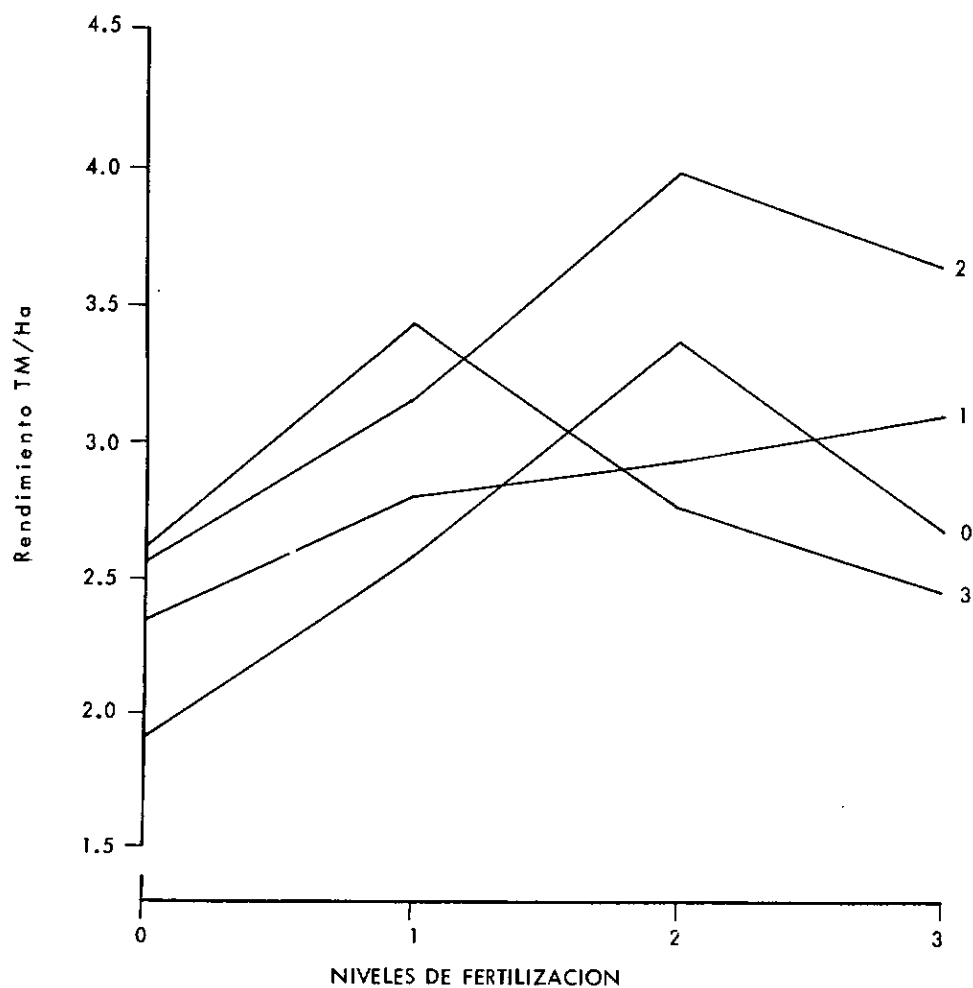
En las Gráficas No. 5 y No. 7 se da una tendencia cuadrática y se cumple la ley de rendimientos decrecientes, dándose un mayor incremento de producción al nivel 2.

En el Cuadro No. 9 la aplicación de 300 Kgr de $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Ha}$ y 200 Kgr de MgSO_4/Ha mostró un rendimiento hasta 2.36 TM/Ha y al aumentar el nivel a 600 Kgr de $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Ha}$ y 400 Kgr de MgSO_4/Ha mostró un rendimiento hasta de 2.567 TM/Ha.

En la Gráfica No. 6 muestra que la máxima utilización y aprovechamiento de estos 2 elementos (Ca, Mg) para la planta se encuentran entre el nivel-1 y nivel-2, siendo el punto de equilibrio a través de la Ecuación de Regresión de 506.13 Kgr de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 337.42 Kgr de MgSO_4/Ha , el cual es bastante cercano a la recomendación dada por el Laboratorio de Suelos del ICTA. Con la adición del nivel 2 del fertilizante N-P-K mostró un aumento en el rendimiento de hasta 3.99 TM/Ha según los Cuadros No. 9 y No. 11, lo cual es altamente significativo al tratamiento testigo.

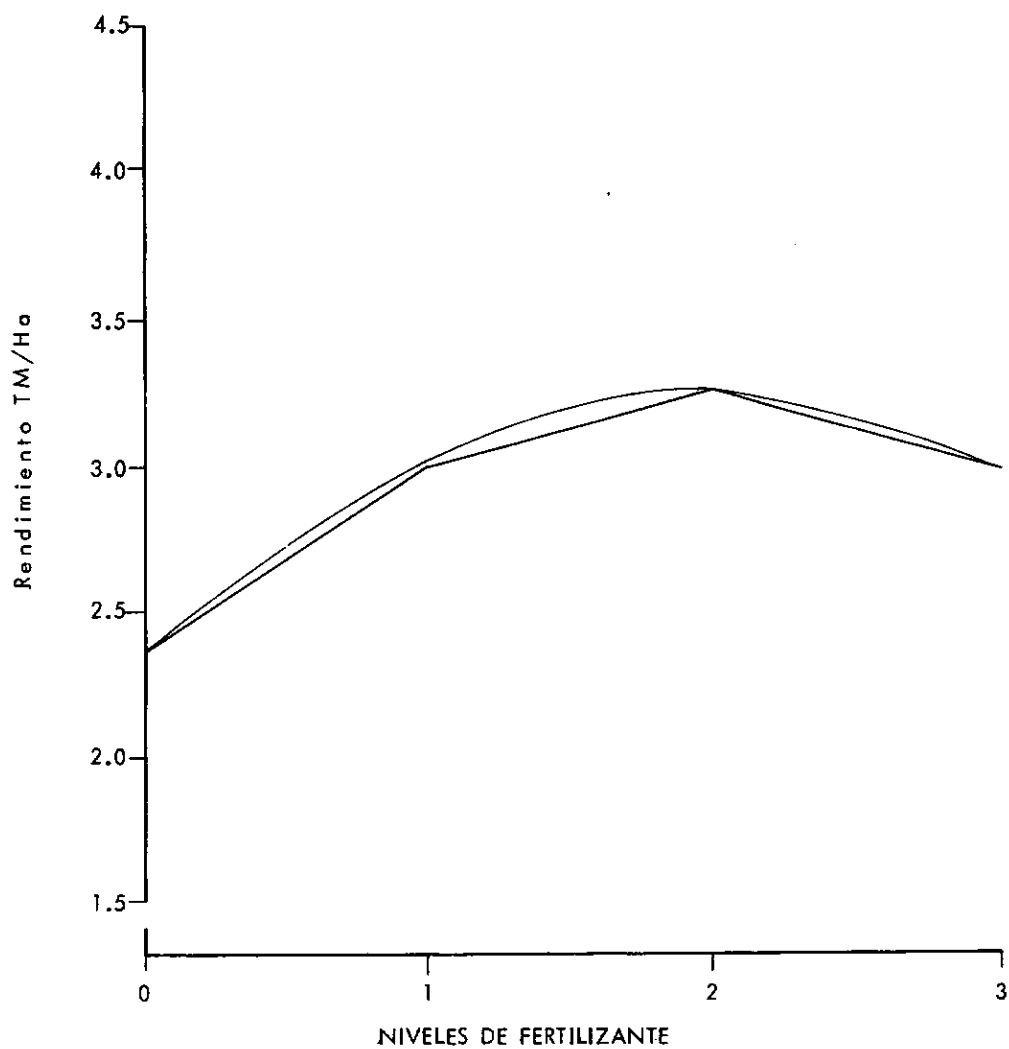
En la Gráfica No. 8 la respuesta a los distintos niveles de Enmienda de Ca, Mg y niveles de N-P-K, el efecto es debido a que estos elementos suplieron las necesidades de la planta y principalmente la época de aplicación, el cual coincide con la máxima utilización de los diferentes elementos.

EFFECTO DEL FERTILIZANTE CON DISTINTOS NIVELES DE Ca-Mg EN EL
RENDIMIENTO DE ARROZ LEE BONNET



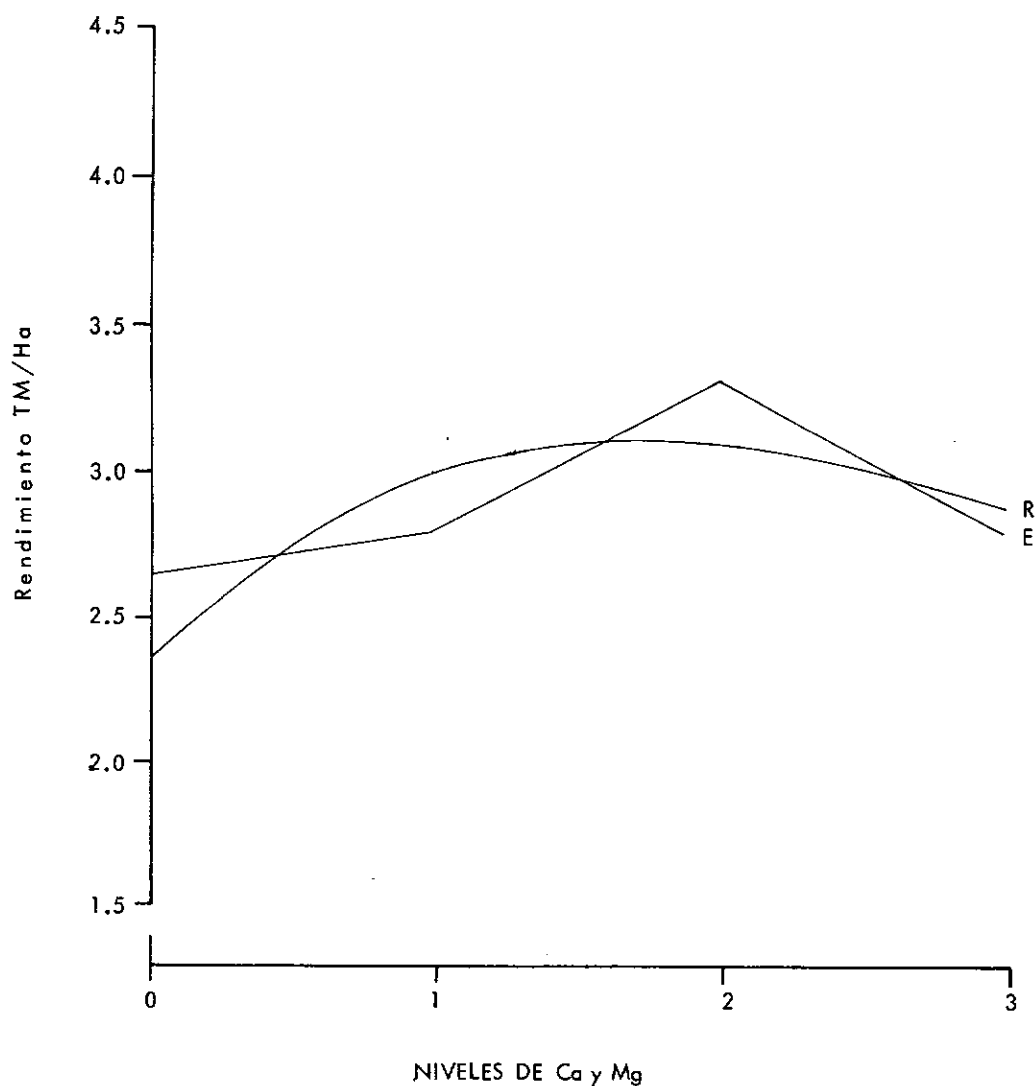
Gráfica No. 4.

INCREMENTO DE RENDIMIENTO COMO CONSECUENCIA
DE LOS NIVELES DE FERTILIZANTE



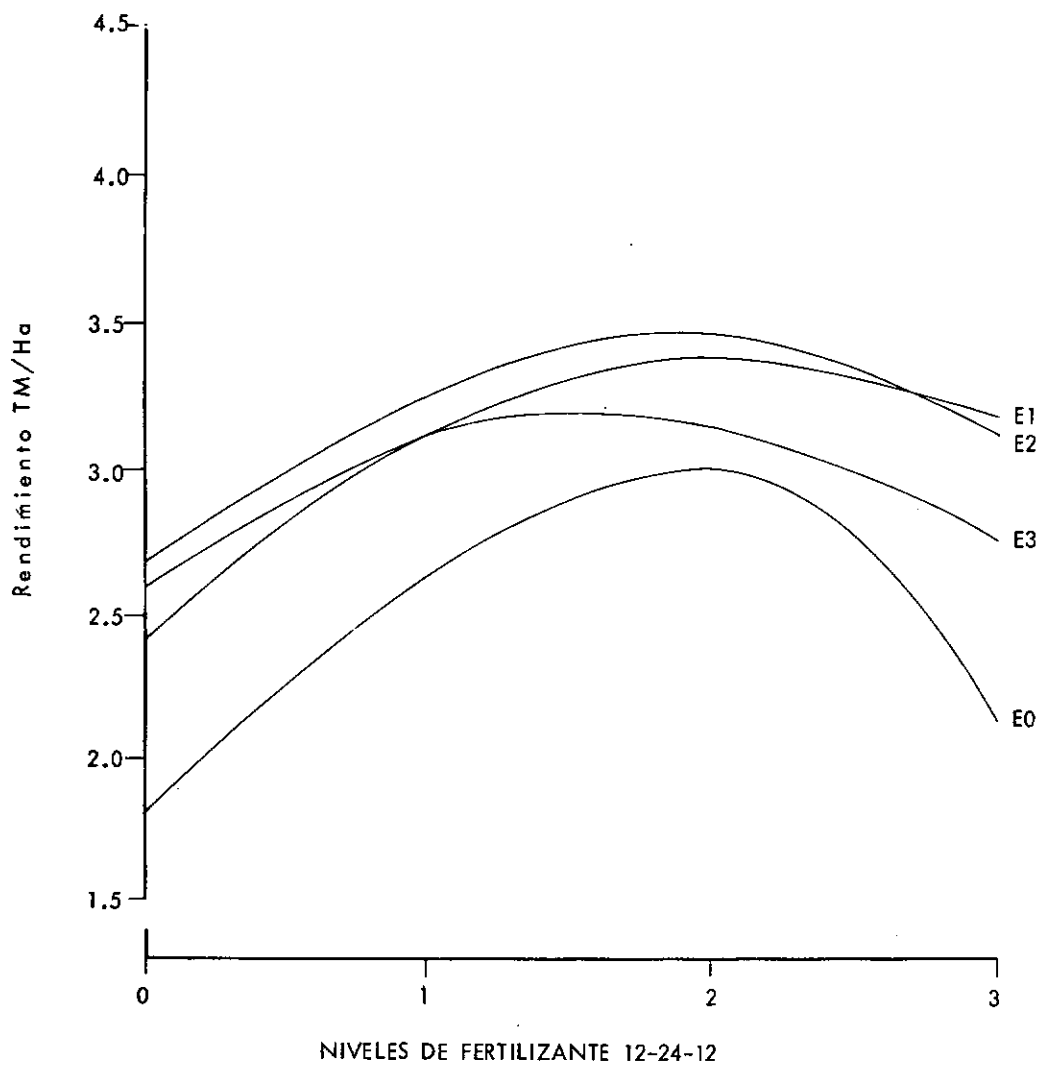
Gráfica No. 5.

INCREMENTO DE RENDIMIENTO COMO CONSECUENCIA
DE LOS NIVELES Ca y Mg



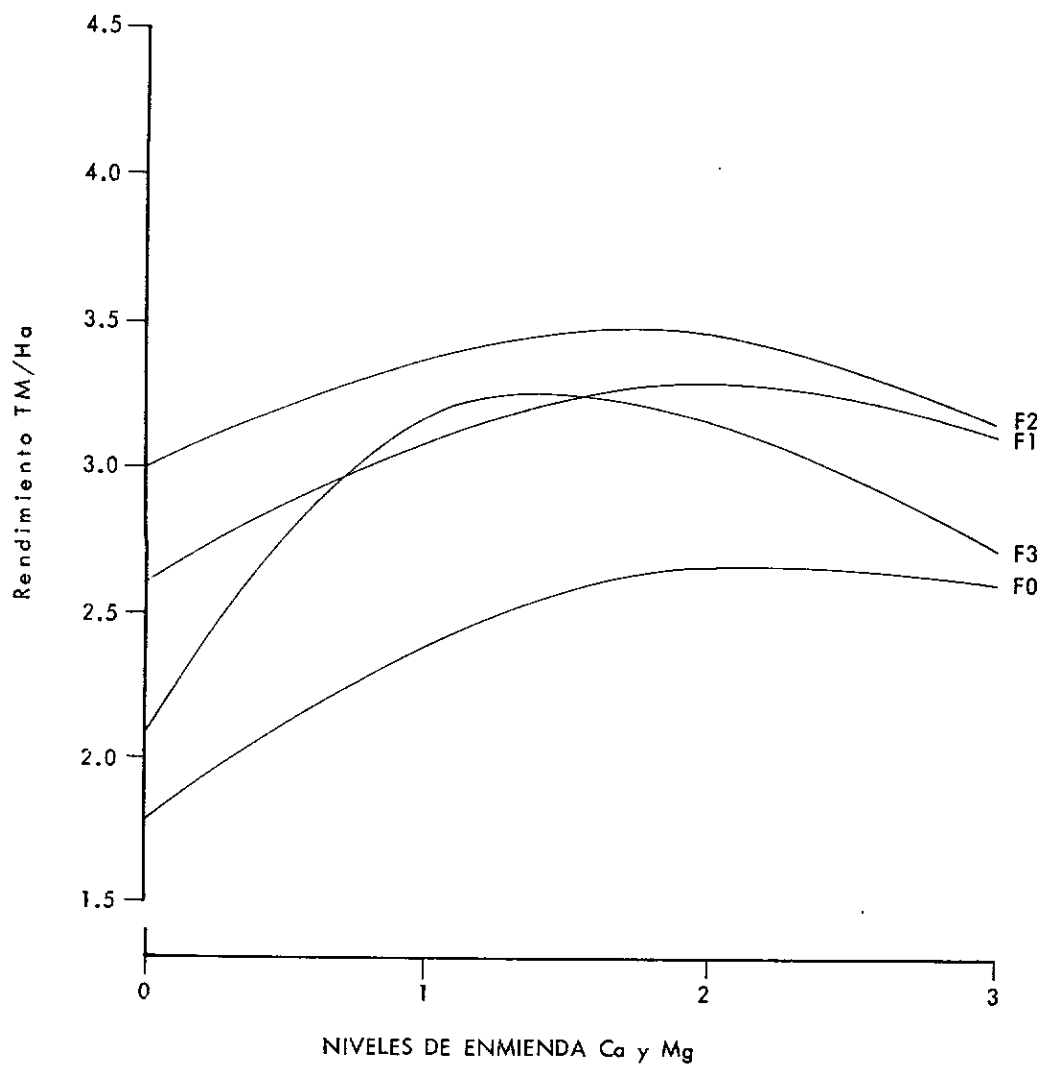
Gráfica No. 6.

RENDIMIENTOS ESTIMADOS POR LA ECUACION DE REGRESION
A TRAVES DE LOS NIVELES DE ENMIENDA DE Ca y Mg RECOMENDADOS



Gráfica No. 7

RENDIMIENTOS ESTIMADOS POR LA ECUACION DE REGRESION
A TRAVES DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION RECOMENDADOS



Gráfica No. 8.

6. CONCLUSIONES

1. Las aplicaciones de N-P-K Ca-Mg y S tienen efecto significativo en comparación con el tratamiento testigo.
2. Las aplicaciones de 600 Kgr/Ha de Hidróxido de Calcio - Ca(OH)_2 , 400 Kgr/Ha de Sulfato de Magnesio MgSO_4 y - 130 Kgr/Ha del fertilizantes 12-24-12 mostraron los mayores rendimientos según los Cuadros No. 8, No. 9 y No. 11.
3. Entre los tratamientos evaluados se observó un incremento de rendimiento del 92% con respecto al tratamiento testigo, según el Cuadro No. 9 y la Gráfica No. 3.
4. La aplicación de Nitrógeno con 64 Kgr/Ha del fertilizante 46-0-0 mostró el máximo rendimiento en grano según el tratamiento No. 8.
5. Estadísticamente el rendimiento mayor se obtuvo en el tratamiento No. 8, según recomendación dada por el Laboratorio de Suelos del ICTA.
6. El efecto del elemento Azufre está confundida con el efecto del elemento Magnesio debido a que se utilizó Sulfato de Magnesio (sal Epsom o sal Inglesa) de grado industrial.

7. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar más investigaciones acerca de las Enmiendas de Ca y Mg como fuente de fertilizante para cada zona y para las diferentes variedades de arroz, principalmente - las que reportan el mayor rendimiento.
2. Realizar una investigación sobre los efectos residuales que tiene la Enmienda de Ca y Mg en el suelo para el siguiente año.
3. Para otros ensayos de esta índole es necesario la investigación de otros materiales como fuente de fertilizante, al mismo tiempo la época de aplicación para tener la máxima absorción por parte de la planta y así su máximo aprovechamiento para un mayor rendimiento.
4. Se recomienda estudiar el uso de la urea, tomando en cuenta las características tales como: Variedad de arroz, densidad de población, nivel de fertilización y época de aplicación en las diferentes etapas vegetativas de la planta.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANGLADETE, ANDRE. El arroz, técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, Blume, 1969. 867 p.
2. BANCO DE GUATEMALA. Informe de producción exportación importación y precios de los principales productos agropecuarios. Guatemala, 1979. 16 p.
3. _____. Informe económico. Año 19, Enero - Marzo, 1972. 90 p.
4. BLACK, C.A. Relaciones suelo-planta. Buenos-Aires, Hemisferio Sur, 1975. v. 1. 866 p.
5. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA. Políticas arroceras en América Latina. Cali-Colombia, octubre 10-14-71. 120 p.
6. FASSBENDER, HANS W. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, C.R., 1975. 398 p.
7. FILIPINAS UNIVERSIDAD. ESCUELA DE AGRICULTURA. Cultivo del arroz, manual de producción. México, - Lumin, 1975. 426 p.
8. HOLDRIGE, L. R. Mapa de zonificación ecológica en Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.

9. MILLARD, C.E., TURK, L.M. y FOTH, H. D. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, Compañía Editorial Continental, 1961. 612 p.
10. PERDOMO, RODOLFO y HAMPTON, H.E. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Centro de Producción de Materiales de la Universidad de San Carlos, 1970. 366 p.
11. SIMMONS, S. C., TARANO, J.M. y PINTO, J.H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública / Ministerio de Agricultura, - 1959. 1,000 p.
12. TOPOLANSKI, EUGENIO. El arroz, su cultivo y producción. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. 304 p.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____

Asunto _____

IMPRIMASE:


Dr. Antonio A. Sandoval S.
D E C A N O

