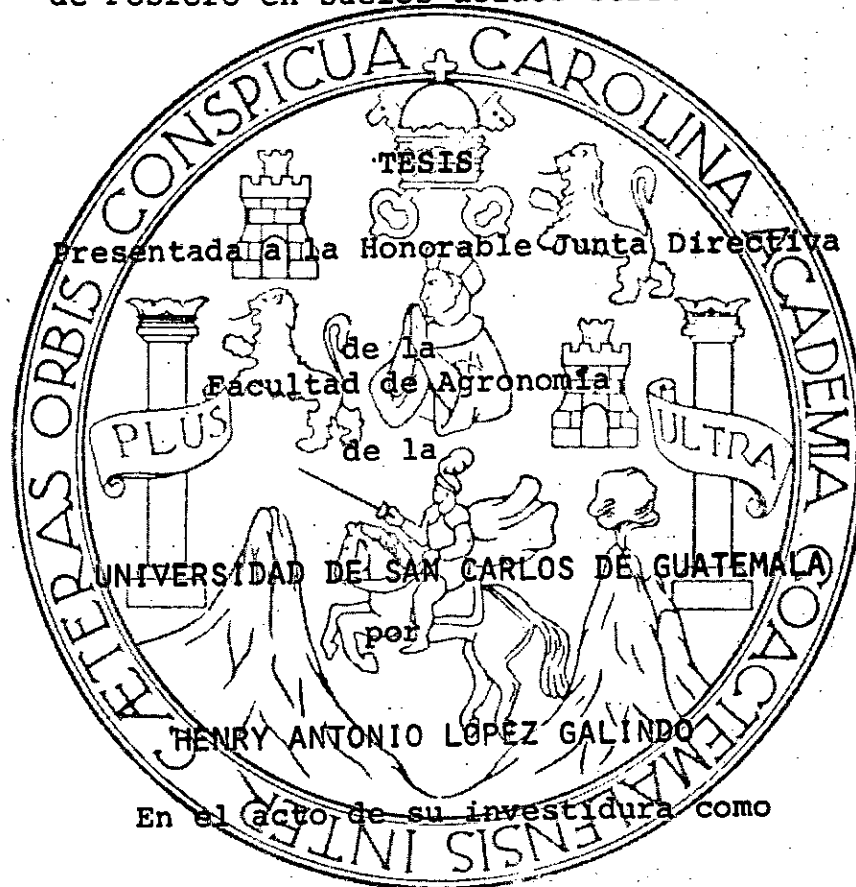


D.L  
01  
T(540)  
c.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Respuesta del Arroz (*Oryza Sativa* L.) a la aplicación de 4 niveles de Calcio y 3 dosis de Fósforo en suelos ácidos serie Cristina.



INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Guatemala, Mayo de 1984

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO: Ing. Agr. César A. Castañeda S.  
VOCAL 1o. Ing. Agr. Oscar R. Leiva Ruano  
VOCAL 2o. Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.  
VOCAL 3o. Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
VOCAL 4o. Prof. Heber Arana  
VOCAL 5o. Prof. Leonel Arturo Gómez  
SECRETARIO: Rodolfo Albizúrez Palma

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Dr. Antonio A. Sandoval S.  
EXAMINADOR: Ing. Agr. Luis Reyes  
EXAMINADOR: Ing. Agr. Víctor R. Aragón C.  
EXAMINADOR: Ing. Agr. Heber Rodríguez  
SECRETARIO: Ing. Agr. Carlos R. Fernández P.

Guatemala, Mayo de 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

"RESPUESTA DEL ARROZ (*Oryza Sativa* L.) A LA APLICACION DE 4 NIVELES DE CALCIO Y 3 DOSIS DE FOSFORO EN SUELOS ACIDOS SERIF CRISTINA"

como requisito previo a optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el presente trabajo sea merecedor de vuestra aceptación, me suscribo

Respetuosamente,



Henry Antonio López Galindo.

SECTOR PUBLICO AGROPECUARIO Y DE ALIMENTACION  
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

AVENIDA REFORMA 8-60, ZONA 9, EDIFICIO "GALERIAS REFORMA"

3er. NIVEL - TELS.: 317464 - 318371 - 318809 - 318819

GUATEMALA, C. A.

7 de mayo de 1984

Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Dr. César Castañeda  
Ciudad Universitaria  
Guatemala

Señor Decano:

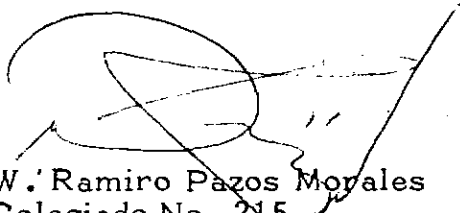
En cumplimiento de la honrosa designación que me hiciera el Decanato, me complace hacer de su conocimiento que he concluido el asesoramiento del estudiante HENRY ANTONIO LOPEZ GALINDO, en el desarrollo de su trabajo de tesis titulado:

RESPUESTA DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) A LA APLICACION DE CUATRO NIVELES DE CALCIO Y TRES DOSIS DE FOSFORO EN SUELOS ACIDOS SERIE CRISTINA.

Al someter a consideración del señor Decano el trabajo de referencia, me permito opinar que el mismo satisface los principios técnicos que establece para el efecto la Universidad de San Carlos de Guatemala. Deseo manifestarle que las conclusiones derivadas de la investigación constituyen una solución acertada a uno de los problemas del suelo en una extensa área dedicada a la producción de arroz en la región de Izabal y otras con características similares.

Sin otro particular, expreso al señor Decano las muestras de mi distinguida consideración y aprecio.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



W. Ramiro Pazos Morales  
Colegiado No. 215  
Asesor

WRPM/rrg



## FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

8 de mayo de 1984

Señor  
 Ing. Agr. M.S.C.  
 César A. Castañeda S.  
 Decano Facultad de Agronomía  
 Presente.

Señor Decano:

En atención al nombramiento efectuado por esa Decanatura me permito informar a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis,

"RESPUESTA DEL ARROZ (Oryza Sativa) A LA APLICACION DE CUATRO NIVELES DE CALCIO Y TRES DOSIS DE FOSFORO EN SUELOS ACIDOS SERIE CRISTINA".

Efectuada por el estudiante HENRY ANTONIO LOPEZ GALINDO.

La investigación que se presenta, es un valioso aporte para la aplicación de las regiones húmedas y calidas, con problema de acidez de nuestro país.

Por lo anteriormente expuesto considero que esta investigación reúne todos los requisitos que exige una tesis Universitaria y en consecuencia recomiendo, que la misma sea aprobada para optar el título de Ingeniero Agronomo.

Sin otro particular de usted,

Atentamente,

Ing. Agr. Victor R. Aragón Castillo  
 Profesor de Suelos Fac. de Agronomía  
 Colegiado No. 155.

ASESOR.

VRA/nder

TESIS QUE DEDICO

A

DIOS

A

Mi Patria Guatemala

A

Los Agricultores de Guatemala

A

La Facultad de Agronomía

A

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

A

Mis Asesores:

WALTER RAMIRO PAZOS M.

Y

VICTOR ROLANDO ARAGON

ACTO QUE DEDICO

A mis padres:

Manuel Antonio López de León  
Gloria Mirthala Galindo Miranda

A mis hermanos:

Edvin Haroldo  
Mynor Alfredo  
Miriam Audeth  
Ingríd Mirthala  
Byron Guillermo  
Lourdes Fabiola

A mis abuelos:

Gonzalo Galindo  
Domy M. de Galindo  
Moisés López  
Aurora de León de López (Q.E.P.D.)

A mis tíos y primos:

A mis compañeros en el EPSA

A mis amigos:

Especialmente a:

Efraín Adrián Mendoza Cruz  
Javier Vadillo Portabella  
José Luis Reyes Castillo  
Tomás Orlando Godínez  
Carlos Barrios Laparra.

## RECONOCIMIENTOS

Al

Esfuerzo hecho por mis padres, durante mi vida estudiantil, en especial a mi madre, a quien debo este triunfo.

A

Los Ingenieros Agrónomos VICTOR ROLANDO ARAGON y WALTER RAMIRO PAZOS, por sus valiosos y acertados consejos y sugerencias en la elaboración de esta Tesis.

Al

Ingeniero Agrónomo CARLOS ALBUREZ por su incomparable ayuda en toda la fase de campo, para la elaboración de la tesis.

Al

Ingeniero Agrónomo CARLOS ECHEVERRIA por todo el apoyo y amistad brindada en el desarrollo de este trabajo.

Al

Personal técnico de la Estación Experimental Cristina, en especial a ROMAN CHON, PEDRO ESPAÑA, MANUEL GUERRA y CESAR CONDE, por toda su valiosa cooperación en el trabajo de campo.

Al

Personal del Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (I.C.T.A.) por su colaboración en los análisis de suelos.

A

Todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización del presente estudio.



NOTA:

Agradezco sinceramente al Instituto de CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS (ICTA) por su valiosa - ayuda al haberme proporcionado sus instalaciones físicas, insumos y personal técnico, que - hicieron posible este estudio.

Por lo tanto, dicha institución puede disponer de los resultados aquí obtenidos, para intereses que le convengan.

## RESUMEN

Considerando que los suelos ácidos generalmente tienen problemas en la disponibilidad de nutrientes, se hizo este estudio, en el que se evaluó el efecto de las aplicaciones de cal en suelos ácidos, serie Cristina. Para lo cual se tomaron 2 fuentes de calcio: Cal Hidratada y Cal Dolomita, cada una a niveles de cero (0), 500, 1000 y 2000 Kg/Ha Ca; y en cada uno de estos niveles se hicieron combinaciones de 30, 60 y 90 Kg/Ha de fósforo.

Con estos tratamientos, en especial los niveles de 1000- a 2000 Kg/Ha Ca + 90 Kg/Ha  $P_2O_5$ , se incrementó el valor pH de 5.0 a 7.5 (promedio); las cantidades de Ca y Mg también subieron hasta sus puntos de partida; el %SB se saturó al 100%, y se aumentó la disponibilidad del fósforo, el cual, en las parcelas donde no se aplicó calcio, o se aplicó muy poco (de 0 a 500 Kg/Ha Ca), se encontraba insoluble por estar asociado con los sesquióxidos de Aluminio, Hierro o Manganeso.

Al final del ciclo de cultivo (y a un año después de aplicadas las enmiendas), el valor pH, las cantidades de Ca y Mg, la saturación de Bases y la disponibilidad del fósforo, bajaron; pero se mantuvieron aún, en valores poco superiores a los encontrados inicialmente.

Durante el ensayo pudo observarse que las parcelas sin ningún tratamiento con cal, presentaron obstáculos en el desarrollo de las plantas, lo que también se observó en las parcelas que, aunque tuvieran algún nivel de cal, recibieron la mínima dosis de fósforo (30Kg/Ha). Mientras tanto, las parcelas con tratamientos de 1000 a 2000 Kg/Ha Ca y una adición de

de 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  presentaron condiciones favorables para el desarrollo de las plantas, en las cuales se observaron las mejores características agronómicas y los máximos rendimientos del arroz.

En cuanto a las interacciones, se determinó que los niveles de cal, las dosis de fósforo, y la interacción nivel-por dosis tuvieron un efecto significativo sobre las características agronómicas de la planta y sobre el rendimiento, no así las fuentes de calcio, cuyo efecto individual y en interacción con los niveles de cal y las dosis de fósforo, - fué no significativo.

Finalmente, los mejores tratamientos resultantes de este estudio considerando el análisis económico fueron: 1000 Kg/Ha Ca, de cal dolomita + 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  y/o 1500 Kg/Ha Ca Hidratada + 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  siendo la respuesta de la planta evaluada (el arroz) el mejor parámetro mostrado, así como los niveles de nutrientes disponibles en el suelo.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION...	1
II. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION.	2
III. OBJETIVOS . . . . .	
III. 1) Objetivos Generales . . . . .	3
III. 2) Objetivos Específicos . . . . .	3
IV. REVISION DE LITERATURA.	
4.1) Factores que causan acidez . . . . .	4
4.2) Efectos nocivos de la acidez sobre el suelo. . . . .	5
4.3) Efectos nocivos de la acidez sobre las plantas . . . . .	5
4.4) Efectos de la acidez sobre la asimilación de - nutrientes, especialmente Fósforos. . . . .	6
4.5) Encalado de suelos . . . . .	7
4.5.1) Efectos del encalado. . . . .	8
4.5.2) Materiales para encalar . . . . .	10
4.5.3) Cantidades de cal a aplicar . . . . .	11
4.5.4) Métodos de aplicación . . . . .	12
4.5.5) Epocas de aplicación . . . . .	12
4.6) Trabajos anteriores sobre encalado de suelos..	13
V. METODOLOGIA	
5.1) Descripción General del Area de estudio. . . . .	16
5.1.1) Ubicación Geográfica . . . . .	16
5.1.2) Condiciones Climáticas- . . . . .	16
5.1.3) Condiciones Edáficas. . . . .	16
5.2) Muestreo del área experimental . . . . .	19
5.3) Análisis Estadístico . . . . .	21
5.4) Trabajo de Gabinete (Fase I) . . . . .	23
5.5) Trabajo de Campo . . . . .	23
5.6) Trabajo de Gabinete (Fase II). . . . .	25

VI. MATERIALES

6.1) Recursos Físicos . . . . . 25  
6.2) Recursos Humanos.. . . . 26

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

1) Respecto a la planta.. . . . 27  
1.1) Efecto sobre las características agronó-  
micas. . . . . 27  
1.2) Efecto sobre los rendimientos. . . . . 31  
2) Respecto al análisis Económico . . . . . 37  
2.1) Referente a las fuentes y niveles de Cal . 37  
2.2) Referente a las dosis de Fósforo . . . . . 42  
3) Respecto al suelo. . . . . 42  
3.1) Del efecto sobre el pH . . . . . 42  
3.2) Del efecto sobre el calcio . . . . . 51  
3.3) Del efecto sobre el Magnesio . . . . . 53  
3.4) Del efecto sobre el fósforo. . . . . 55  
3.5) Del efecto sobre el %SB . . . . . 59

VIII. CONCLUSIONES.

1) Respecto a la planta. . . . . 63  
2) Respecto al suelo . . . . . 64  
3) Integrales . . . . . 65

IX. RECOMENDACIONES. . . . . 67

X. BIBLIOGRAFIA. . . . . 69

XI. ANEXOS . . . . . 71

1) Cuadro de Evaluación del comportamiento agronó-  
mico. . . . . 72  
2) Cuadros de Resultados de Rendimiento . . . . . 77  
3) Diseño del experimento en el campo. . . . . 80  
Diseño de la parcela neta (útil) . . . . . 81  
4) Cuadros de Resultados de las características -  
fisico-químicos del suelo . . . . . 82

XII APENDICE.

A) El sistema de Evaluación Standard en Arroz..... 85

Condiciones edáficas extremas como acidez y alcalinidad son factores limitantes en el desarrollo de algunos cultivos.

En la República de Guatemala existe gran cantidad de suelos cuyo principal problema es el alto índice de acidez que manifiestan y el poco grado de fertilidad natural que poseen, dando esto como consecuencia una disminución del potencial de los cultivos que sobre ellos se establecen.

Una de las posibles estrategias a seguir para solucionar esa situación, es neutralizar la acidez de esos suelos por medio de la adición de bases intercambiables como Calcio y/o Magnesio que permitan establecer condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos.

El presente trabajo enfoca la búsqueda de alguna solución al problema planteado. Para el efecto, se colocó un ensayo experimental en un área de Izabal, en suelos denominados Serie Cristina, en el cual se aplicaron enmiendas a base de Calcio y Magnesio para neutralizar la acidez; al mismo tiempo se hicieron aplicaciones de elementos nutritivos, especialmente de fósforo, para aumentar el nivel de fertilidad de esos suelos.

El efecto de estas aplicaciones se estudió a través de la respuesta del Arroz (Oryza sativa L.) a los distintos tratamientos del ensayo.

## II.

### IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

En el departamento de Izabal, particularmente en los valles de los ríos Motagua y Polochic, se realizan actividades de investigación enfocadas al mejoramiento del cultivo del arroz. Sin embargo, muchos de los suelos localizados en los valles citados, presentan condiciones adversas que limitan en alto grado la expresión genética de los cultivos que allí se plantan.

Por otro lado, las limitaciones que presentan esos suelos ácidos, han obligado a muchos agricultores a dedicarlos a pequeñas explotaciones ganaderas. La consecuencia de esta situación es un desgaste del recurso suelo ya que está implantando el monocultivismo (pastos) y el sobrepastoreo.

Por tanto, una solución aplicable a esos suelos problema, permitirá la implantación de un sistema funcional-rotativo en el cual se involucraría la explotación ganadera, granos básicos y otros cultivos.



### III.

### OBJETIVOS

#### III.1) Objetivos Generales

- III.1.1) Integrar y tomar en cuenta en este estudio algunos de los resultados obtenidos en experimentos de laboratorio y de invernadero en los cuales también se efectuaron enmiendas químicas para neutralizar la acidez.
- III.1.2) Estudiar el efecto que producen las aplicaciones de enmiendas químicas en suelos ácidos, sobre la disponibilidad de elementos nutritivos.
- III.1.3) Determinar los niveles óptimo-económicos de las enmiendas químicas aplicadas a suelos ácidos.

#### III.2) Objetivos Específicos:

- III.2.1) Evaluar la respuesta del arroz a 4 niveles de Calcio y 3 dosis de Fósforo, en condiciones de los suelos serie Cristina.
- III.2.2) Comparar los efectos que se derivan al utilizar cal hidratada o cal dolomita, como -- fuentes de calcio sobre las plantas.

## REVISION DE LITERATURA

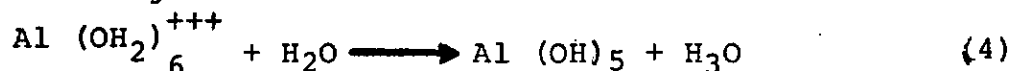
La reacción pH del suelo con sus distintos valores, es el factor individual que incide más directamente sobre la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos para las plantas, como el fósforo, el potasio y el calcio; por otro lado la solubilidad de algunos elementos que son tóxicos en el crecimiento de las plantas, por ejemplo el aluminio, el hierro y el manganeso, queda establecida a valores pH debajo de 5.0 y casi siempre en cantidades suficientes para ser tóxicos al desarrollo de algunas plantas (9)

### 4.1) Factores que causan acidez:

La distribución de la precipitación hace variar el pH en las diferentes estaciones del año, aumentando el índice de acidez en la época de sequía (2-11-15)

Por otro lado, algunos cultivos exigen grandes cantidades de fertilizantes, algunos de los cuales son acidificantes como los sulfatos, cloruros, nitratos y fosfatos de Amonio (2-15)

También los grupos ácidos de los minerales arcillosos son fuentes de acidez, principalmente por los iones de aluminio cambiables cuyo carácter ácido se debe a la forma hidratada en que se encuentran y por lo tanto libera protones, como se aprecia en la siguiente ecuación:



Además, se agregan los grupos ácidos de la materia orgánica, especialmente los radicales activos fenólicos y carboxílicos, como factores causantes de acidez en los suelos (2-4)

#### 4.2) Efectos nocivos de la acidez sobre el suelo:

##### 4.2.1) Sobre el factor Químico:

Reduce la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos como N,P,K,Ca y Mg; aumentando la concentración y disponibilidad de otros como Al, Fe y Mn que son fitotóxicos. Además, hay formación de Fosfatos de Al y Fe que son insolubles y no disponibles para la nutrición de las plantas, perdiéndose el aprovechamiento del fósforo (2,10)

##### 4.2.2) Sobre el factor Físico:

El coloide del suelo se coagula debido a las fuertes acideces producidas por sexquióxidos de Aluminio y de Hierro. En pH ácidos existe mucho aluminio y hierro que debido a la aireación forman --  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O$  siendo su acción tan fuerte que que ma las raíces de las plantas (2,11)

##### 4.2.3) Sobre el factor Biótico:

a) Afecta el desarrollo y funcionamiento de bacterias benéficas de los géneros Rhizobium, Clostridium y Azotobacter, que realizan la nitrificación en ámbitos pH de 6.0 a 8.0

b) Reduce la elección de plantas de cultivo; se acepta un pH de 6.5 como la región óptima para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Valores mayores o menores son limitantes para el cultivo de muchas plantas útiles (2,10)

#### 4.3) Efectos nocivos de la acidez sobre las plantas:

##### 4.3.1) Directos:

a) existen efectos tóxicos de los iones  $H^+$  sobre los tejidos de la raíz.

b) Influye sobre la permeabilidad de las membranas de la planta.

c) Hay perturbaciones en el equilibrio entre los --  
constituyentes básicos y ácidos a través de las  
raíces.

4.3.2) Indirectos:

- a) Indispone diversos nutrimentos
- b) Solubiliza los elementos tóxicos (Al, Fe, Mn)
- c) Desfavorece la actividad de microorganismos (3)

4.4) Efecto de la Acidez sobre la asimilación de nutrientes,  
especialmente de Fósforo:

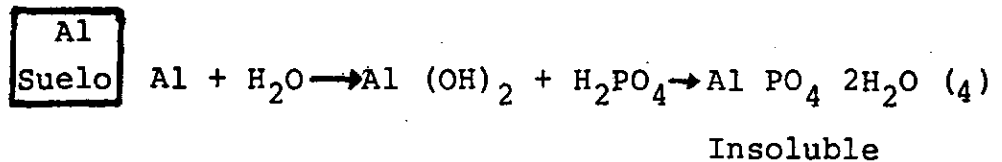
Las propiedades químicas demuestran que el pH afecta de modo notable la asimilación de nutrientes, especialmente de fósforo, siendo su disponibilidad baja cuando el suelo es moderada o altamente ácida (15). Cuando el suelo manifiesta acidez, la solubilidad del P se ha reducido tanto que puede ser precipitado por elementos como el hierro y el aluminio que se encuentran en solución debido al mismo bajo valor del pH (13). El aprovechamiento del fósforo depende grandemente del pH prevaleciente en el suelo; el ácido fosfórico dentro de los límites de intensa acidez, es precipitado en forma de fosfatos de Hierro y Aluminio (11)

4.4.1) Fertilización fosforada y fijación del fósforo:

Cuando se fertiliza, una parte de ese fertilizante reacciona con los elementos constituyentes de los minerales arcillosos, tales como el  $Al^{+++}$ , volviéndose inasimilables (10)

El fósforo en forma de fertilizante produce  $P_2O_5$  -- que reacciona con el agua formando  $H_2PO_4$  (ácido fosfórico), el cual reacciona a la vez con el  $Al^{+++}$  -

produciendo fosfatos de aluminio que son NO ASIMILABLES.



Es decir que los fosfatos solubles del agua que contienen los fertilizantes fosfatados, reaccionan con el suelo, dando lugar a la formación de nuevos fosfatos que son menos solubles y menos asimilables. Este fenómeno se conoce como "Fijación del Fósforo" (1)

Quando se aplican fertilizantes fosforados a un suelo ácido, se forman entre otros compuestos el  $FePO_4$  y el  $AlPO_4$ . Estos compuestos como tales no son tóxicos a las plantas, sino mas bien son moléculas grandes que no penetran a las raíces (2)

#### 4.5) Encalado de Suelos:

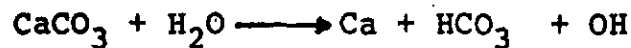
Desde tiempos antiguos, Collumela, J.V. Liebigth y algunos otros pensaron que la forma más adecuada para neutralizar la acidez del suelo era por medio de una práctica de Encalado lo cual en tiempos actuales, puede definirse de esta manera:

"El encalado es una práctica agrícola en la cual se emplean enmiendas a base de calcio y magnesio, para corregir la acidez de los suelos, reducir los efectos dañinos provocados por el pH ácido, corregir las deficiencias de calcio y magnesio y mejorar las condiciones físicas del suelo" (2)

El mecanismo funcional de la neutralización de la acidez por medio del encalado es como sigue, en el caso hipotético de que la acidez se deba a la presencia de aluminio:

Cuando se hidroliza el aluminio intercambiable, se forma  $Al(OH)^{+++}$  e  $H^+$ , aumentando el pH de la solución del suelo; esta hidrólisis continúa con la formación de  $Al(OH)_2$

Luego, con la adición de  $CaCO_3$  se producen estas reacciones:



Por lo que al añadir cal a un suelo ácido, el  $H^+$  resultante de la hidrólisis del aluminio, reacciona con el  $OH^-$ , formando agua.



#### 4.5.1) Efectos del Encalado:

##### 4.5.1.1) En cantidades adecuadas:

###### a) sobre el factor físico:

- ) Favorece la formación de partículas del suelo estructurándolo mejor
- ) Favorece las condiciones de aireación y movimiento de agua (2)

###### b) Sobre el factor Biológico:

- ) Favorece la actividad microbiana, especialmente la responsable de la nitrificación y la humificación.
- ) Ayuda a mineralizar la materia orgánica.
- ) Ayuda a corregir la relación: C:N  
(2,8,12)

c) Sobre el factor Químico:

- ) Corrige el pH; pero a veces aunque se encale no se modifica el pH, lo cual puede deberse al efecto buffel.
- ) Favorece la disminución de la toxicidad de Al, Fe, Mn y  $H_3O$ , ya que los fosfatos de esos elementos se convierten en fosfatos monocalcicos, absorbibles por la planta.
- ) Regula la absorción de elementos nutritivos como el P, Mo, Ca y Mg, pero principalmente fósforo ya que su disponibilidad se incrementa al encalar suelos con cantidades sustanciales de aluminio intercambiable.
- ) Favorece los niveles y relaciones de Ca y Mg favoreciendo a la vez el %SB y la fertilidad potencial (2,9,13)

Agronómicamente, el mayor beneficio del encalado es permitir mayor elección de plantas de cultivo, incluyendo leguminosas de raíz profunda (11)

4.5.1.2) En cantidades excesivas:

a) Sobre el factor Físico:

- ) Destruye la estructura porosa granular formando pequeños agregados con lo cual se reduce el grado de infiltración, haciendo al suelo susceptible a la erosión.
- ) Causa floculación de los coloides del suelo.
- ) Produce altas presiones osmóticas (Parece toxicidad)

b) Sobre el factor biológico:

- ) Inhibe a los microorganismos nitrificantes

- ) Descompone rapidamente a la materia orgánica-  
acelerando su pérdida.
  - ) Endurece las raíces de los cultivos.
- c) Sobre el factor químico:
- ) Provoca deficiencias de elementos como P, Mn,  
Fe, Bo y K
  - ) Inmoviliza o reduce la disponibilidad de algu-  
nos elementos como Fe, Mn, Zn, Bo, Cu ya que su  
asimilabilidad queda muy reducida cuando sue-  
los reciben aplicaciones de cal en forma exce-  
siva, llevando el pH muy por encima de 6.0
  - ) El Al, Fe, Mn se tornan insolubles.
  - ) Como el Ca reemplaza fácil en los sitios que-  
dependen del pH un exceso de Ca en las super-  
ficies radiculares puede hacer precipitar el-  
elemento P, fijándolo.
  - ) Desplaza al Mg y al K, provocando desbalance-  
y antagonismo (13,15)

#### 4.5.2) Materiales para Encalar:

Entre los materiales para encalar pueden mencionar-  
se los siguientes:

- Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ )
- Hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Oxido de calcio  $\text{CaO}$
- Cal Dolomítica  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
- Escorias Industriales
- Espumas Azucareras (16)



La cal como enmienda puede encontrarse en 3 formas químicas; Óxidos, Hidróxidos y Carbonatos, las 3 tienen la ventaja de no dejar residuos en el suelo.

La efectividad de esas 3 formas dependen de su contenido de Ca y Mg, afectando muy poco la forma química particular en que ocurran estas bases.

(11)

En la selección de materiales para encalar hay que tomar en cuenta el costo, calidad y cantidad necesaria para la corrección de la acidez, el contenido de nutrientes, la finura y otras características (9)

#### 4.5.3) Cantidades de Cal a aplicar:

Cada meq H<sup>+</sup> canjeable que deba neutralizarse por cada 100 gr de suelo, requiere el poder neutralizante de 450 Kg de CaCO<sub>3</sub> por cada 900 000 Kg de suelos.

Esta cantidad de CaCO<sub>3</sub> necesaria para neutralizar la mayor parte del ión H se basa en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y en el PSB a distintos valores de pH. Esta cantidad de CaCO<sub>3</sub> equivale al H<sup>+</sup> canjeable de los suelos, se denomina "Cantidad de Cal Requerida", la cual puede deducirse también de las medidas teniendo en cuenta la textura del suelo, la solubilidad del hierro y del aluminio y el desprendimiento de los sulfuros (4)

Un factor que puede tomarse en cuenta es la respuesta de la planta al encalado. Por ello es necesario prestar atención al grado hasta el que deba neutralizarse el H<sup>+</sup> canjeable. La cantidad de encalado queda también gobernada por la pureza y velocidad de reacción del material utilizado para encalar (15)

Teuschler y Adler (15) señalan que la enmien-

da de calcio, por su costo y efectos dañinos, no debe agregarse al suelo en cantidades mayores de 7 Tons/Ha de tal forma que en los suelos arcillosos no se eleve el pH en más de una unidad por año, y en suelos de textura arenosa en más de 2 unidades.

#### 4.5.4) Métodos de Aplicación:

Debido a la inmovilidad de las partículas de las fuentes de calcio, deben ser colocadas justo donde sea necesario, o sea que la enmienda debe ser aplicada en la superficie del suelo, para luego ser incorporada ( 3)

El encalado puede practicarse antes de arar, o cuando el terreno ya está arado, revolviéndola luego con la rastra; si las cantidades a aplicar son muy grandes, una parte puede incorporarse con el arado, agregando el resto posteriormente con la rastra, aunque en estos casos es preferible efectuar 2 o más aplicaciones con cantidades moderadas, en lugar de una aplicación exagerada (10)

No debe intentar cambiarse la reacción del suelo en más de una unidad por aplicación de cal. Si el pH fuera 4.5, el primer año se lleva a 5.5 y dentro de uno o dos años, llevarlo a 6.5. Entre estos lapsos se pueden hacer los tanteos necesarios para determinar las dosis de enmienda más convenientes (10)

#### 4.5.5) Epocas de Aplicación:

En términos generales la cal puede aplicarse en cualquier época del año (cuando sea mas conveniente)

niente). Solo se debe tener cuidado en calcular el tiempo que tardan las formas causticas (Oxido e Hidróxido) para transformarse en Carbonatos y que no tengan efectos perjudiciales en la germinación de la semilla.

Sin embargo hay que advertir que las precipitaciones, la evapotranspiración, la frecuencia e intensidad de las temporadas de sequía, las características de intercambio catiónico del suelo, la absorción del agua y las características dinámicas del suelo, influyen sobre la rapidez con que el calcio y el magnesio son lavados, y por consiguiente es de tomar en cuenta todas estas condiciones para conocer el momento oportuno de efectuar la aplicación de las fuentes de Ca y Mg (mencionando a Drosdoff) (16)

#### 4.6) Trabajos anteriores sobre el Encalado de Suelos:

Tobías (16) en el año de 1978 realizó un trabajo sobre los efectos del Encalado en Suelos Ácidos de Izabal, a nivel de Laboratorio.

De este trabajo, que consistió en obtener muestras de suelos ácidos y agregarles 8 distintos tratamientos de calcio más magnesio en relación 6:1, Tobías (16) llegó a determinar que el pH podía subir una unidad (de 6.0 a 7.0) con una enmienda de 6 meq/100 gr. suelo.

También concluyó que con 8 meq de enmienda se alcanza el mayor intercambio de Ca y Mg obteniéndose un incremento de 40% en la saturación de Bases.

Con estos mismos 8 meq de enmienda se alcanza el nivel de saturación de Ca intercambiable, quedando toda adición de enmienda en formadisponible.

En este mismo trabajo, se llegó a determinar que en un período de incubación de 30 días, era el tiempo adecuado para lograr el intercambio iónico de las arcillas del -

suelo.

En base a esos resultados, Tobías (16) recomienda enmendar suelos ácidos con aplicaciones de Ca + Mg en cantidades de 4 a 6 Ton/Ha, y que las fertilizaciones con N-P-K se hagan 30 días después de la aplicación de la enmienda. También recomienda tratar de utilizar sus resultados en experimentos de invernadero y directamente en el campo, aplicados a un determinado cultivo.

Posteriormente, en el año 1980, Galicia (5) realizó un estudio a nivel de invernadero, evaluando el efecto del encalado y respuesta al fósforo en suelos ácidos de Izabal, utilizando al Tomate (Lycopersicum sculentum) como planta indicadora.

Este investigador tomó como base los estudios de Tobías (16) y llegó a determinar que el pH subía en casi 2 unidades al agregarle de 8 a 16 meq/100gr suelo de enmienda. También concluyó que con 8 meq de enmienda se llegaba al 100% de saturación de bases, y que con esta misma cantidad de enmienda se alcanzaba el nivel óptimo de Ca intercambiable. A partir de los 16 meq de enmienda ya no existía intercambio de calcio, quedando todo en forma disponible.

Estas conclusiones hacen a Galicia (5) recomendar cantidades de 6 a 8 Tons/Ha de Carbonatos de Ca + Mg, para enmendar suelos ácidos; y que la fertilización se haga al momento de la siembra, la cual debe hacerse 45 días después de haber hecho las aplicaciones de Cal.

La Fertilización con Fósforo aconseja hacerla en cantidades no mayores de 25 ppm de Fósforo.

Finalmente, para la práctica del encalado recomien

da aplicar 2 Ton/Ha el primer año y 1 Ton adicional por año. Recomienda también tomar en cuenta su trabajo para realizar experimentos a nivel de campo, en un cultivo determinado, evaluando cantidad, calidad y rendimiento, enalando con diferentes materiales de emmienda que se encuentran en el mercado.

5. 1) Descripción General del Area de Estudio:5.1.1) Ubicación Geográfica:

El área de estudio fué la Estación Cristina del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) localizada en el Km 211 de la ruta al Atlántico (CA-9), en jurisdicción de la Aldea Cristina del municipio de Los Amates, en Izabal, (mapa No. 1 y 2). Se encuentra localizada entre las paralelas 15° latitud Norte y 89° longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 69 mt sobre el nivel del mar. (7)

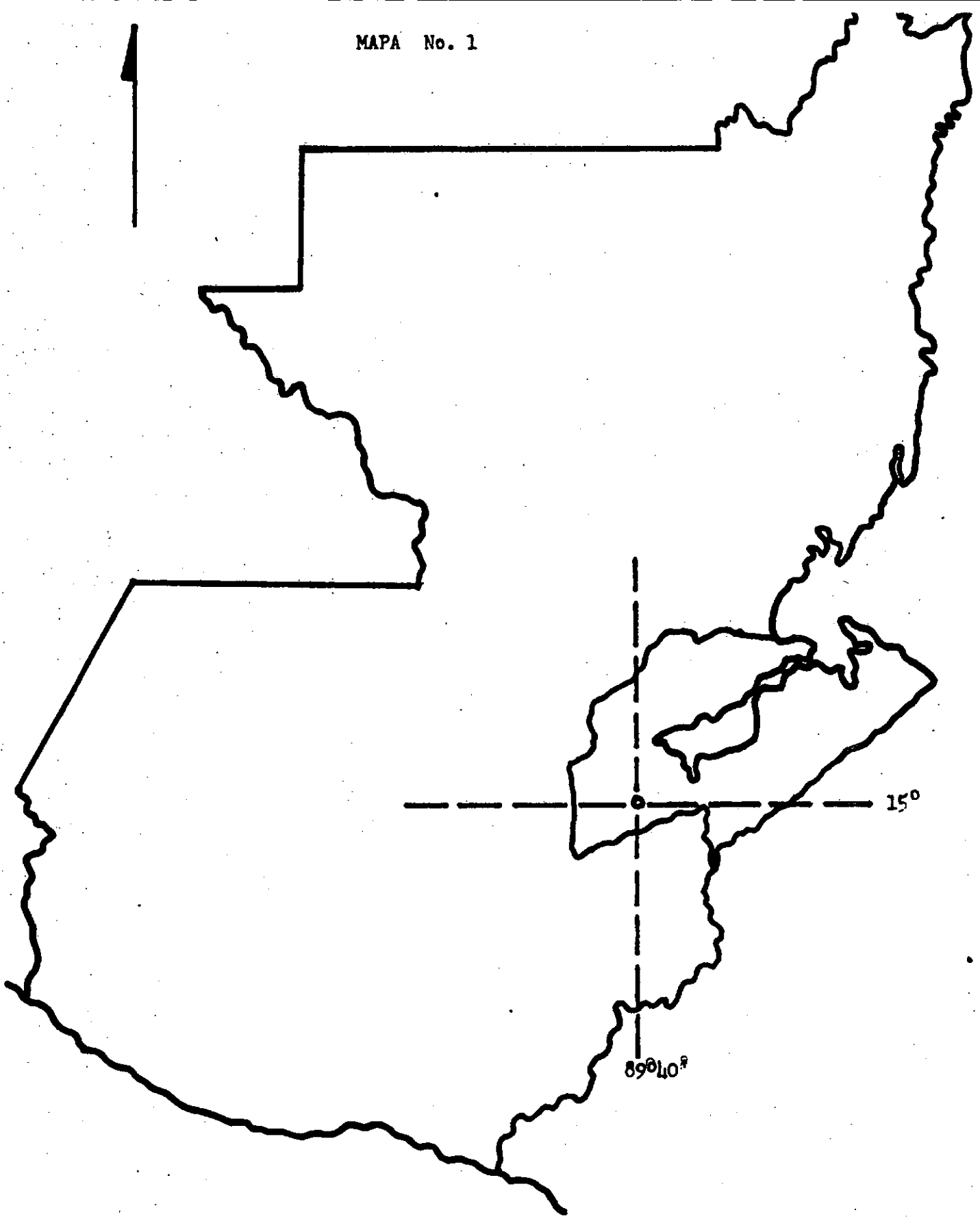
5.1.2) Condiciones Climáticas:

El centro de producción Cristina está localizado en la zona ecológica tropical húmeda (Costa Atlántica) La precipitación pluvial anual es de 3500 mm y la temperatura media de 28 °C. La humedad relativa es de 80% (16).

5.1.3) Condiciones Edáficas:

Los suelos de la serie Cristina son poco profundos mal drenados, desarrollados en regiones cálidas y húmedas, sobre materiales aluviales, lavados de áreas de rocas serpentinitas (14)

Simmons (14) dice que esta serie de suelos es plana o suavemente ondulada. La profundidad oscila a 40 cms, siendo arcilloso plástico, de color gris oscuro a café grisáceo muy oscuro, y se contrae

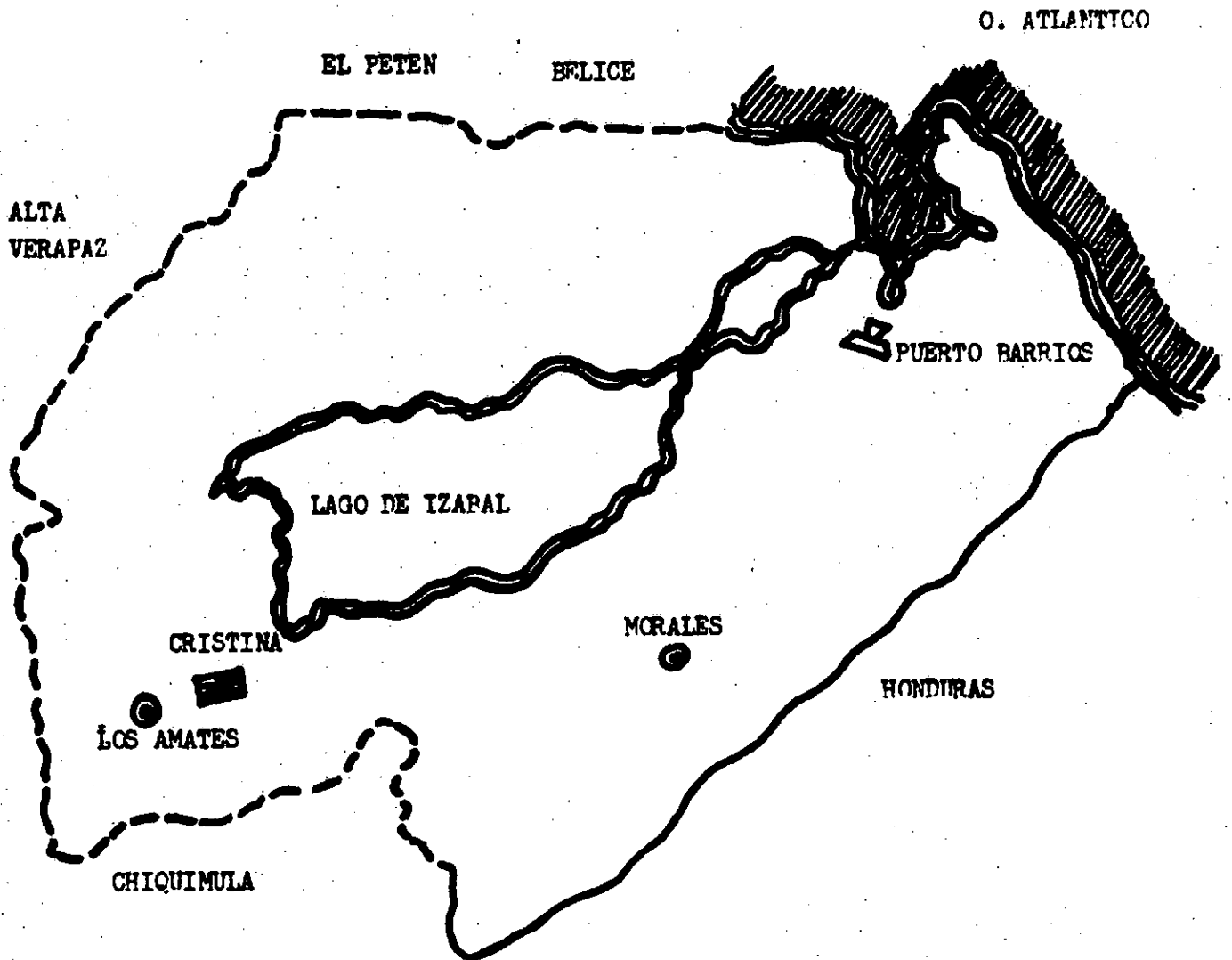









REPÚBLICA DE GUATEMALA

Escala Aproximada  
1:2,400,000

Localización del Municipio de  
Los Amates en el Departamento  
de Izabal.

MAPA No. 2  
 DEPARTAMENTO DE IZARAL



- Cabecera Departam. 
  - Cabecera Municipal 
  - Límite Internac..... 
  - Límite departam..... 
  - Laguna..... 
  - Oceanos..... 
  - Area de Estudio..... 
- Escala 1:500000



y dilata con los cambios de humedad, quebrándose en agregados angulares o terrenos de un cm. de lado. La reacción es muy fuertemente ácida con un pH de - 4.5 a 5.5.

5.2) Muestreo del Area Experimental:

En base a las recomendaciones de la Disciplina de - suelos (de nutrición vegetal) del ICTA, se procedió a la toma inicial de muestras de suelo del área donde se ubicaría el estudio. Del análisis de laboratorio respectivo, se determinaron las condiciones Físicas y Químicas de dicho suelo, los cuales, tal como las describe Simmons (14) pertenecen a una clase textura Franco Arcillosa, con un 30.51% de Arcilla, 19.32% de Limo y 50.17% de Arena.

La materia orgánica se determinó en un valor de 2.82%, y la capacidad de intercambio catiónico era bastante baja, 7.80.

Los contenidos de bases intercambiables se reportaron muy bajos existiendo 2.37 meq/100 grs suelo de Ca, - 0.45 meq/100 grs de Mg; 0.51 y 0.18 meq/100 grs de suelo de Na y K respectivamente.

El porcentaje de saturación de bases era más o menos bajo, 45.6% y las partes por millón de Fe, Cu, Mn y Zn eran altos, 66.1, 1.5, 25.5 y 1.5 respectivamente.

Por otro lado, el cuadro 1 muestra las condiciones químicas en que se encontraba el suelo antes de iniciar este estudio.

CUADRO No. 1

CONDICIONES QUIMICAS DE LA MUESTRA

	Mg/ml		meq/100 gr. suelo	
pH	P	K	Ca	Mg
5.0	4.25	44.0	2.2	0.33

Fuente: Laboratorio de Suelos de Icta.

En dicho cuadros se aprecia que tanto el pH bajo como los bajos contenidos de calcio y magnesio disponibles, indican que este tipo de suelo tenía una reacción bastante-ácida. Por tanto, en base a los resultados obtenidos se determinó la enmienda necesaria a utilizar en el presente estudio.

El criterio que se tuvo para decidir una práctica de encalado involucra los aspectos siguientes: en primer lugar pH bajo (5.0) que por sí solo da la idea de acidez. Luego un 45.0% de PSB nos advierte de una degradación química del suelo, es decir, una carencia de las bases necesarias que neutralicen o equilibren las cantidades de elementos acidificantes presentes; y también, los niveles bajos de Ca y Mg en contraposición con los altos contenidos de Fe y Mn, implican que ese suelo efectivamente es de -- reacción ácida, por lo cual, y esto desde tiempos antiguos, siempre se ha recomendado la práctica del encalado para - mejorar estos suelos ácidos (12) ya que según Castillo (2)

al añadir cal a un suelo ácido, el H<sup>+</sup> resultante de - la hidrólisis del aluminio o hierro o Manganese (elemen--

tos acidificantes) reacciona con el OH<sub>2</sub> de la hidrólisis del carbonato formando agua, aumentando el % de saturación de bases, aumentando el pH, neutralizando el efecto de la acidez y eliminando así sus efectos dañinos.

Por otro lado, para decidir las cantidades necesarias de cal a aplicar, se tuvo el siguiente criterio: Por recomendaciones técnicas, se ha aceptado que el calcio debe estar a un 60% del CTI: en este caso hacian falta 2.1 meq de Ca/100 grs de suelo, lo que equivale a 840 Kg de Ca/Ha. Por lo tanto, para la fuente Cal Hidratada se necesitan 1500 Kg de Fuente/Ha; mientras que para la fuente Cal Dolomita se necesitan 400 Kg de fuente/Ha.

En base a estos extremos, se decidió aplicar cantidades superiores e inferiores a las necesarias en proporción 1:2:4), para darle un carácter experimental a este estudio. (cuadro 2) En relación a los elementos Nitrógeno (N) y Potasio (K), se aplicaron niveles fijos de 50 y 40 Kg/Ha respectivamente, siendo las fuentes de cada elemento las siguientes:

- Para Nitrógeno----- Urea (46-0-0)
- Para Fósforo ----- Superfosfato (0-46-0)
- Para Potasio ----- Muriato de Potasio (0-046)

### 5.3) Análisis Estadístico:

Para poder estudiar el efecto de las enmiendas, -- tanto de las fuentes de variación en forma aislada, como del efecto de sus interacciones, se decidió utilizar un diseño de bloques al azar, en arreglo de parcelas sub-subdivididas, con un total de 24 tratamientos en cada repetición, y un total de 4 repeticiones.

CUADRO 2

REFERENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS

Area	Fuente de variación	Referencia	Tratamiento
Parcela	Tipo de Cal	A B	Cal Hidratada Cal Dolomita
Sub-Parcela	Nivel de Calcio	0 1 2 3	0 Kg/Ha 500 " 1000 " 2000 "
Sub-sub-Parcela	Dosis de Fósforo	a b c	30 Kg/Ha 60 Kg/Ha 90 Kg/Ha

Es decir que cada repetición estuvo dividida en 2 - parcelas grandes, para cada una de las fuentes de Calcio; cada una de estas parcelas estuvo subdividida en 4 sub-parcelas para cada uno de los niveles de calcio; y cada sub-parcela, - estuvo sub-subdividida en 3 sub-subparcelitas, para cada una de las dosis de Fósforo. (Ver diseño de campo en el anexo III)

El modelo estadístico para este diseño fué el si -- guiente:

$$Y = \mu + \beta_i + A_j + \gamma_{ij} + B_k + \theta_{ijk} + C_l + AB_{jk} + AC_{jl} + BC_{kl} + ABC_{jkl} + \epsilon_{ijkl} \text{ donde:}$$

$\mu$  = media general

$\beta_i$  = Efecto de Bloque (Beta)

$A_j$  = Efecto debido a las fuentes de cal

$\delta_{ij}$  = Error asociado a la parcela grande (Alfa)  
 $B_k$  = Efecto debido a los niveles de calcio  
 $\phi_{ijk}$  = Error asociado a la parcelamediana ( )  
 $C_l$  = Efecto debido a las d6sis de f6sforo.  
 $AB_{jk}$  = Efecto debido a la interacci6n "Fuente-nivel de Ca"  
 $AC_{jl}$  = Efecto debido a la interacci6n "Fuente Ca-d6sis de P"  
 $BCK_l$  = Efecto debido a la interacci6n "Nivel Ca-D6sis de P"  
 $ABC_{jkl}$  = Efecto debido a la interacci6n "Fuente Ca-Nivel de  
D6sis de P"  
 $\xi_{ijkl}$  = Error asociado a la parcela peque1a (Epsilon)

El tama1o de la parcela Bruta fu6 de 3.0 x 5.0 mt --  
(15 mt<sup>2</sup>) proveniente de 10 surcos de 5 mt de largo y separa -  
dos a 0.3 mt entre s1. El 1rea 1til para la toma de datos fu6  
de 1.8 mt x 5.0 mt (9.0 mt<sup>2</sup>) correspondiente a los 6 surcos --  
centrales. (Ver dise1o en anexo III ) La siembra se hizo a  
chorro corrido, utilizando una densidad de 10 gramos de semi -  
lla por surco (67.Kg/Ha) de la variedad de arroz denominada -  
ICTA VIRGINIA.

#### 5.4) Trabajo de Gabinete: (Fase I)

En esta fase se hizo toda la recopilaci6n de litera-  
tura, buscando las bases y principios que hacen del encalado-  
la pr1ctica m1s usual para enmendar s1elos 1cidos (para apoyar-  
te6rica y cient1ficamente este trabajo) En esta misma fase se  
hicieron los c1culos de las cantidades de cal a aplicar en ca  
da una de las parcelas del ensayo, as1 como tambi6n se hizo el  
dise1o y el sorteo de las parcelas y sub-subparcelas del estu-  
dio.

#### 5.5) Trabajo de Campo:

A efecto de evaluar la respuesta del arroz bajo los

diferentes tratamientos, se tomaron una serie de datos que de mostraron dicho efecto; pero se aclara que la variable respuesta principal sobre la cual se aplicaría el análisis estadístico, fué el RENDIMIENTO de este cultivo.

Las otras variables respuestas que se evaluaron aquí sirvieron de base para poder discutir con más criterio la respuesta del arroz y el efecto en el suelo, de todos y cada uno de los tratamientos.

Inicialmente se hizo la primera toma de muestras de suelo, para determinar su estado físico-químico (Ver sección - V.2 y tabla 1).

Después, guiándose en el plano del experimento (anexo III) se aplicaron las cantidades de cal que habían sido previamente calculadas; a los 30 días se realizó la segunda toma de muestras de suelo para determinar el efecto de cada uno de los niveles y fuentes de cal aplicado, cuyos resultados se muestran en el cuadro I anexo IV.

Para esta fecha se realizó la siembra a chorro corrido, de la variedad Icta-VIRGINIA, y al mismo tiempo se hicieron las aplicaciones de fertilizantes, especialmente de fósforo en las dosis de 30-60 y 90 Kg/Ha  $P_2O_5$ , según diseño.

Durante la fase vegetativa de la planta, se hicieron observaciones de todas las 96 parcelitas, calificando aspectos de vigor, habilidad de macollamiento, características del tallo, ángulo del tallo, floración al 50% y al 100%, senencia, esterilidad apical, acame, desgrane y altura. A los 175 -- días de aplicadas las enmiendas, se realizó la cosecha y se tomaron datos de rendimiento al 14% de humedad, cuyos resultados se tabulan en el cuadro 1 anexo II.

Después de realizada la cosecha, se efectuó la tercera toma de muestras de suelo para determinar en qué condiciones había que dado el suelo después de todo un ciclo de cultivo. Final-

mente a los 360 días se hizo la última toma de muestras de suelo, para analizar el efecto residual de las emmiendas. Durante el tiempo entre el tercero y cuarto muestreo del suelo no hubo ningun cultivo comercial establecido en el área experimental, solo hubo una fuerte presencia de malezas.

#### 5.6) Trabajo de Gabinete (Fase II)

Todos los datos obtenidos en el trabajo de campo se tabularon en cuadros de análisis y a partir de allí se hicieron las gráficas que permitieron hacer las discusiones que se presentan en el capítulo VII.

### VI) MATERIALES UTILIZADOS:

#### 6.1) Recursos Físicos:

Entre los recursos físicos que fueron necesarios utilizar en este estudio pueden mencionarse los siguientes:

- ) Muestras de suelos: para hacer los análisis de las distintas reacciones del suelo sometido a diferentes tratamientos.
- ) Cal Hidratada y Cal Dolomita: Como las fuentes de Calcio necesarias para enmendar estos suelos.
- ) Fertilizantes; en cuanto a N y K, como elementos necesarios para el desarrollo de la planta. En cuanto al fósforo, como otra fuente de variación.
- ) Semilla de arroz; como la planta sobre la cual se tuvo que evaluar el efecto del encalado.
- ) Biocidas, para mantener la plantación libre, de factores que pudieran alterar el comportamiento del arroz durante el tiempo del experimento.

- ) Aperos e instrumentos de labranza: como tractor, arado, azadones, cabos, estacas, pita plástica, para facilitar el trabajo de preparación de suelo y diseño de las parcelas en el campo.
- ) Balanzas y bolsas de plástico; para pesar las cantidades de semilla a sembrar, y las cantidades de cal a aplicar y al final, para determinar el rendimiento de todas las parcelas del experimento. Las bolsas para transportar las muestras de suelo obtenidas.
- ) Determinador de humedad: para poder saber el rendimiento ex acto al 14% de humedad.
- ) Escala internacional para evaluaciones en arroz y libretas de campo: para poder calificar y anotar los resultados observados durante el estudio.
- ) Equipo de laboratorio: que utiliza el laboratorio de nutrición vegetal del ICTA, para determinar el estado físico-químico de las muestras de suelo.

#### 6.2) Recursos Humanos:

- ) Jefes de las áreas involucradas
- ) Personal del departamento de suelos del ICTA
- ) Personal técnico de la estación Cristina
- ) Asesores del trabajo
- ) Trabajadores de la estación Cristina.



## VII) RESULTADOS Y DISCUSION

### 1) Respecto a la planta:

#### 1.1) Efecto sobre las características agronómicas.

En el anexo 1, cuadro. 1 se presentan los resultados de la evaluación del efecto del encalado y la fertilización en suelos ácidos, sobre el comportamiento agronómico del arroz.

De acuerdo al sistema de evaluación standard para arroz (ver explicación en apéndice A) es evidente que la práctica de encalado tuvo un efecto cualitativo sobre aspectos de vigor, habilidad de macollamiento, ángulo, características del tallo, floración y altura; no sucediendo lo mismo en otras características como acame, aceptabilidad fenotípica y desgrane.

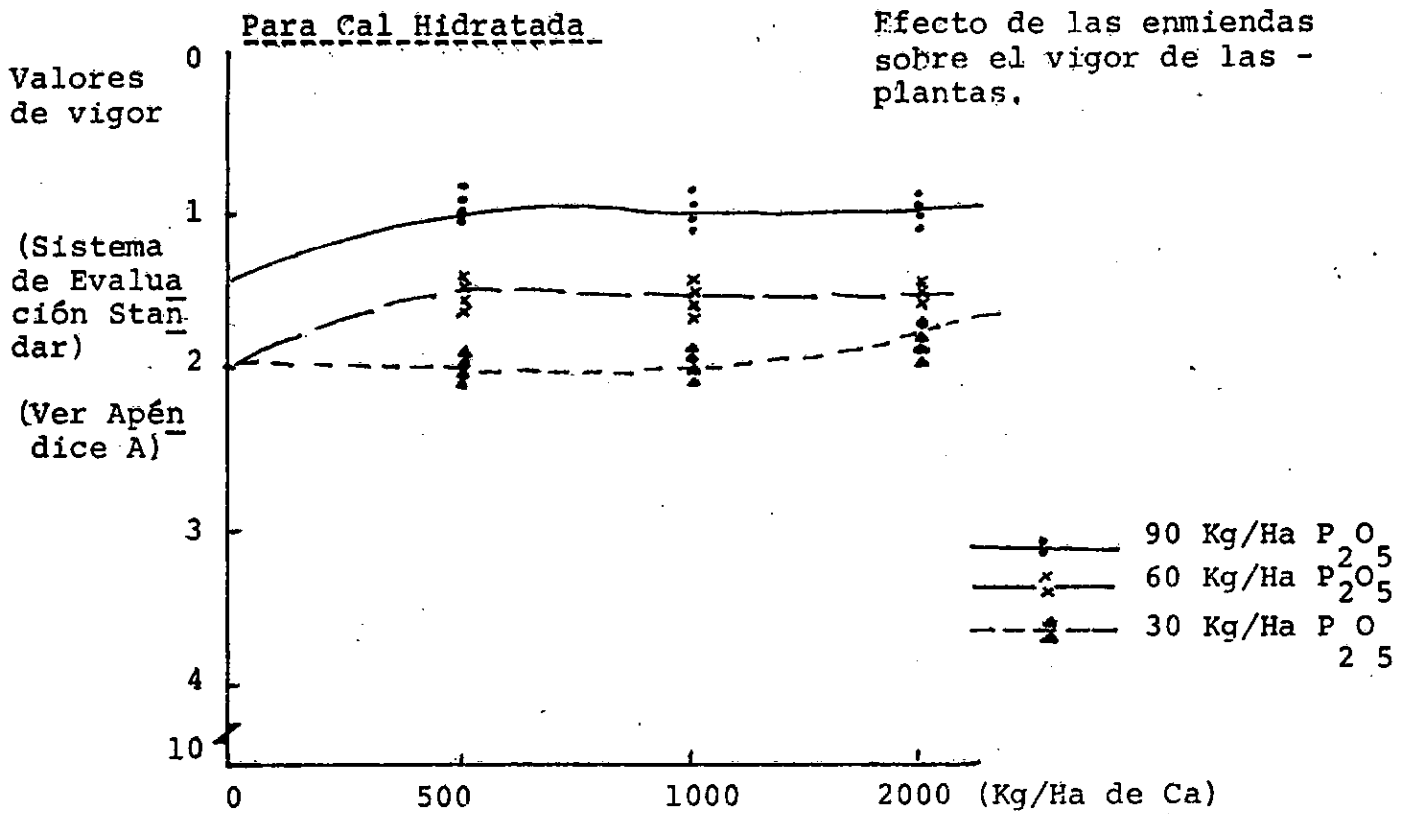
#### 1.1.1) Del efecto sobre el vigor:

De acuerdo con la gráfica 1, el mejor valor de vigor fué uno (equivalente a excelente) el cual se alcanzó entre los niveles 2 y 3 de cal hidratada, en combinación con la mayor dosis de fósforo (90 Kg/Ha  $P_2O_5$ ).

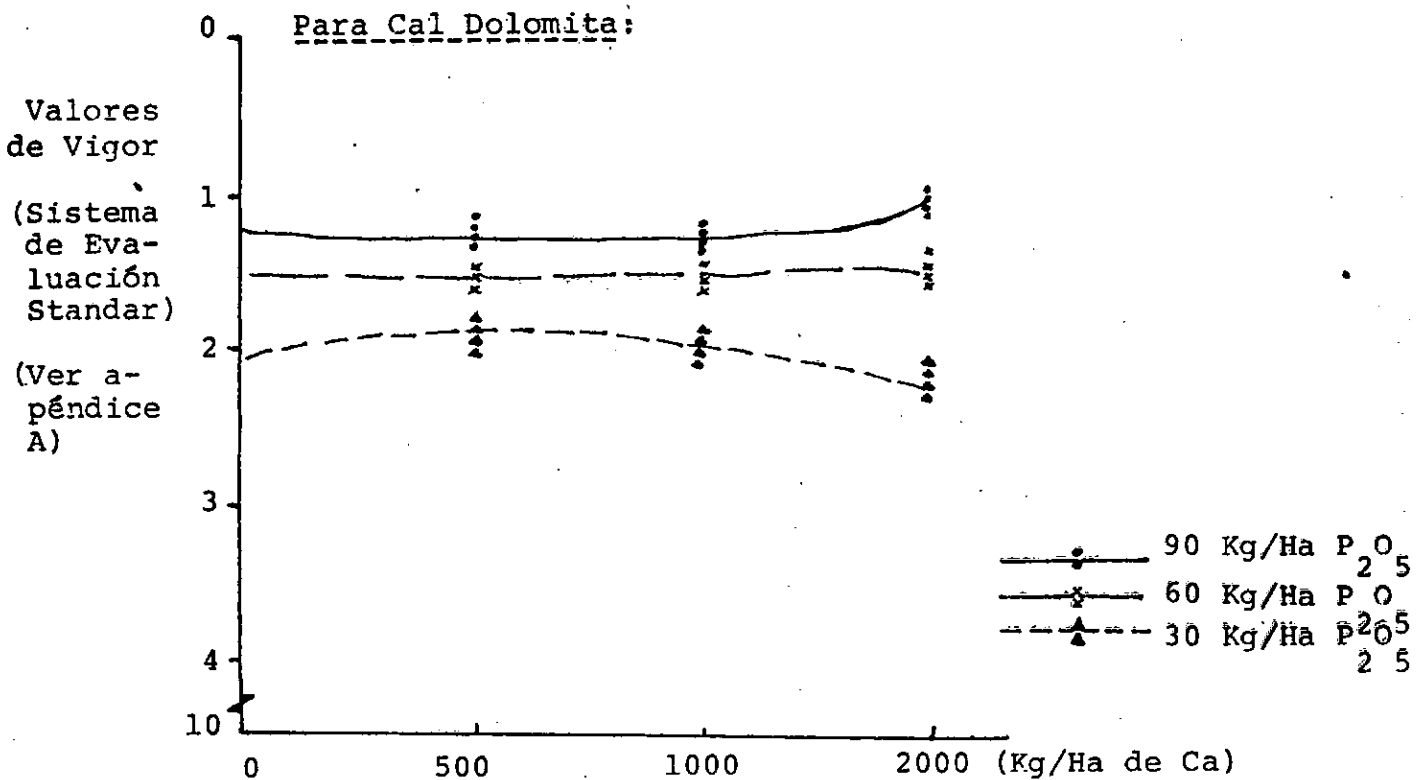
De manera similar, cuando se aplicó cal dolomita, los mejores valores de vigor corresponden a los niveles 2 y 3 de enmienda y a la adición de 90 Kg/Ha de fósforo (gráfica 2)

Se observa en ambas gráficas que los grados menores de vigor (de bueno a muy bueno) se observaron en las sub-subparcelas que tuvieron las menores dosis de fósforo, en --

GRAFICA 1



GRAFICA 2



donde las plantas se presentaron débiles y pequeñas, lo cual está de acuerdo con Alburez (1) quien dice que las adecuadas fertilizaciones fosforadas provocan mejores características agronómicas.

1.1.2) Del efecto sobre el Macollamiento:

Alburez (1) había mencionado que estas características se mejoran con la aplicación de fósforo. Esto se demuestra aquí, en donde según gráficas 3 y 4, los mejores valores se obtuvieron con las máximas dosis de fósforo y a los niveles 2 y 3 de cal, lo cual hace pensar que el fósforo, en interacción con niveles adecuados de cal, tiene una influencia positiva en la habilidad de macollamiento.

1.1.3) Del Efecto sobre otras características:

Otras características como altura, floración, características del tallo, también -- mostraron la misma tendencia que en las secciones anteriores, es decir, los mejores valores en el sistema de evaluación standar, se obtuvieron cuando se aplicaron los niveles 2 y 3 de cal en combinación con la mayor aplicación de fósforo.

Hasta aquí, puede deducirse que la adición de 1000<sup>a</sup>-2000 Kg/Ha de Ca, en suelos ácidos como el de Cristina, inicialmente neutraliza la acidez, para luego permitir que la disponibilidad de fósforo, que en cantidades de 90 Kg/Ha permiten que la planta obtenga mayor vigor, mayor altura, mejor habilidad de maco-

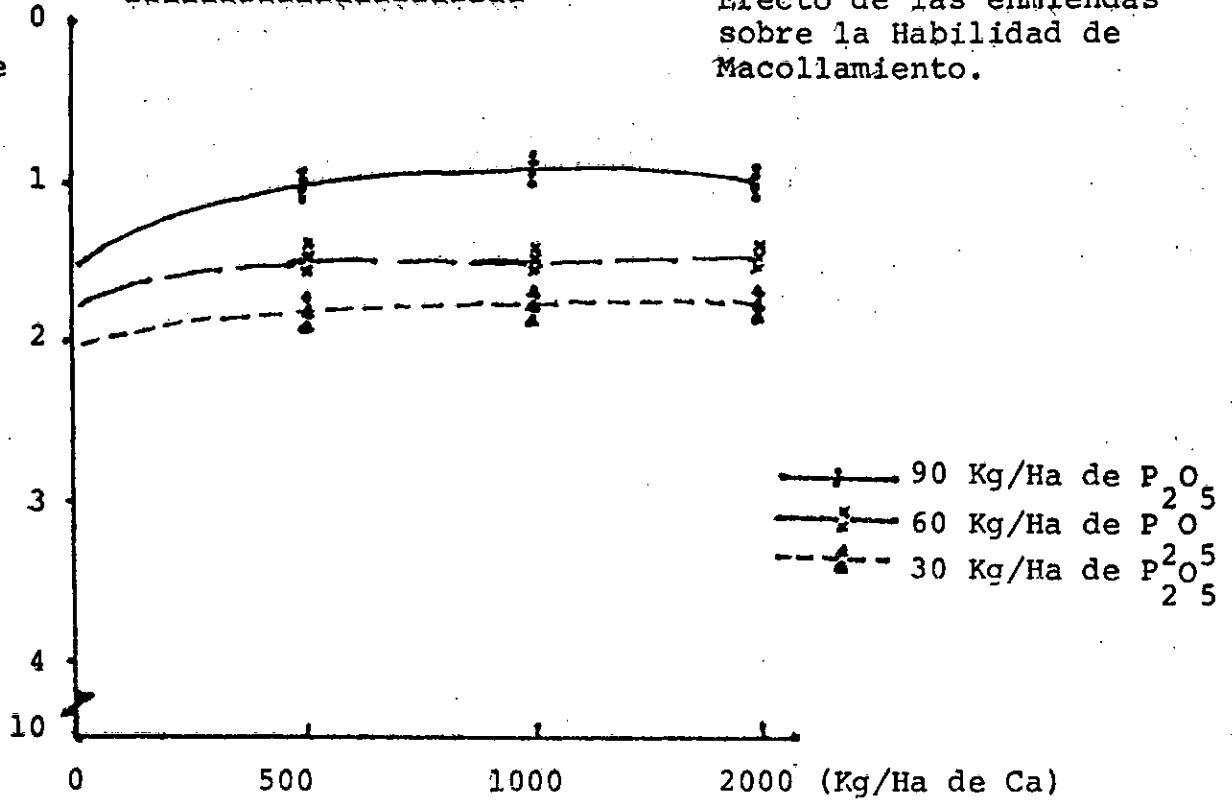
GRAFICA 3

Para la Cal Hidratada

Efecto de las enmiendas sobre la Habilidad de Macollamiento.

Valores de Habilidad de Macollamiento. (Sistema de Evaluación Standard)

(Ver Apéndice A)

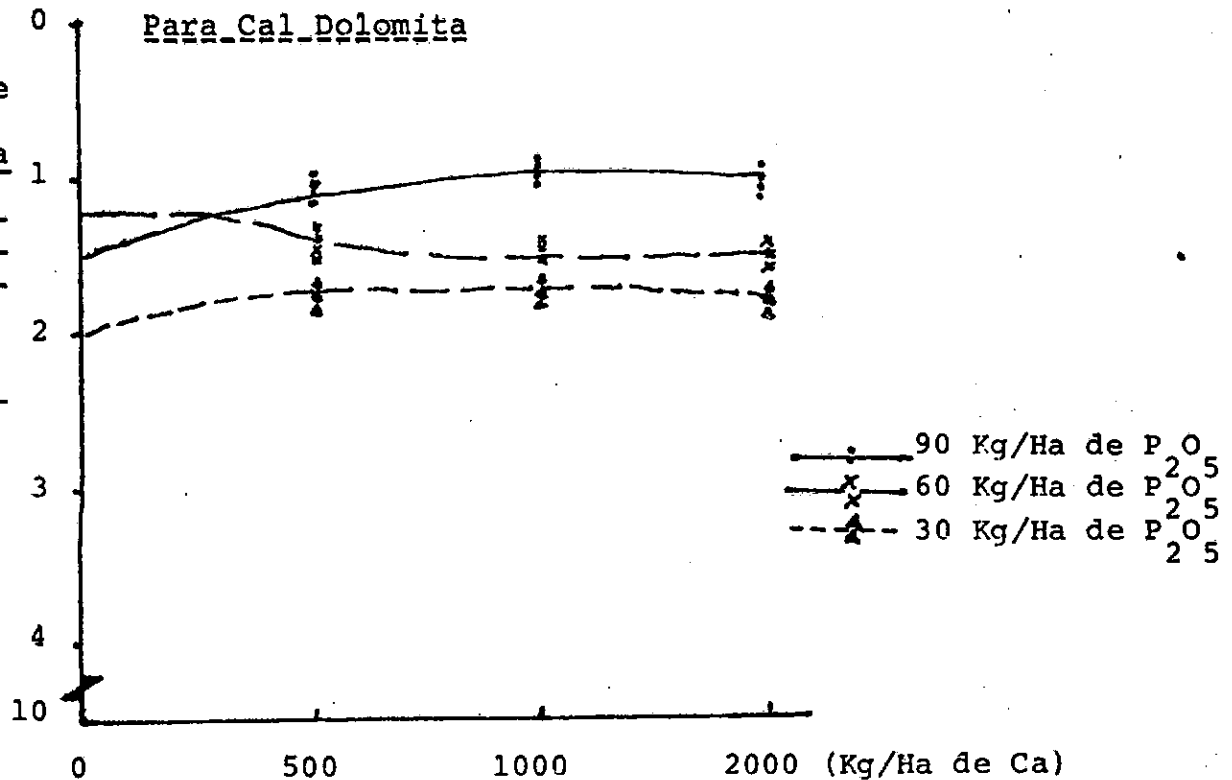


GRAFICA 4

Para Cal Dolomita

Valores de Habilidad de Macollamiento. (Sistema de Evaluación Standard)

(Ver Apéndice A)



llamamiento y otras excelentes características.

1.2) Efecto sobre los Rendimientos:

En el anexo 2, cuadro 1 se consignan los rendimientos observados por tratamiento de los cuales se hacen las siguientes discusiones.

1.2.1) Del efecto de las Fuentes:

El diagrama de barras muestra que no hubo diferencia significativa en cuanto a aplicar cal hidratada y cal dolomita, en aumento de rendimiento (Diagrama 1.). Los cuales fueron de 3966.52 y 3967.38 Kg/Ha respectivamente. Cuando se hizo el análisis de varianza, también se llegó a determinar que no hubo diferencia significativa entre ambas fuentes (anexo-2, cuadro 8).

1.2.2) Del efecto de los niveles de enmienda:

Puede decirse que, para este tipo de suelos, la variación del rendimiento está en función directa con los niveles de enmienda. Se pudo apreciar que en las parcelas donde no se aplicó cal, el rendimiento promedio fue de 3875 Kg/Ha para cal hidratada y 3531.1 Kg/Ha para cal dolomita, mientras que en las parcelas donde se aplicó 2000 Kg/Ha Ca se obtuvieron rendimientos de 4225.5 Kg/Ha para cal hidratada y de 4048.1 Kg/Ha para dolomita (Diagrama 2).

DIAGRAMA 1

Efecto de las Fuentes de Cal sobre el Rendimiento

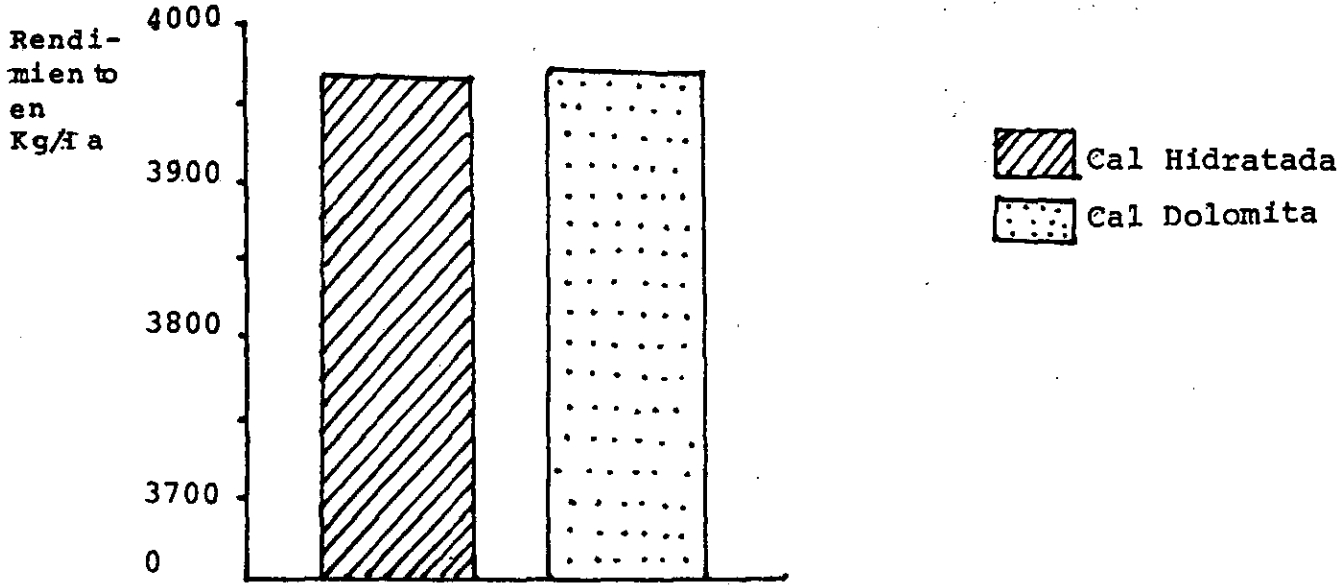
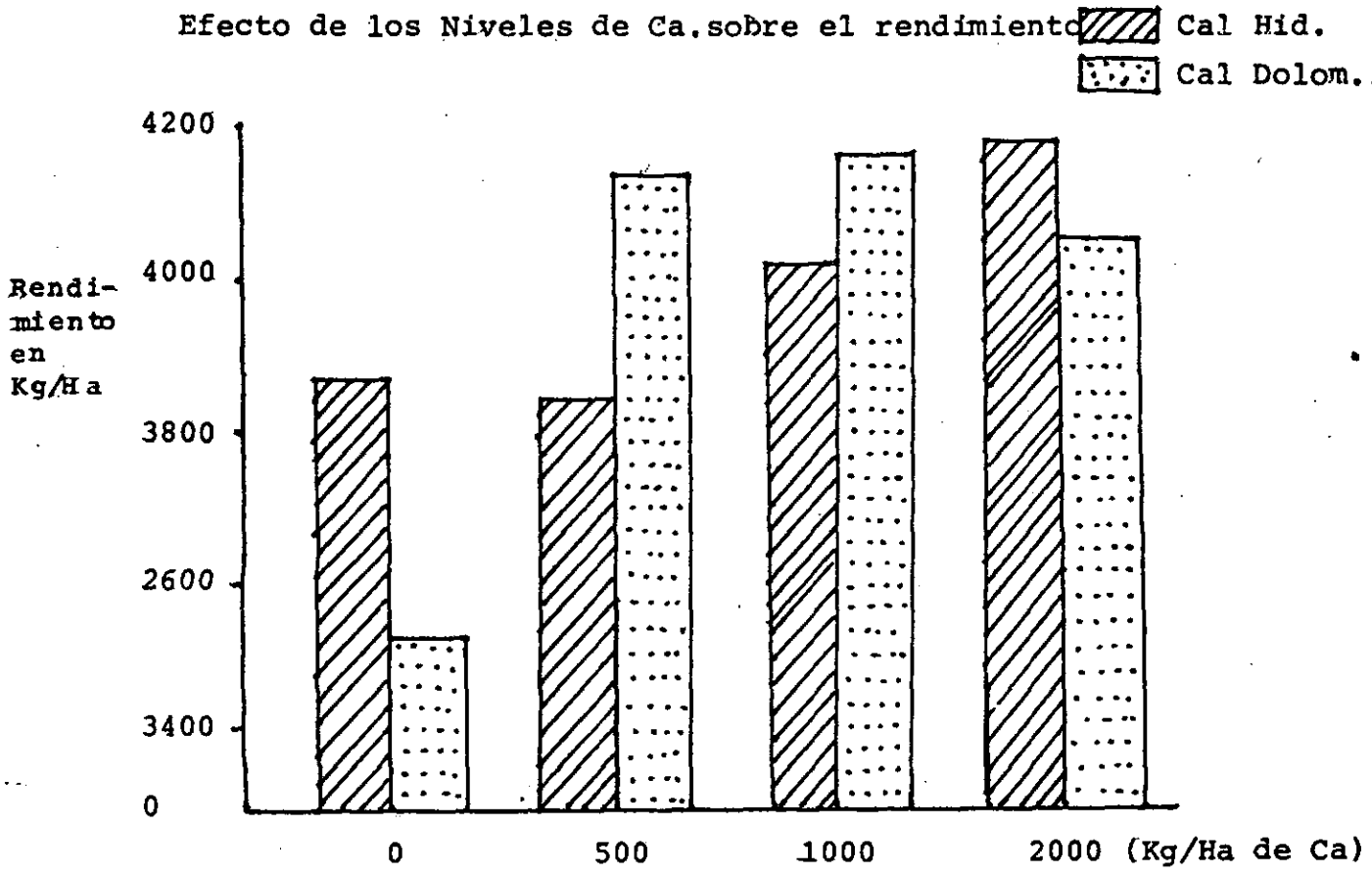


DIAGRAMA 2

Efecto de los Niveles de Ca. sobre el rendimiento



### 1.2.3) Del efecto de las Dosis de Fósforo:

El diagrama No. 3 muestra que los mejores rendimientos se obtuvieron con las máximas aplicaciones de fósforo.

En la mayoría de las investigaciones sobre fertilización, Pazos ( 7 ) de Datta ( 3 ) y Ramírez ( 11 ) han llegado a determinar que el arroz responde positivamente a las aplicaciones de este elemento.

Hasta aquí , se ha discutido cada una de las 3 fuentes de variación en forma aislada, e inicialmente podría deducirse que se puede usar cualquier tipo de cal (la que sea mas barata)- en cantidades de 1000 a 2000 Kg/Ha y agregar - 90 Kg/Ha de  $P_2O_5$ . Sin embargo hay que considerar que existieron efectos por interacción entre dichas fuentes de variación, que existe un nivel óptimo económico y que hubo efectos en las características fisico-químicas del suelo, las cuales pueden hacer variar esta deducción inicial.

### 1.2.4)

#### Del efecto de las interacciones:

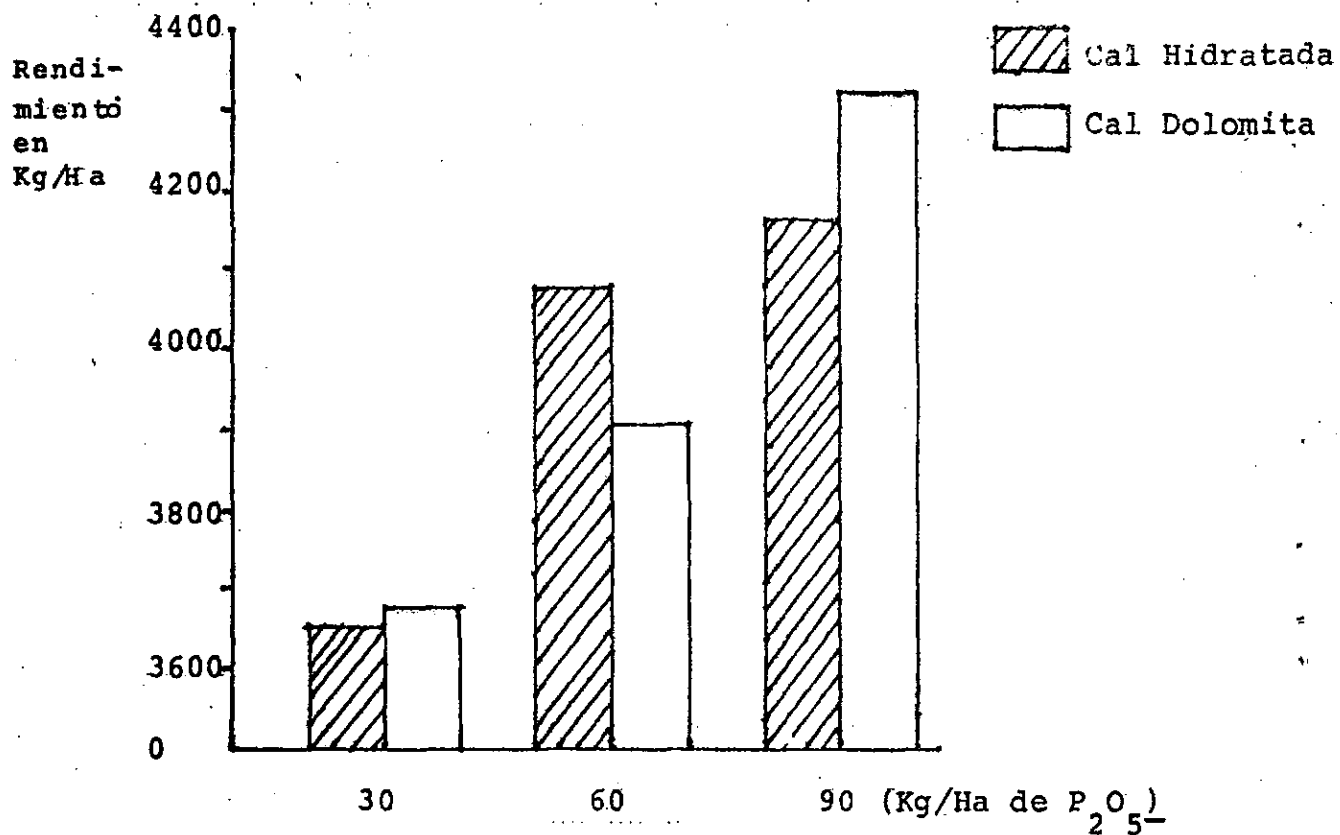
##### -) Interacción fuente para nivel de Cal.

En esta primera interacción se aprecia - que el mejor nivel para la cal hidratada fue el 3 (2000 Kg/Ha Ca). mientras que para la cal dolomita fue el 2 (1000 Kg/Ha Ca).

Para el caso de la cal hidratada, la -- tendencia de la curva muestra que no hubo - marcada diferencia entre los tratamientos 2

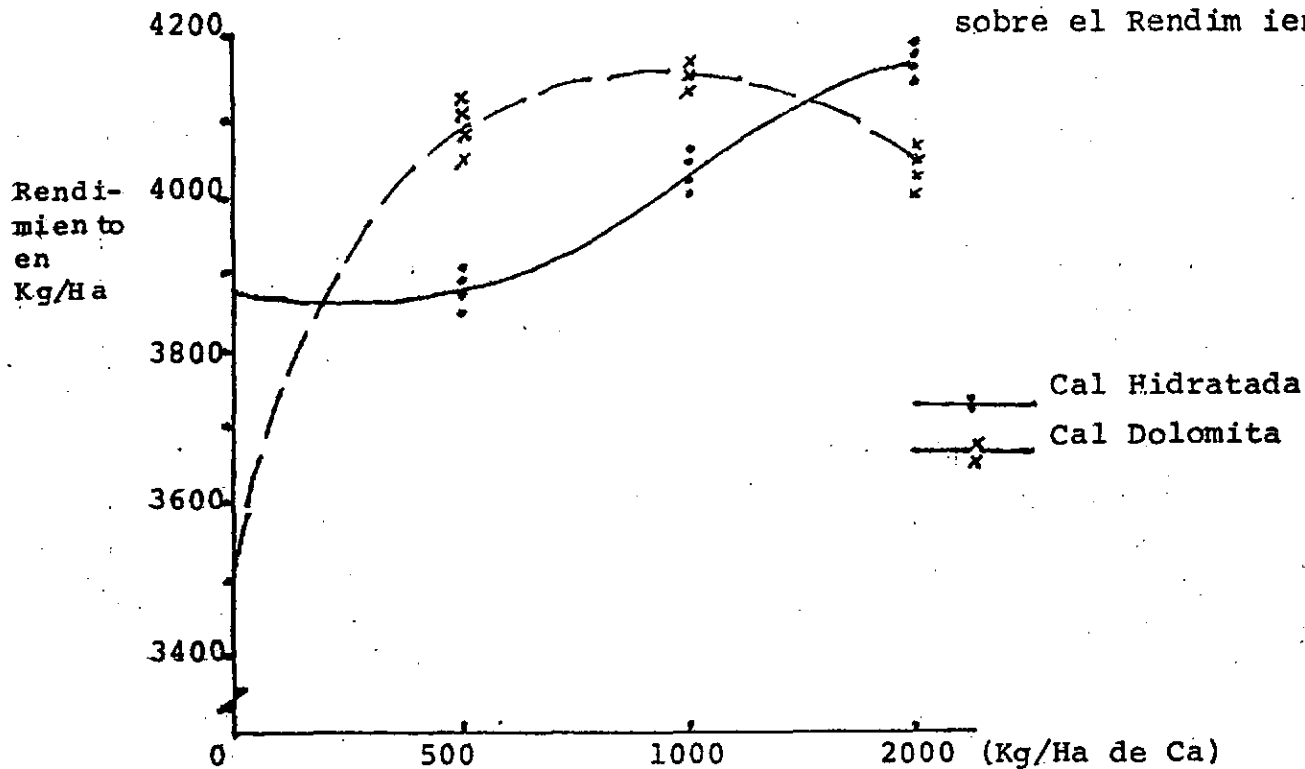
DIAGRAMA 3.

Efecto de las dosis de Fósforo sobre el Rendimiento.



GRAFICA 5

Efecto de la Interacción Fuente x Nivel sobre el Rendimiento.





y 3; mientras que para la cal dolomita niveles superiores de 1000 Kg/Ha podrían estar provocando en el suelo moléculas insolubles de Ca y Mg, inaprovechables para la planta

(Gráfica 5)

-) Interacción Fuente por Dosis de fósforo:

En esta otra interacción se aprecia que, tanto para la cal hidratada como para la cal dolomita los mayores rendimientos correspondieron a las mayores dosis de fósforo. Lo que es más, el rendimiento fué un poco mayor cuando se aplicó Dolomita que cuando se aplicó Hidratada.

Por otro lado, la tendencia de ambas curvas muestra que es probable que a mayor dosis de P el rendimiento siga aumentando (gráfica 6).

-) Interacción Nivel de Cal. Dosis de Fósforo:

En esta tercera interacción pudo observarse que los mejores rendimientos se obtuvieron con la mayor dosis de fósforo, no importando el nivel de cal en el cual estuviera aplicada. También pudo observarse que las 3 dosis de fósforo aplicadas, marcaron cierta tendencia a producir mejores rendimientos mientras mayores fueran los niveles de cal en los cuales estuvieron aplicadas, especialmente los niveles 2 y 3 de Cal (gráfica 7).

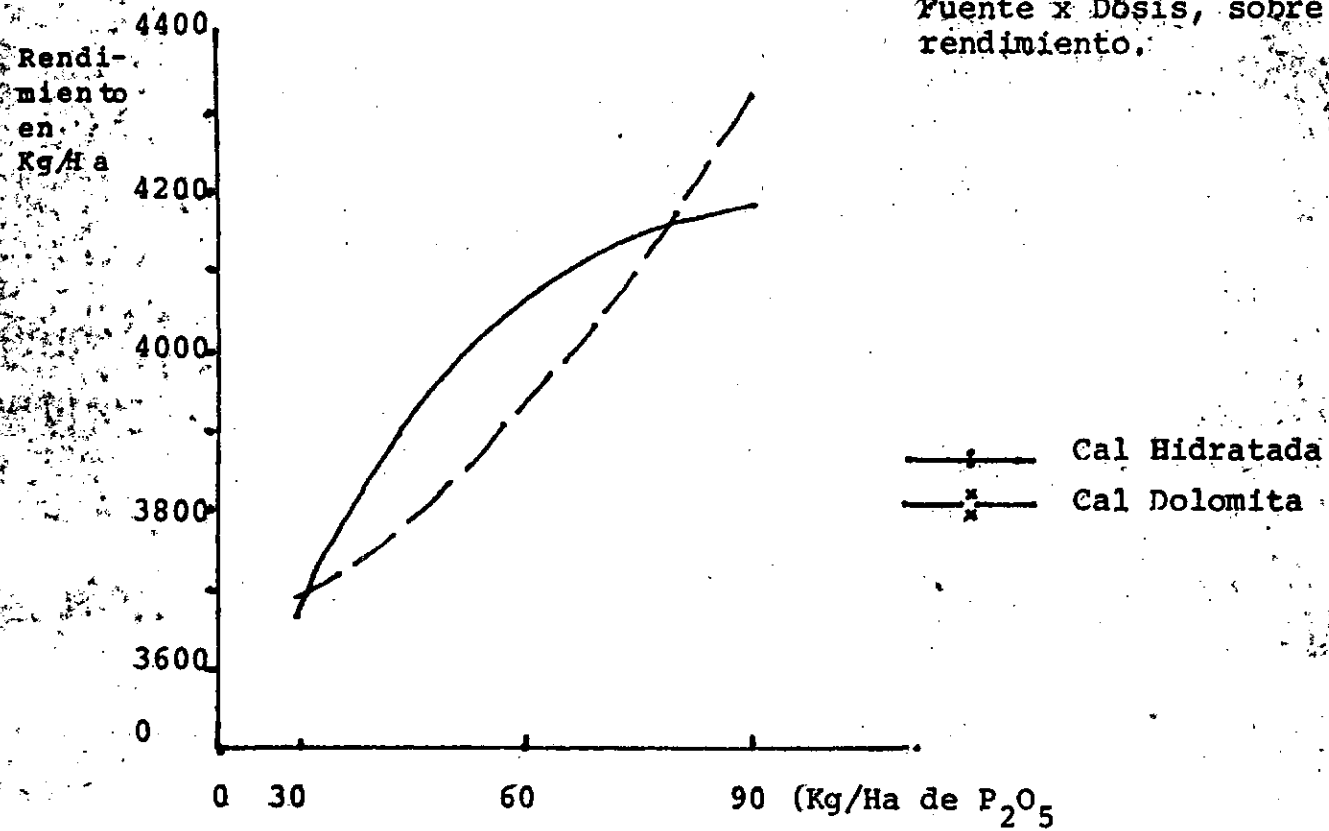
-) Interacción Fuente por nivel por Dosis:

En esta triple interacción pudo notarse que cuando se aplicó cal hidratada, el rendimiento estuvo en proporción directa, tanto con los niveles de cal como con las dosis de fósforo.

Es decir a mayor nivel de cal combinado con

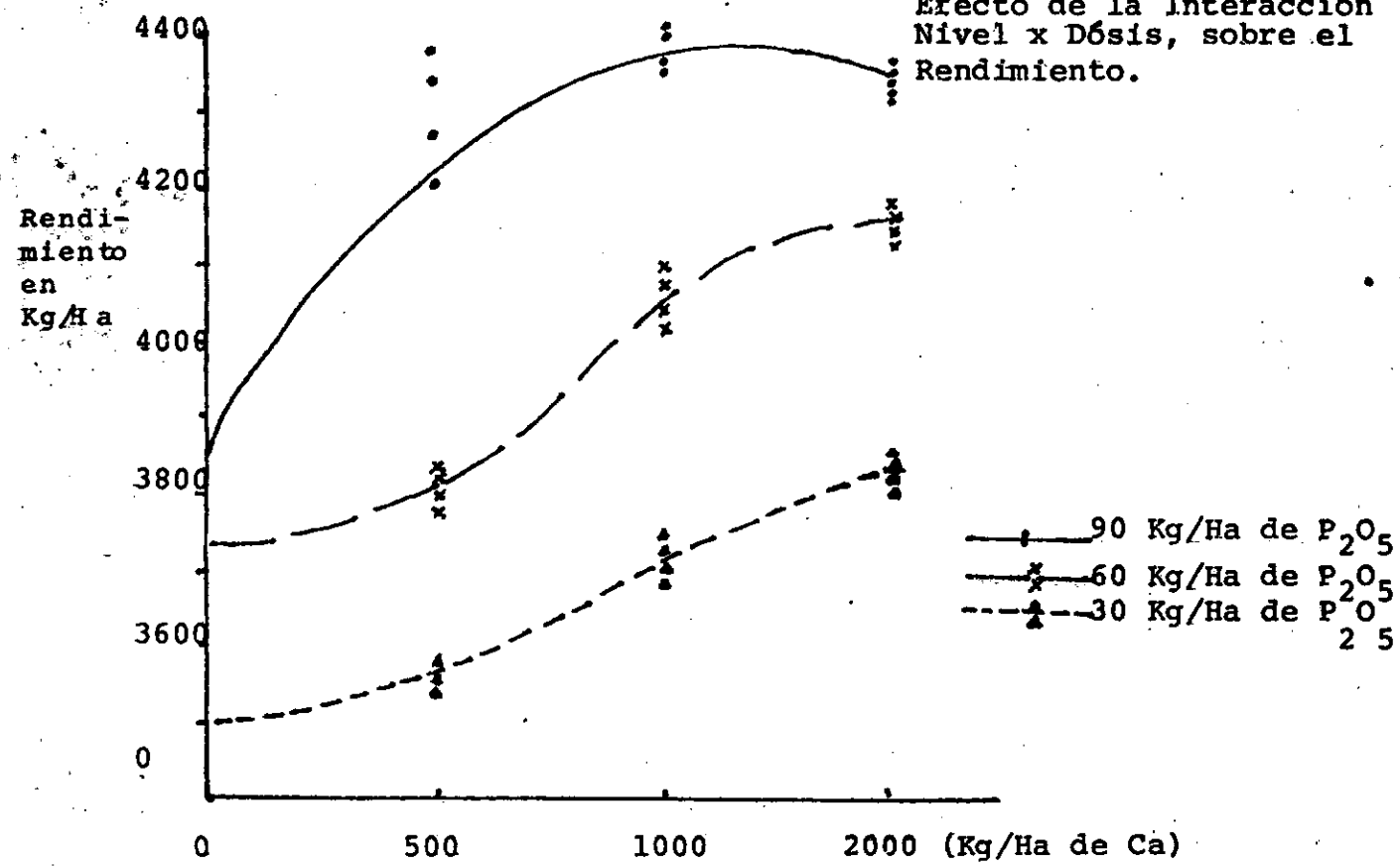
GRAFICA 6

Efecto de la interacción Fuente x Dosis, sobre el rendimiento.



GRAFICA 7

Efecto de la Interacción Nivel x Dosis, sobre el Rendimiento.



mayor dosis de fósforo, el rendimiento fué mayor, aunque hay que advertir que entre los niveles 2 y 3 de esta cal no se vió mayor diferencia (gráfica 8)

Cuando se aplicó cal dolomita sucedió un caso similar, es decir, los mayores rendimientos - estuvieron en proporción directa con las mayores dosis de fósforo y los mayores niveles de cal; pero es de hacer notar que para esta cal en el nivel 2 (1000 Kg/Ha) se lograron los - máximos rendimientos (gráfica 9)

Se presenta además tres gráficas indivi - duales (10a, 10b, 10c) en donde se plantea el comportamiento de esta triple interacción, en base a cada una de las dosis de fósforo.

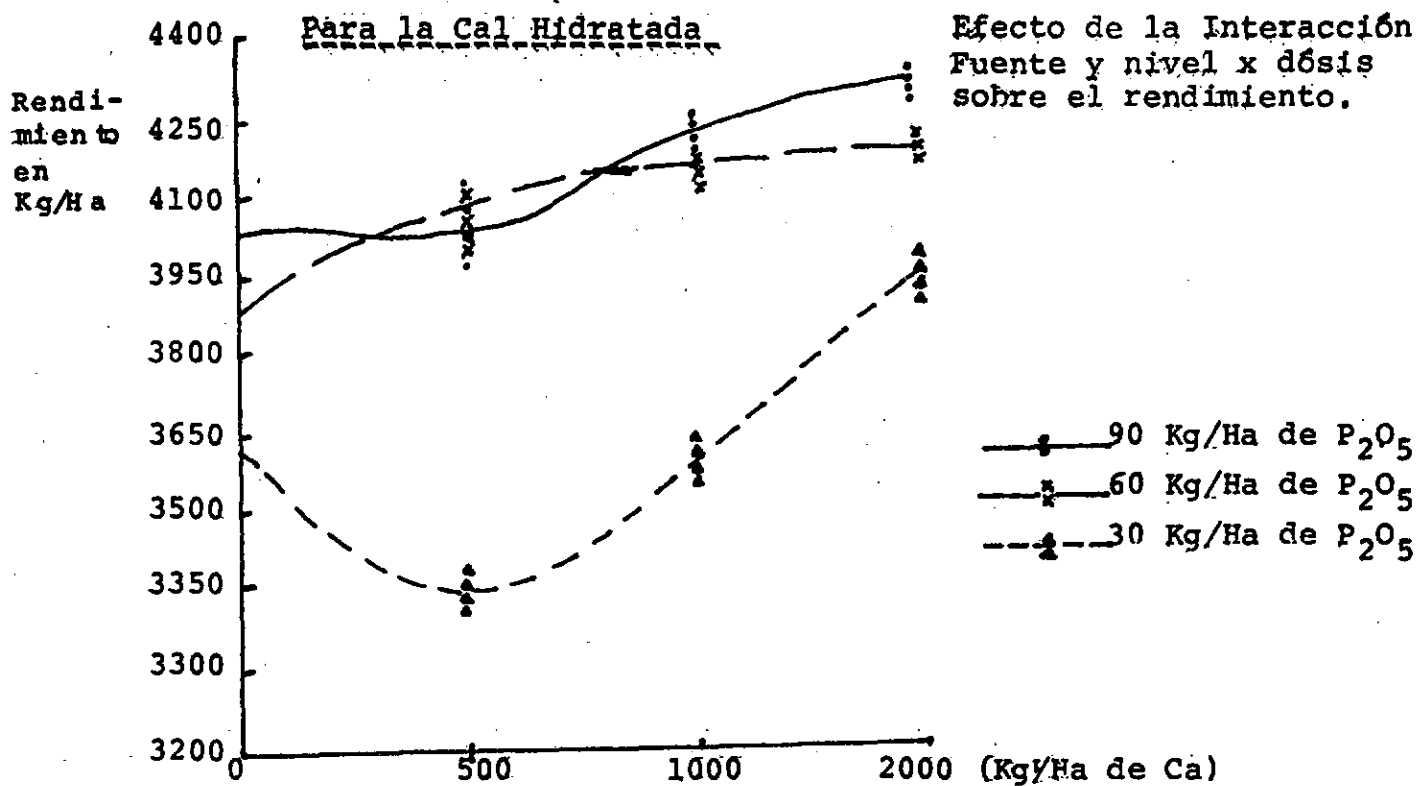
## 2) Respecto al análisis Económico:

En la tabla 1, se encuentran establecidos los precios de las cales y del fertilizante fosforado (que constituyeron las fuentes de variación) para el año en que se hizo este - estudio, así como también se presenta una relación con el - precio de venta para el arroz en dicho año.

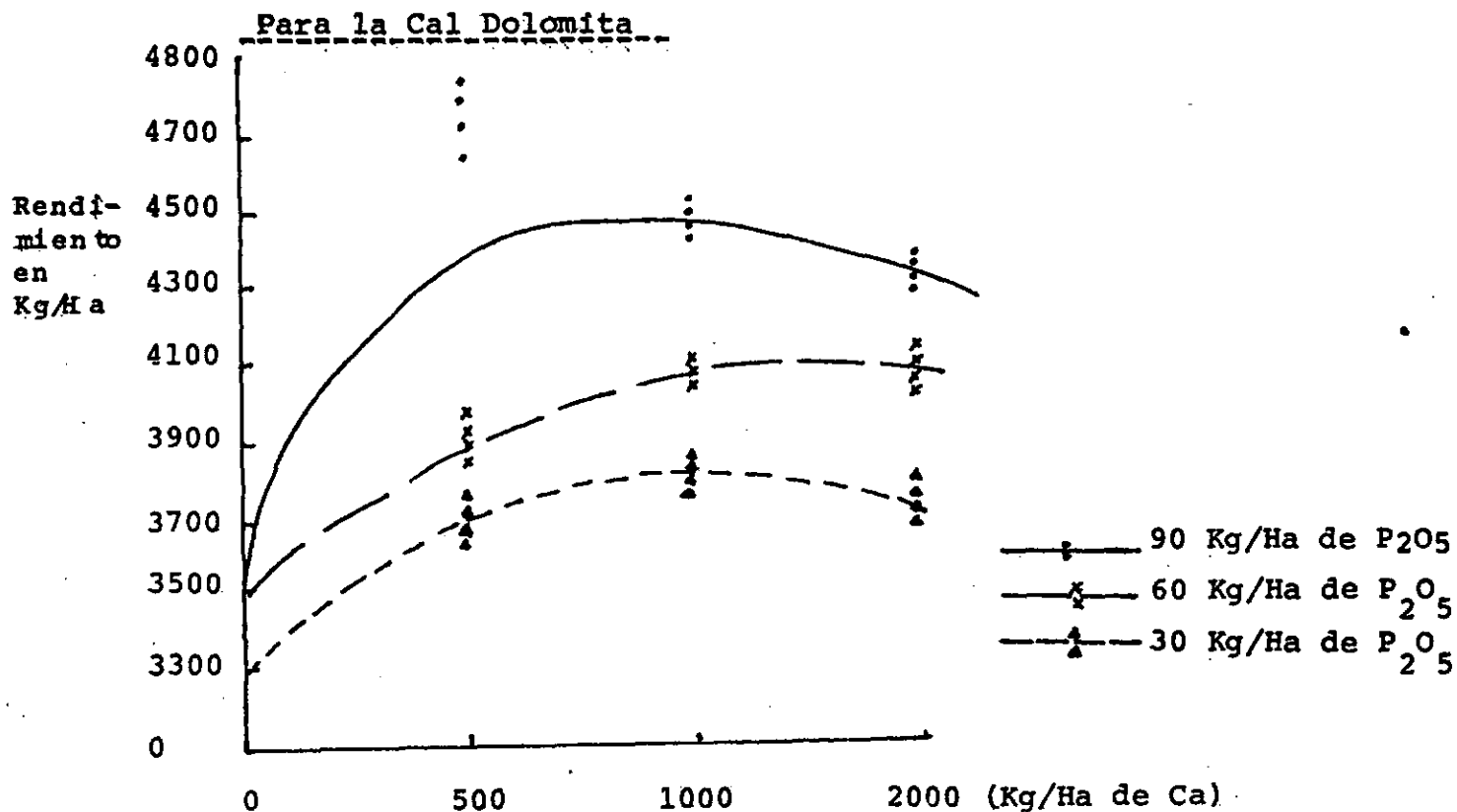
### 2.1) Referente a las fuentes y niveles de cal:

Para la cal hidratada, al comparar la curva de valores de rendimiento (Quetzales /Ha) con la curva de costos de la emmienda (Quetzales /Ha) puede apreciarse que el nivel óptimo económico está marcado a los 1500 Kg/Ha de Ca para esta fuente (gráfica 11). Mientras que para la Cal dolo - mita, el punto óptimo económico es de 1000 Kg/Ha de Ca. (gráfica 12)

GRAFICA 8

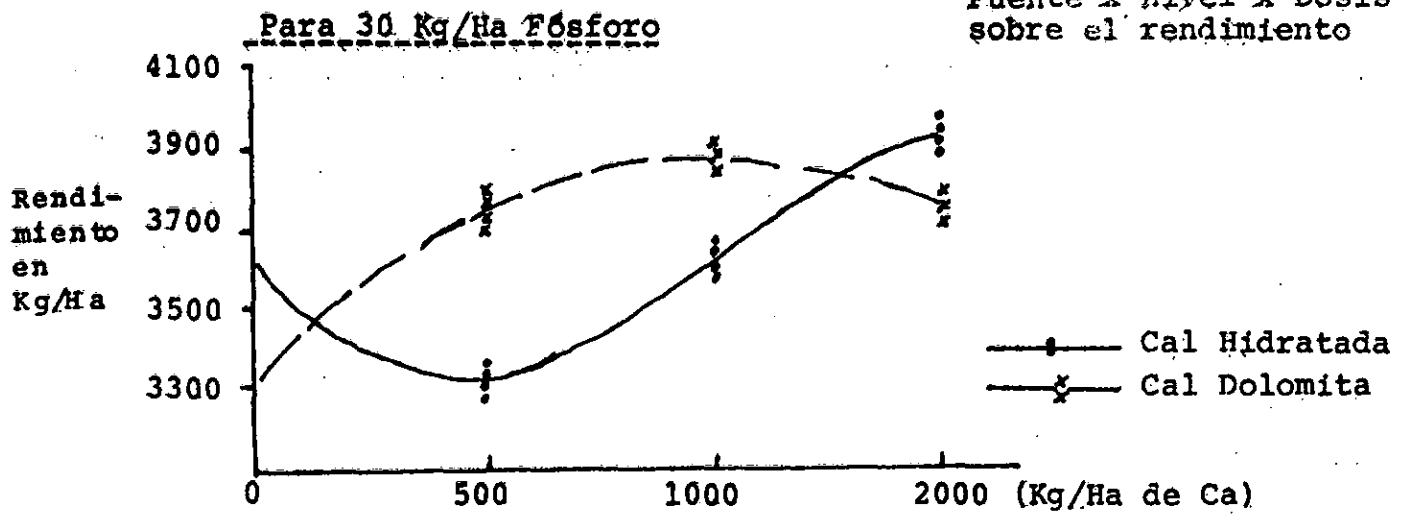


GRAFICA 9

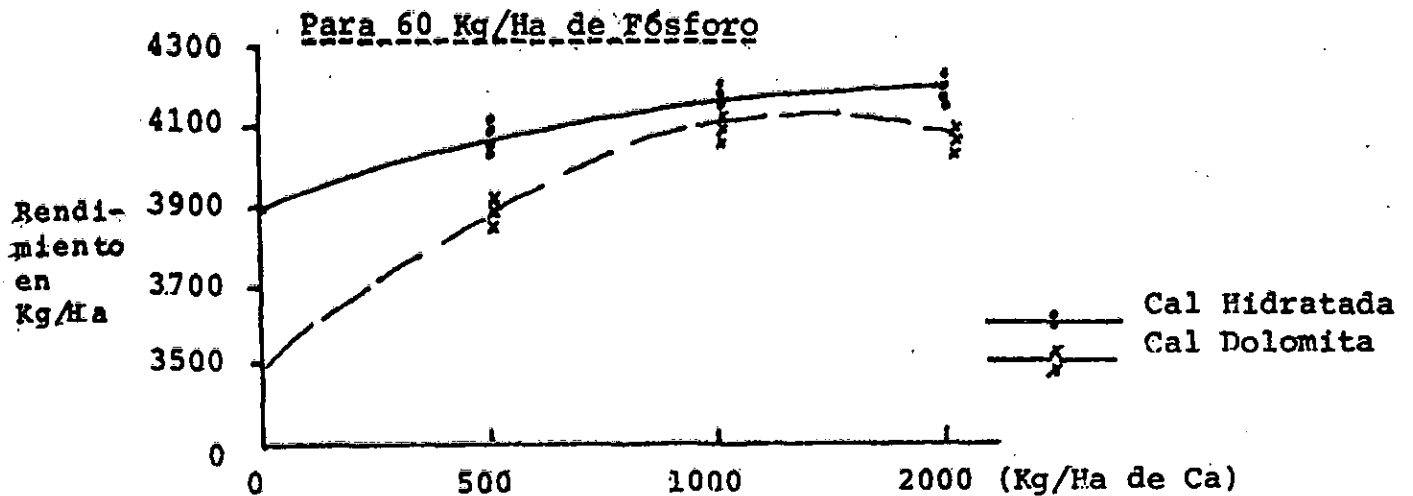


GRAFICA 10 a.

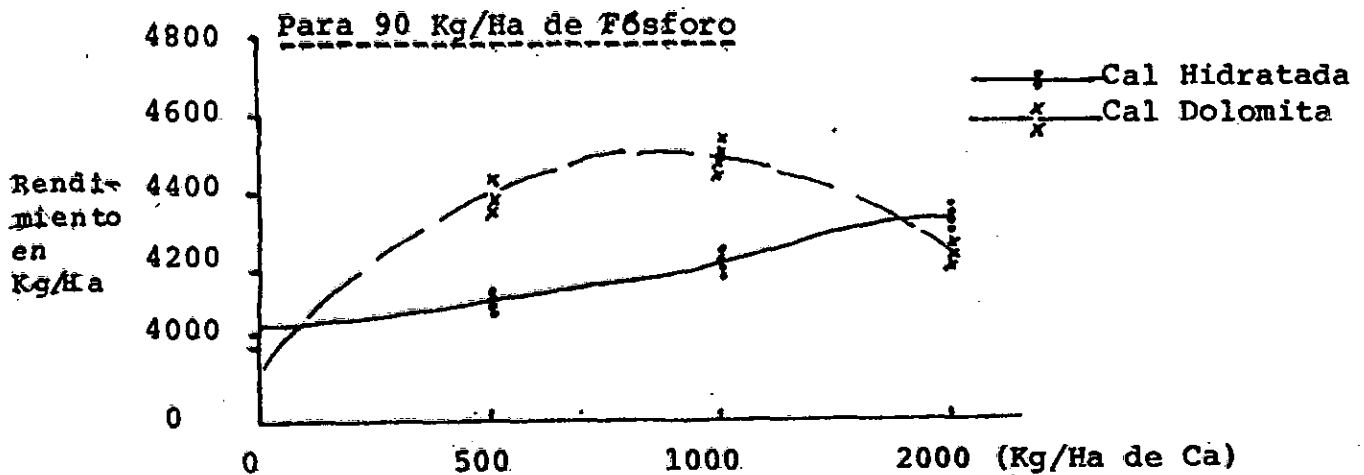
Efecto de la Interacción Fuente x nivel x Dosis sobre el rendimiento



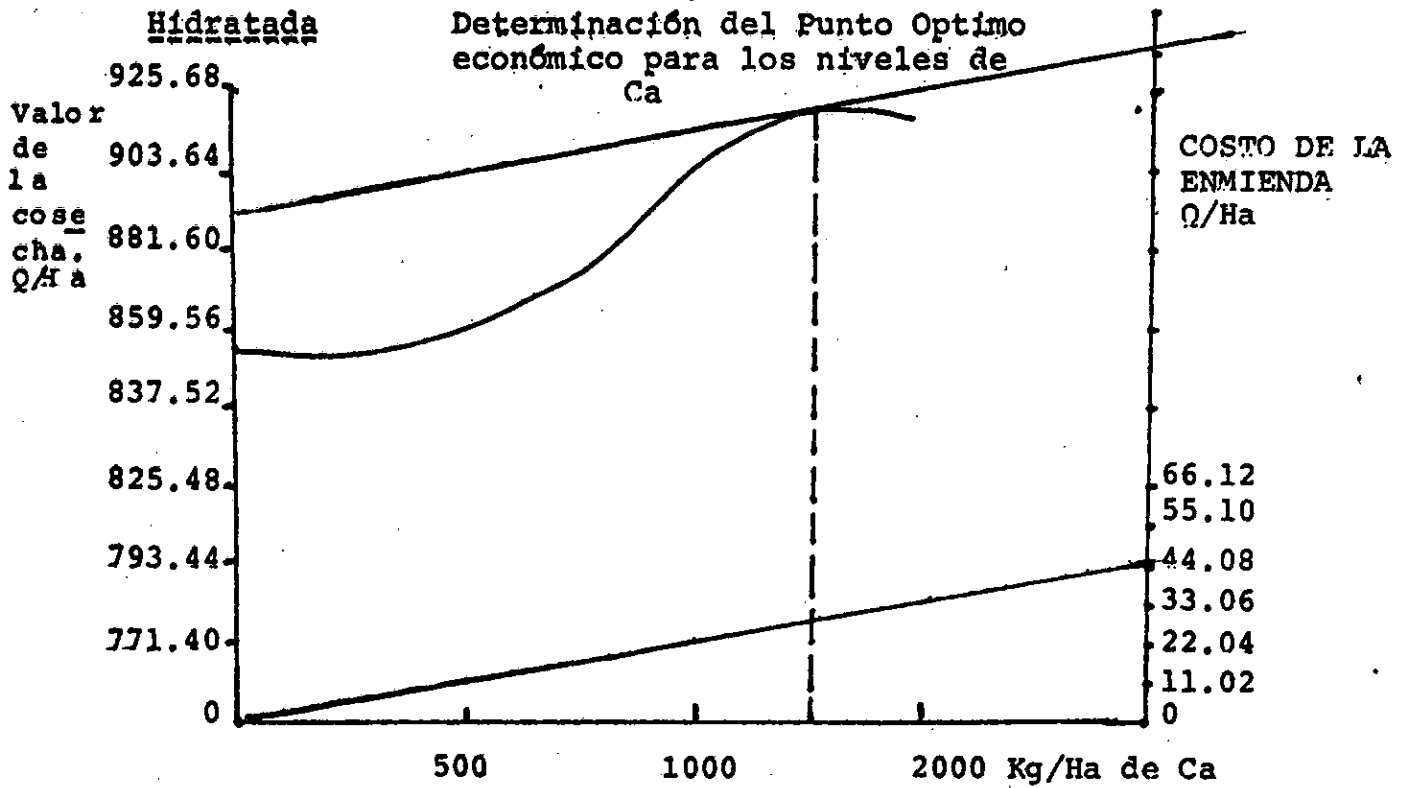
GRAFICA 10.b



GRAFICA 10.c



GRAFICA 11



GRAFICA 12

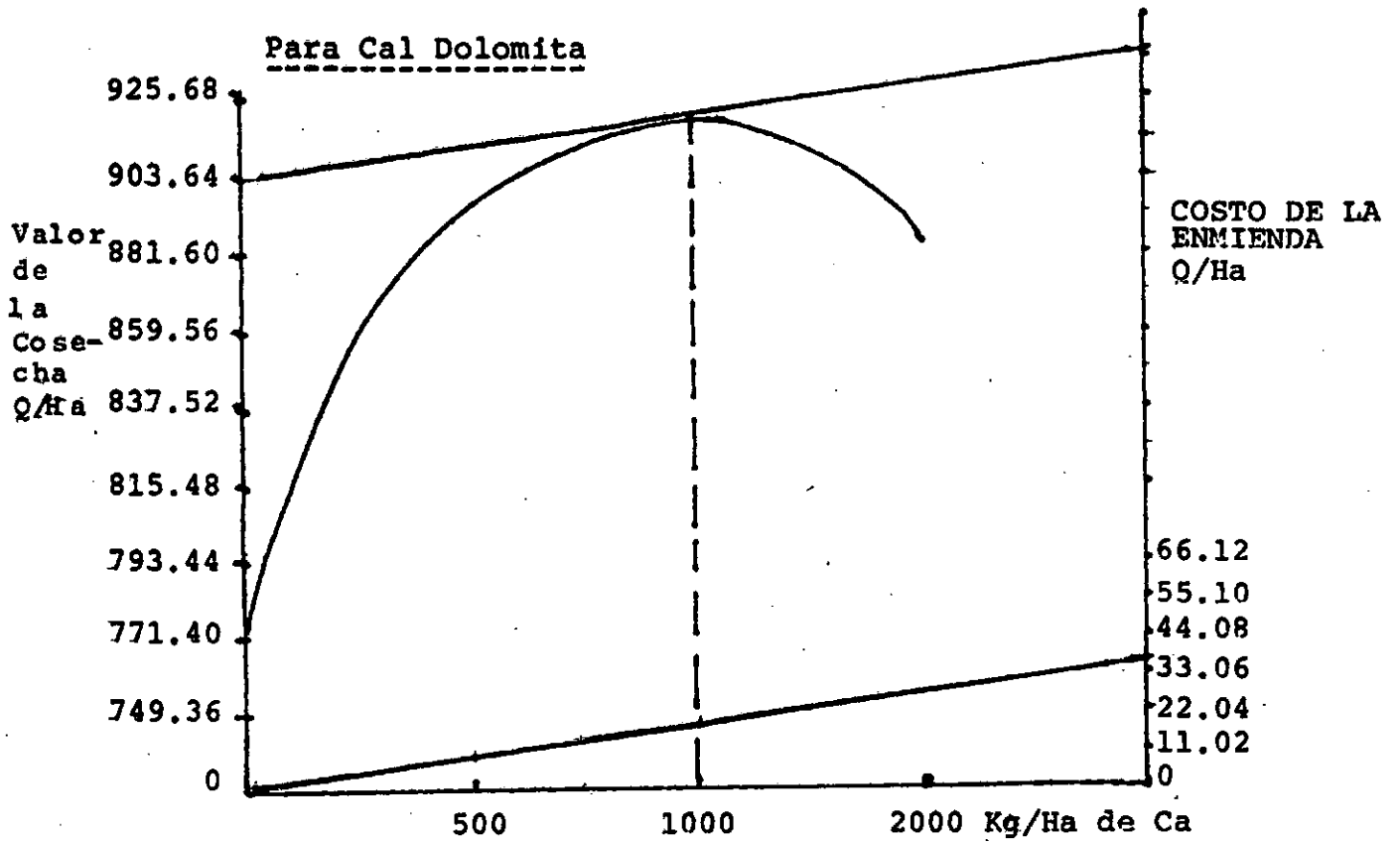


TABLA J

ANALISIS ECONOMICO

DESCRIPCION (*)	Precio /qq	Precio / Kg	Relación Benef. Costo	Valor de la Pend.
Precio venta Arroz	Q. 10.00	Q. 0.2204		
Precio Cal Hidratada	Q. 1.05	Q. 0.0231	$\frac{0.2314}{0.2204}$	0.10499
Precio Cal Dolomita	Q. 0.85	Q. 0.0187	$\frac{0.0187}{0.2204}$	0.08498
Promedio de Ambas	Q. 0.95	Q. 0.0209	$\frac{0.0209}{0.2204}$	0.09496
Precio superfosfato	Q. 14.00	Q. 0.3086	$\frac{0.3086}{0.2204}$	1.400

(\*) Precios para el año 1982

Asimismo se presenta una gráfica (gráfica 13) en la -- que se muestra el nivel óptimo económico referido al - promedio de rendimiento de las 2 fuentes de cal, en la cual se muestra que dicho punto óptimo económico corres<sup>ponde</sup> ponde al nivel 2 de cal (1000 Kg/Ha de Ca)

## 2.2) Referente a la Dosis de Fósforo:

Para esta otra fuente de variación, pudo comprobarse que para los dos tipos de cal, el punto óptimo económico correspondió a la mayor dosis de fósforo. Se presenta - aquí una gráfica que muestra la variación del rendimiento en función de las aplicaciones de fósforo (promedio - de las dos fuentes de Ca) y se aprecia que el punto ópti<sup>mo</sup> económico corresponde a la dosis "C" de fósforo. Apa<sup>rentemente</sup> según la pendiente de la curva de costos del fertilizante, aún queda margen para aumentar otra dosis<sup>-</sup> de fósforo (gráfica 14)

## 3) Respecto al suelo.

### 3.1) Del efecto sobre el pH.

#### 3.1.1.) Referente a los niveles de enmienda:

##### \*.) A los 30 días

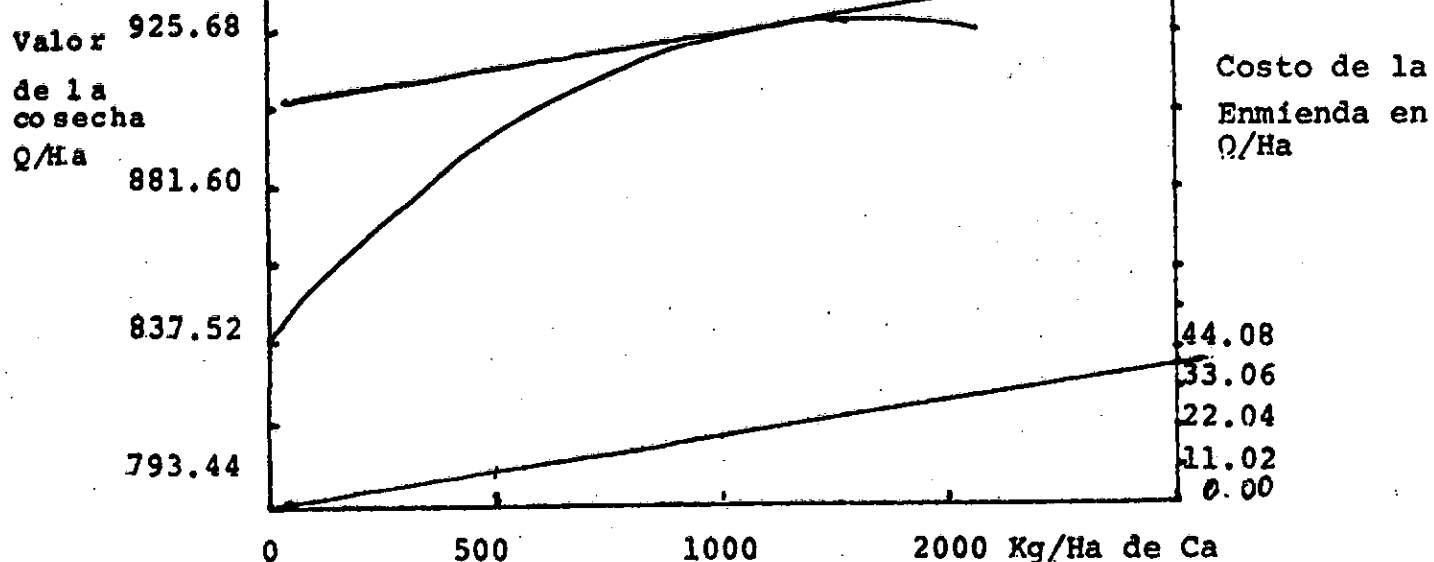
A los 30 días de aplicadas las enmiendas, el pH - subió de 5.0 a 6.0 (valor promedio) con la aplica<sup>ción</sup> ción de 500 Kg/Ha de cal hidratada. Con la apli<sup>cación</sup> cación de 1000 y 2000 Kg/Ha de esta misma cal, el pH subió a 7.0 y 7.7 respectivamente. En la cal dolomita los valores subieron de 5.0 a 7.4, 7.5 y 7.6 (valores promedio) con las adiciones de 500,-



GRAFICA 13

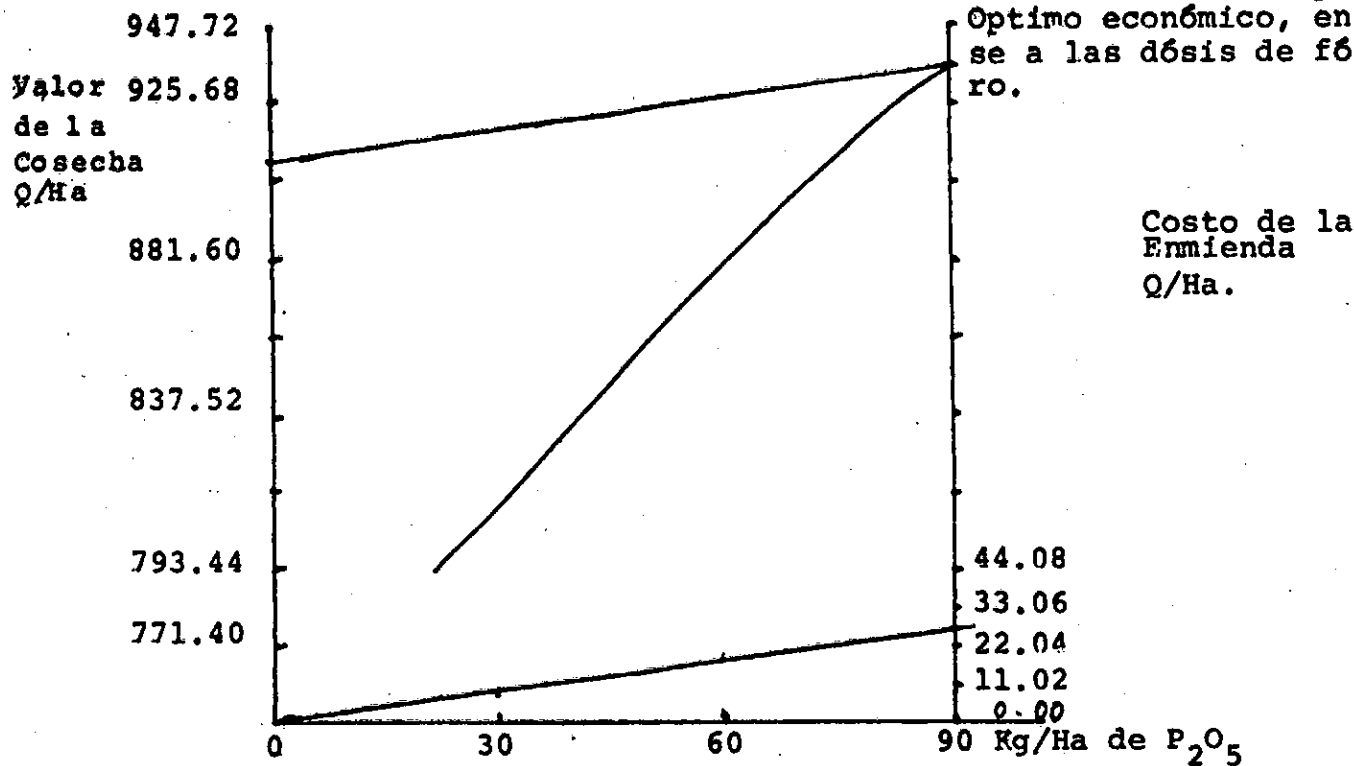
Determinación del Punto  
 óptimo Económico, referi  
 do al promedio en rendi-  
 miento de ambas fuentes  
 de Ca.

PROMEDIO



GRAFICA 14

Determinación del punto  
 Óptimo económico, en ba  
 se a las dosis de fósfo  
 ro.



1000 y 2000 Kg/Ha Ca respectivamente, (Gráfica 15)

Para ambas fuentes las curvas tienen el mismo comportamiento, y puede apreciarse que, al inicio del pH sube drásticamente con la mínima aplicación de cal, lo cual se debe a que por la acidez del suelo, existía una carencia de bases intercambiables, las cuales fueron aportadas con el primer nivel de cal, iniciando la saturación de bases y el rápido aumento del pH. Luego, con mayores aplicaciones de cal el %SB sigue saturándose pero de manera más lenta (debido al bajo CTI del suelo) y gran parte de las bases como Ca y Mg, empiezan a ser disponibles para las plantas. Se aprecia que con mayores aplicaciones de cal no hay aumentos violentos del pH.

-) A los 175 días:

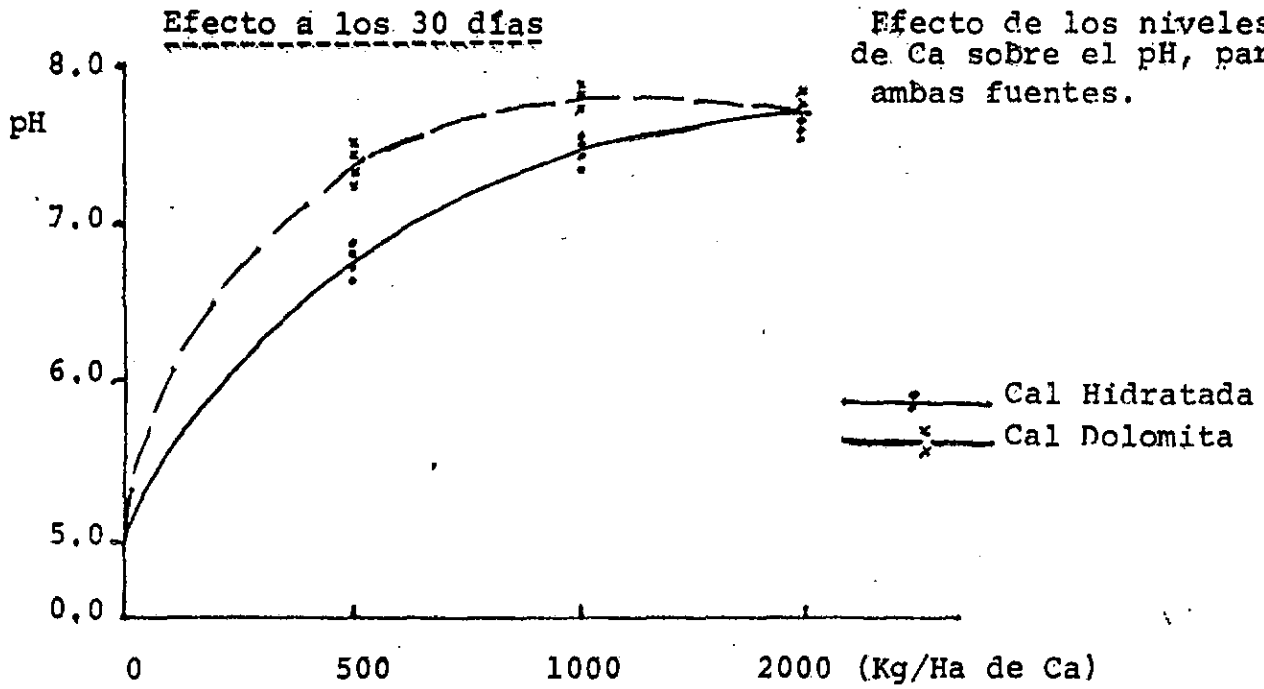
La gráfica 16 muestra que el pH en la cal hidratada bajó a 5.9, 6.0 y 6.25 (valores promedio) en las parcelas donde se había aplicado 500, 1000 y 2000 Kg/Ha Ca. respectivamente. En tanto que en la cal dolomita los valores bajaron a 5.9, 5.9 y 6.2 (en valores promedio) para los mismos niveles antes mencionados:

Este descenso del pH en ambas fuentes de Ca pudo deberse en primer lugar a que durante este período (desde los 30 hasta los 175 días) la planta estuvo absorbiendo las bases disponibles (Ca y Mg) y además, parte de dichas bases fueron lavadas y/o lixiviadas por las constantes lluvias caídas durante este período, y también es posible que haya habido fijación.

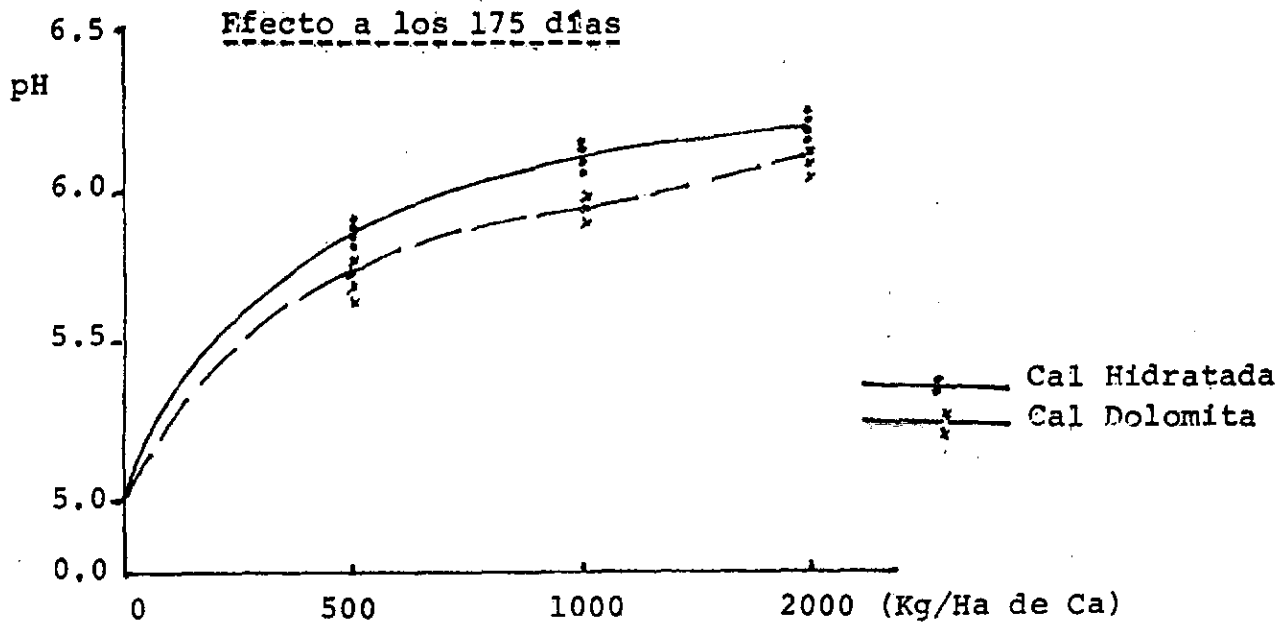
-) A los 360 días:

Finalmente, para esta fecha el pH había con

GRAFICA 15



GRAFICA 16



tinuado bajando hasta alcanzar valores de 5.4; 5.6 y 5.6 (valores promedio) en las parcelas con los niveles 500, 1000 y 2000 Kg/Ha cal hidratada.

En la cal dolomita, el pH también siguió bajando. Para esta fecha se encontraron valores -- promedio de 5.4, 5.5 y 5.6 para los mismos niveles. (gráfica 17)

### 3.1.2) Referente al comportamiento a través del tiempo:

La tendencia general del pH respecto, tanto a las fuentes como a los niveles de cal fue semejante en todos los casos. Se presenta aquí una gráfica que muestra el comportamiento general del pH (para la cal hidratada) durante un año de observación (gráfica 18)

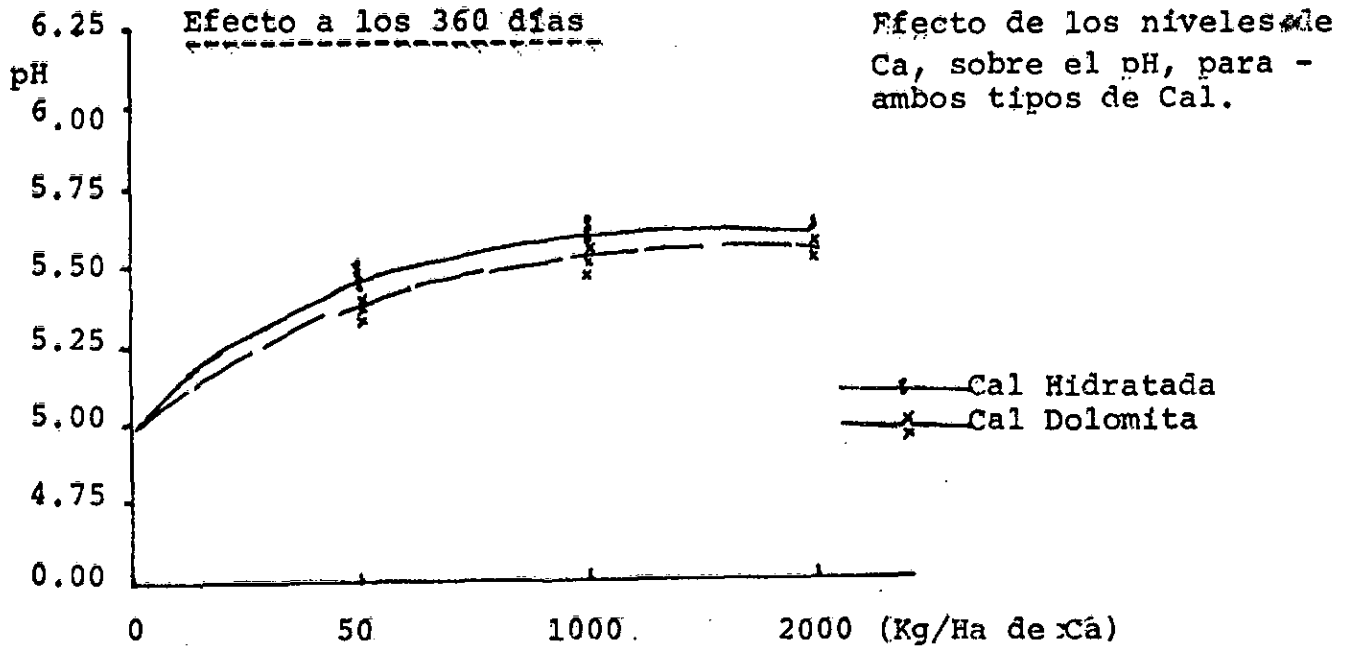
Además, se presenta también otra gráfica de la misma situación para el caso de la cal dolomita (gráfica 19) algo importante de hacer notar aquí es que, al cabo de un año de aplicada la enmienda, el pH quedó elevado en una cantidad promedio de 0.5 unidades, (especialmente los niveles de 1000 y 2000 Kg/Ha Ca), con lo cual se deduce que con aplicaciones de cal a estos niveles durante 3 años consecutivos, el valor pH puede ser llevado fijamente a la neutralidad.

### 3.1.3) Referente a la interacción con las dosis de fósforo.

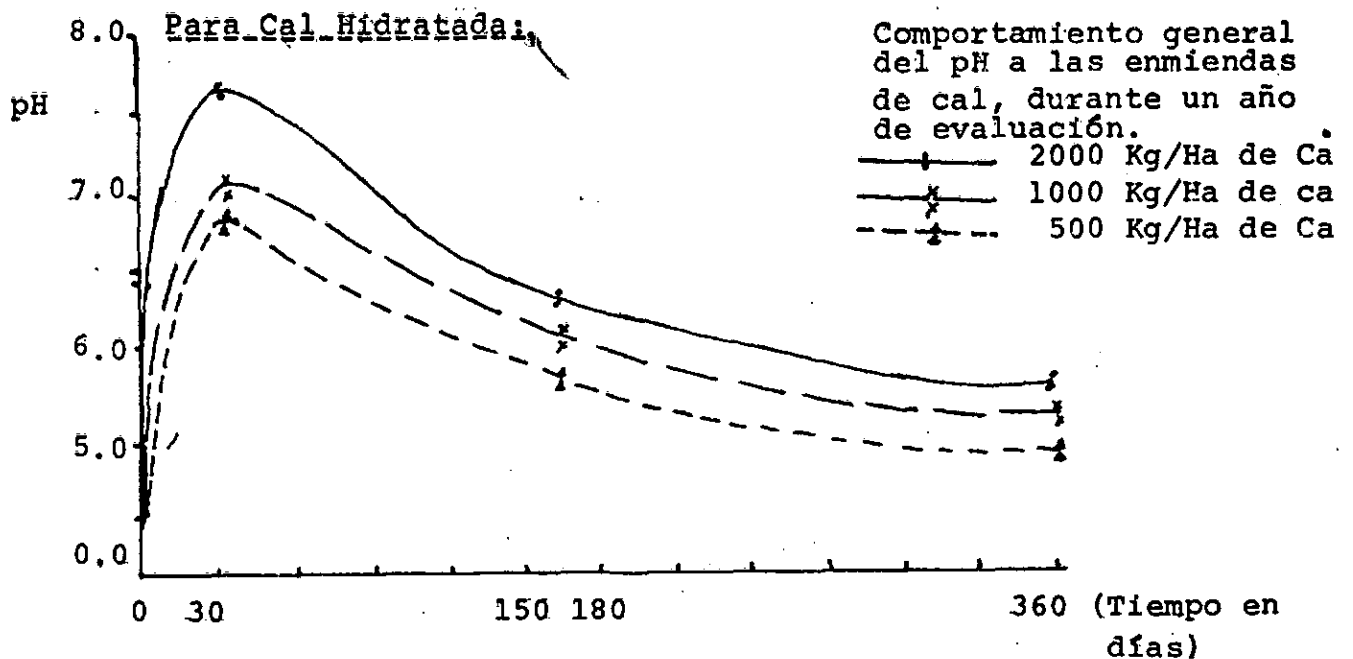
#### 3.1.3.1) Del efecto de cal hidratada:

- ) Al estudiar el comportamiento del pH en relación a las dosis de fósforo para esta cal, pudo apreciarse que en las subsub parcelas destinadas a 30 Kg/Ha,  $P_2O_5$  a los

GRAFICA 17



GRAFICA 18



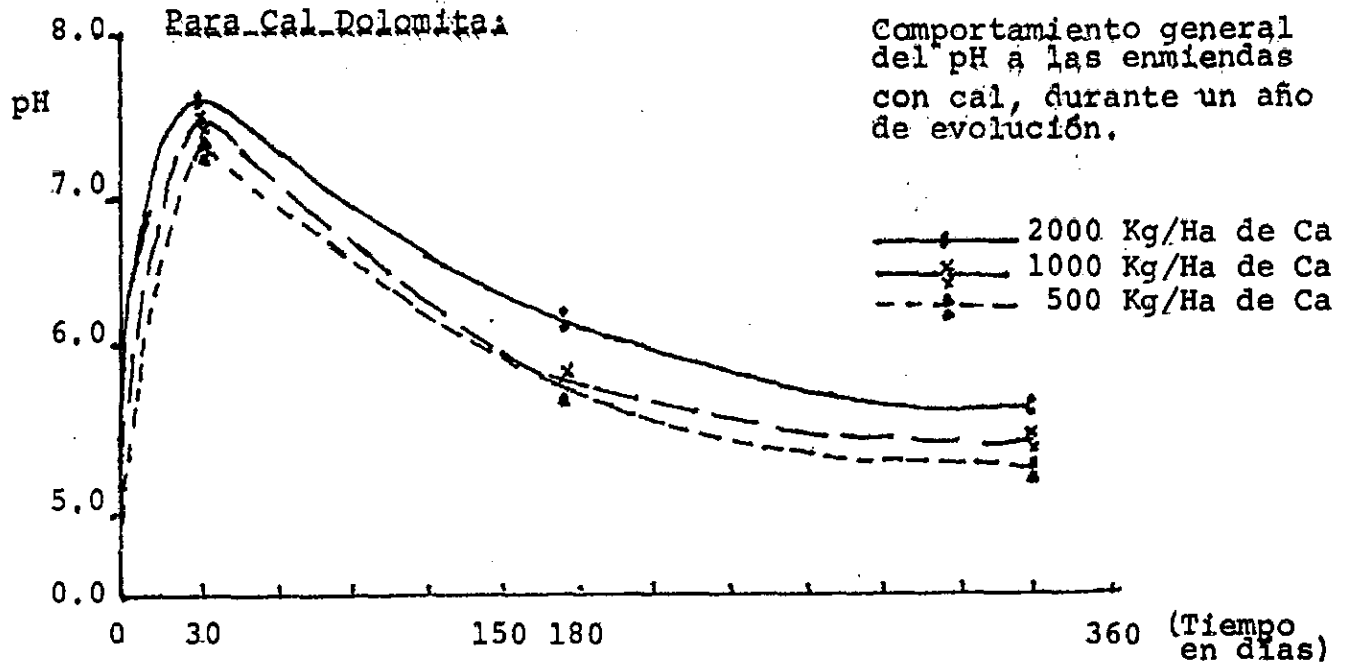
30 días el pH había subido a valores de 7.1, 7.3 y 7.5 para los niveles 1, 2 y 3 de cal (ver referencias, página 22). Pero a los 175 días en estas mismas sub-sub parcelas los valores se encontraban en 6.1, 6.1 y 6.5, y a los 360 días los valores pH fueron 5.4, 5.6 y 5.6 en sus respectivos niveles. El pH quedó elevado 0.6 unidades (gráfica 20)

- ) En las sub-subparcelas destinadas a 60 kg/Ha  $P_2O_5$  pudo observarse que el pH subió a 7.1, 7.5 y 7.5 a los 30 días. A los 175 días volvió a bajar a 5.8, 6.0 y 6.3 y al año se encontró que estas parcelitas el pH estaba en 5.3, 5.6 y 5.6 para los niveles 1, 2 y 3 de cal (ver referencias, página 22) (Gráfica 21)
- ) En las sub-subparcelas destinadas a 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  el pH subió a 7.4, 7.6 y 7.7 a los 30 días, sin embargo durante el ciclo de cultivo (175 días) bajó a niveles de 5.9, 6.0 y 6.1 y al cabo de 360 días el pH estaba en 5.4, 5.5 y 5.6 para las enmiendas 1, 2 y 3 de cal (ver referencias en página 22) (Gráfica 22).

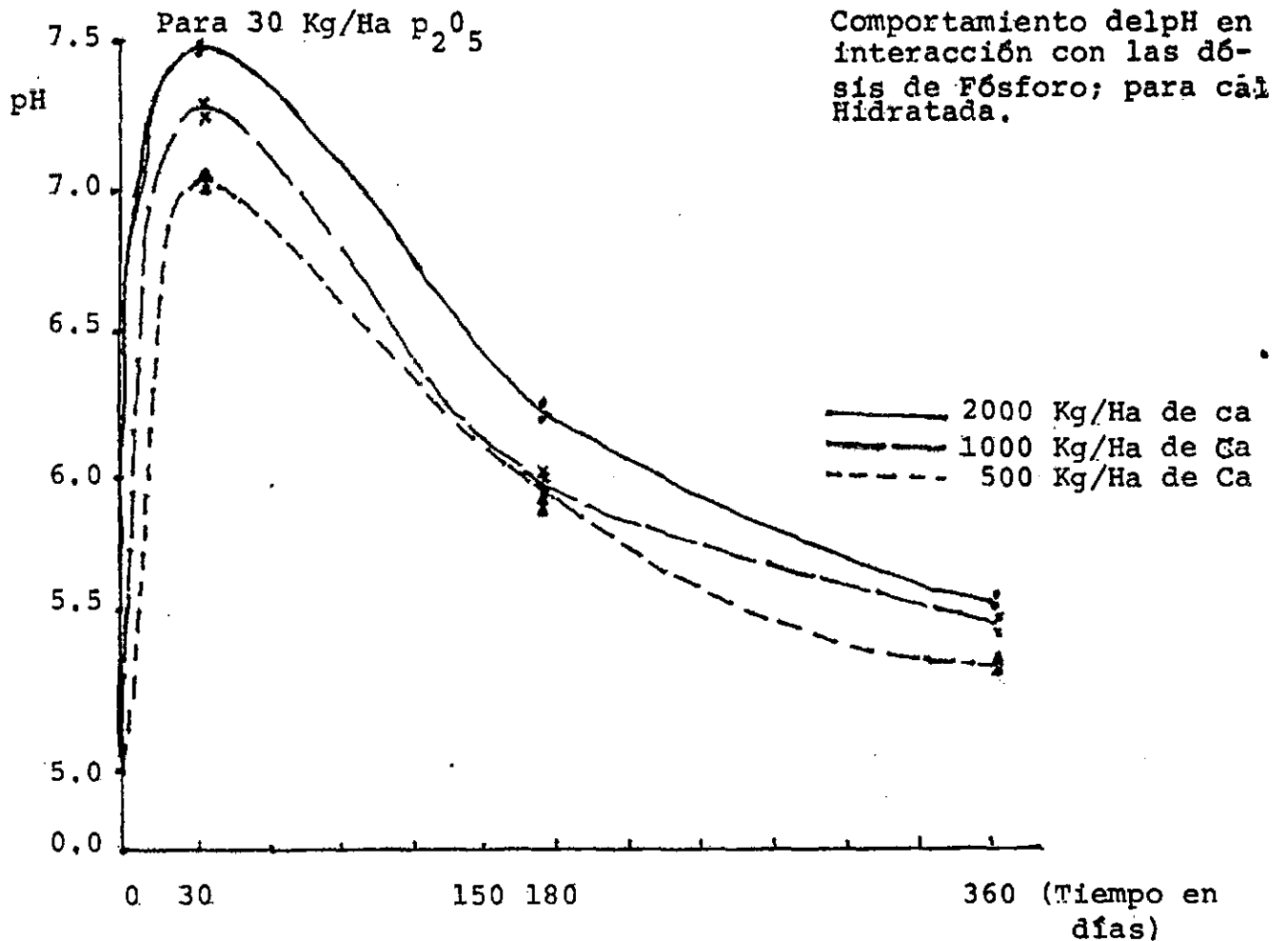
#### 3.1.3.2) Del efecto de la cal Dolomita:

- ) Muy similar es el caso de la dolomita en las sub-subparcelas destinadas a 30 Kg/Ha P. A los 30 días los valores subieron a 7.1, 7.2 y 7.4 para los niveles de 500, 1000 y 2000 Kg/HaCa. A los 175 días ha-

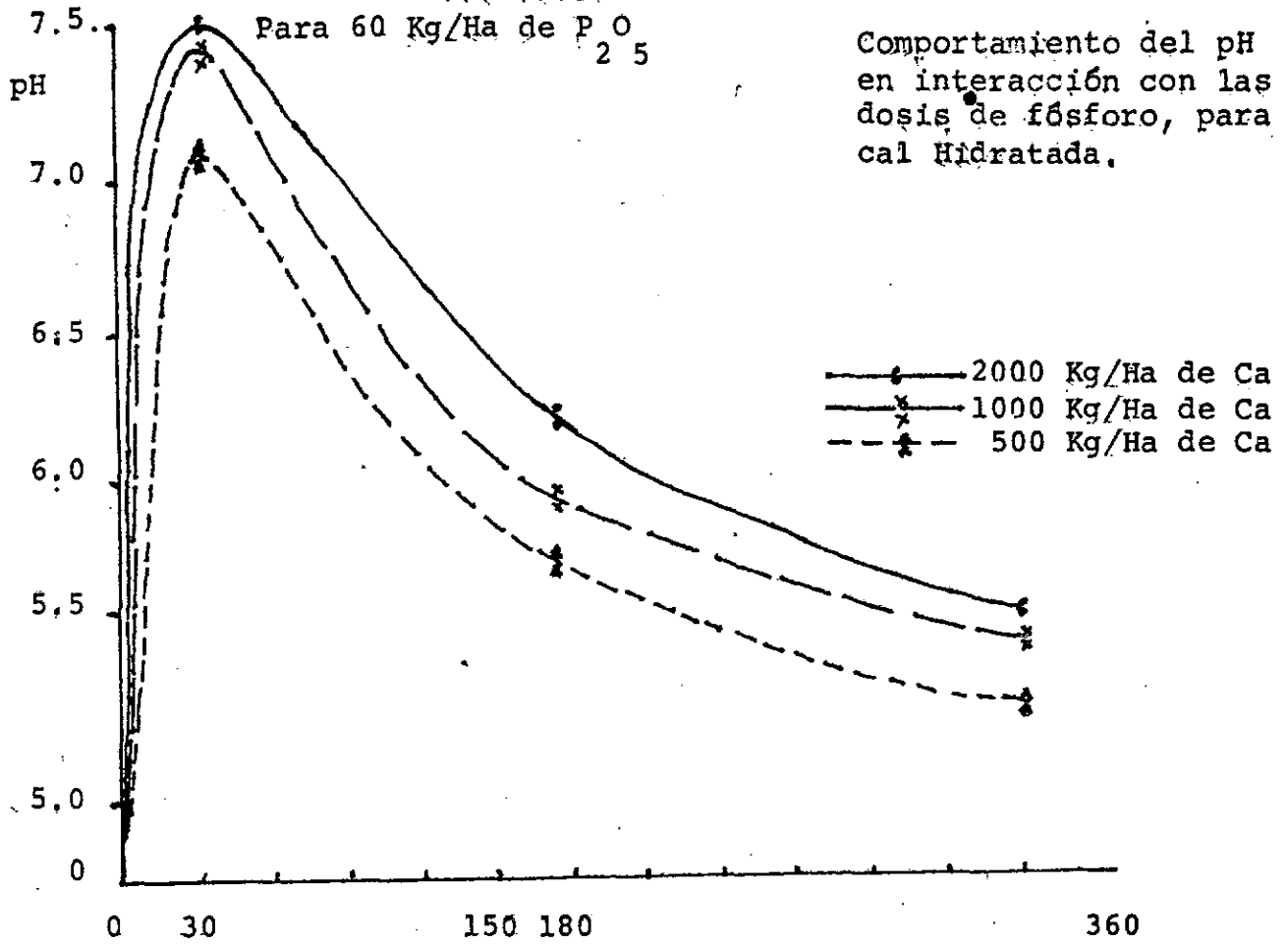
GRAFICA 19



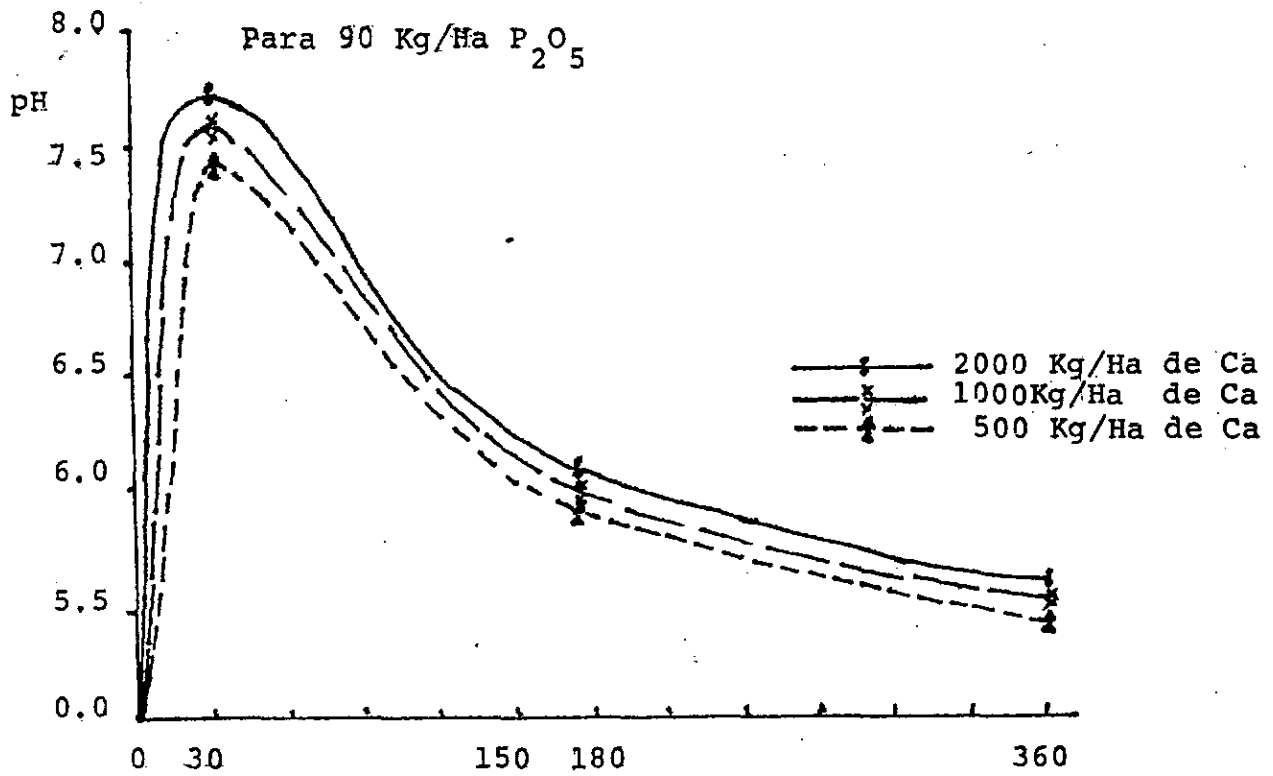
GRAFICA 20



GRAFICA 21



GRAFICA 22





bían bajado a 5.8, 5.9 y 6.3 y al final los valores se encontraban en 5.5, 5.7 y 5.7. El pH quedó elevado 0.7 unidades - (graf. 23).

-) Para las sub-subparcelas que llevaron 60 Kg/Ha  $P_2O_5$ , la variación de pH fué así, respecto a los niveles 500, 1000 y 2000, Kg/Ha Ca: a los 30 días subió a 7.3, 7.3 y 7.4. A los 175 se encontraron valores de 5.8, 5.9 y 6.1 Y a los 360 días los valores estaban en 5.5, 5.5 y 5.6 respectivamente. (Gráfica 24).

-) Para las sub-subparcelas de 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  la variación fue de esta manera: a los 30 días subió a valores de 7.3, 7.5 y 7.6. A los 175 estaba en 5.9, 6.1 y 6.3 y a los 360 días el pH estaba en 5.3 5.5 y 5.6 para los niveles 500, 1000 y 2000 kg/Ha Ca. (Gráfica 25).

Se señala que para ambas fuentes de Ca. no importando la dosis de fósforo, el pH quedó aumentado en 0.6 unidades, después de un año de aplicadas las enmiendas.

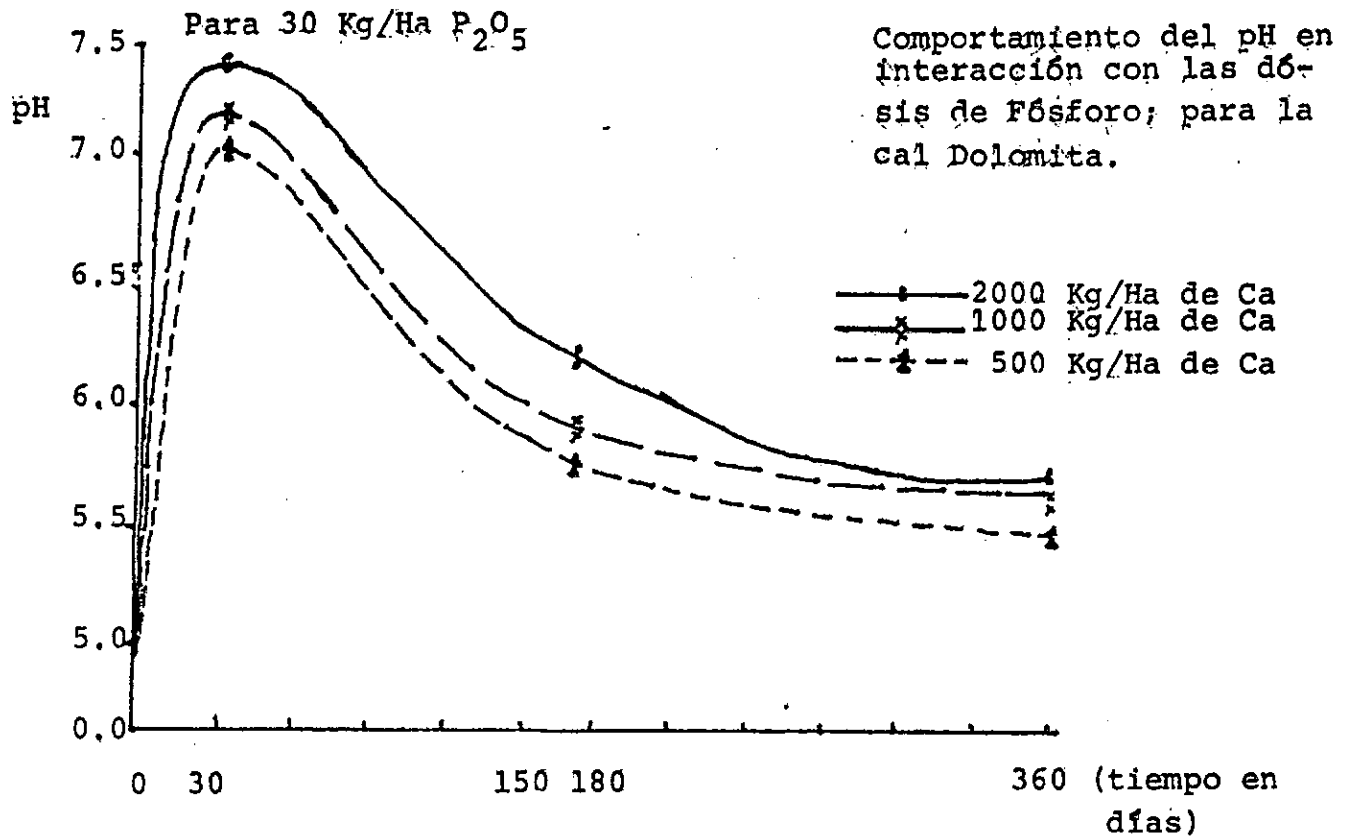
### 3.2)

Del efecto sobre el Calcio.

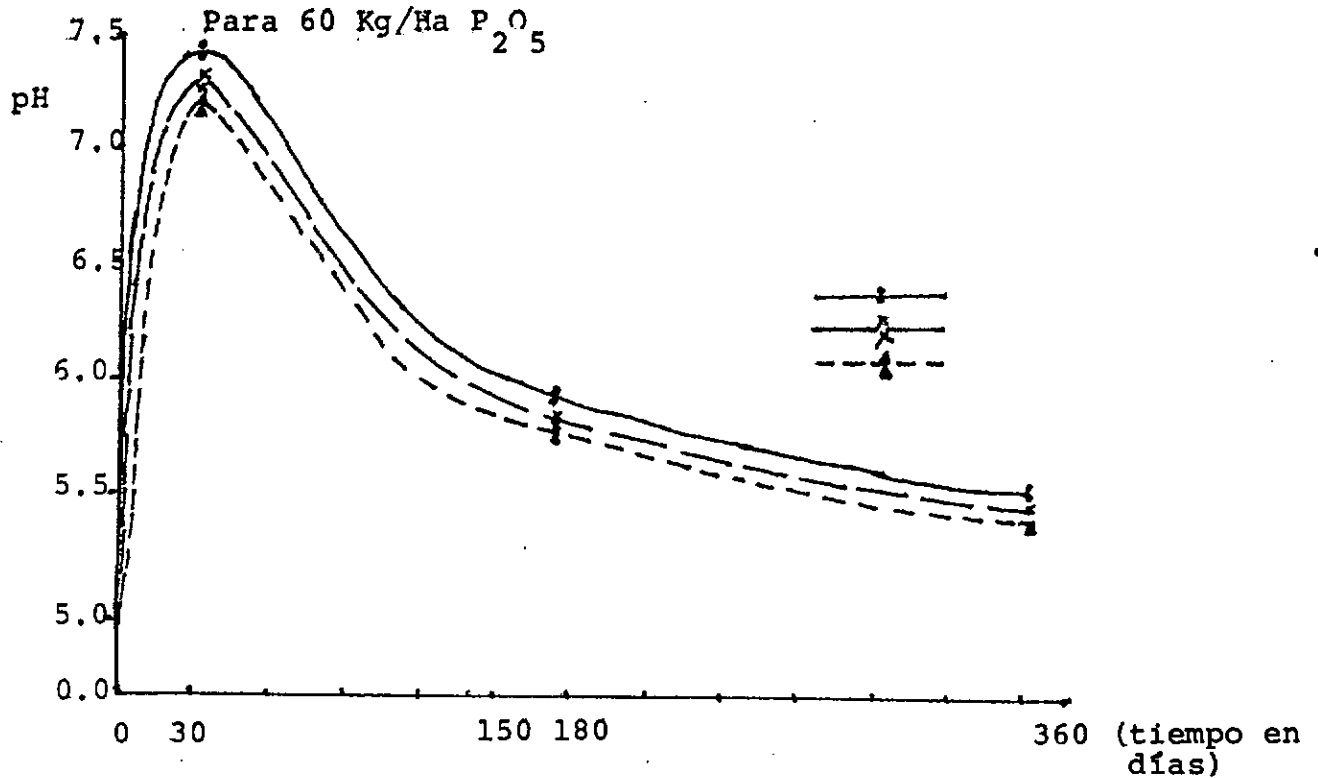
#### 3.2.1) Referente a la cal Hidratada:

Como consecuencia directa de la aplicación de las enmiendas, el nivel de calcio disponible subió, de acuerdo a la cantidad de cal aplicada, así, a los 30 días se encontraron valores promedio de 4.0, 6.3 y 9.5 meq/100 gr. suelo, para los niveles 1,

GRAFICA 23.



GRAFICA 24



2 y 3 respectivamente (ver referencias, pág 22) a los 175 días, los valores habían bajado a 2.82, 2.41 y 4.14 meq/100 gr. suelo, lo cual se debió a utilización de este elemento por la planta, a pérdidas por lixiviación, y a fijación. Al final del ciclo del cultivo los valores se mantuvieron un poco superiores a los encontrados al principio. A los 360 días el descenso continuó hasta - tal punto que se encontraron valores de 1.34 1.5 y 1.55 meq/100 gr suelo para los niveles aludidos respectivamente (gráfica 26)

### 3.2.2) Referente a la Cal Dolomita:

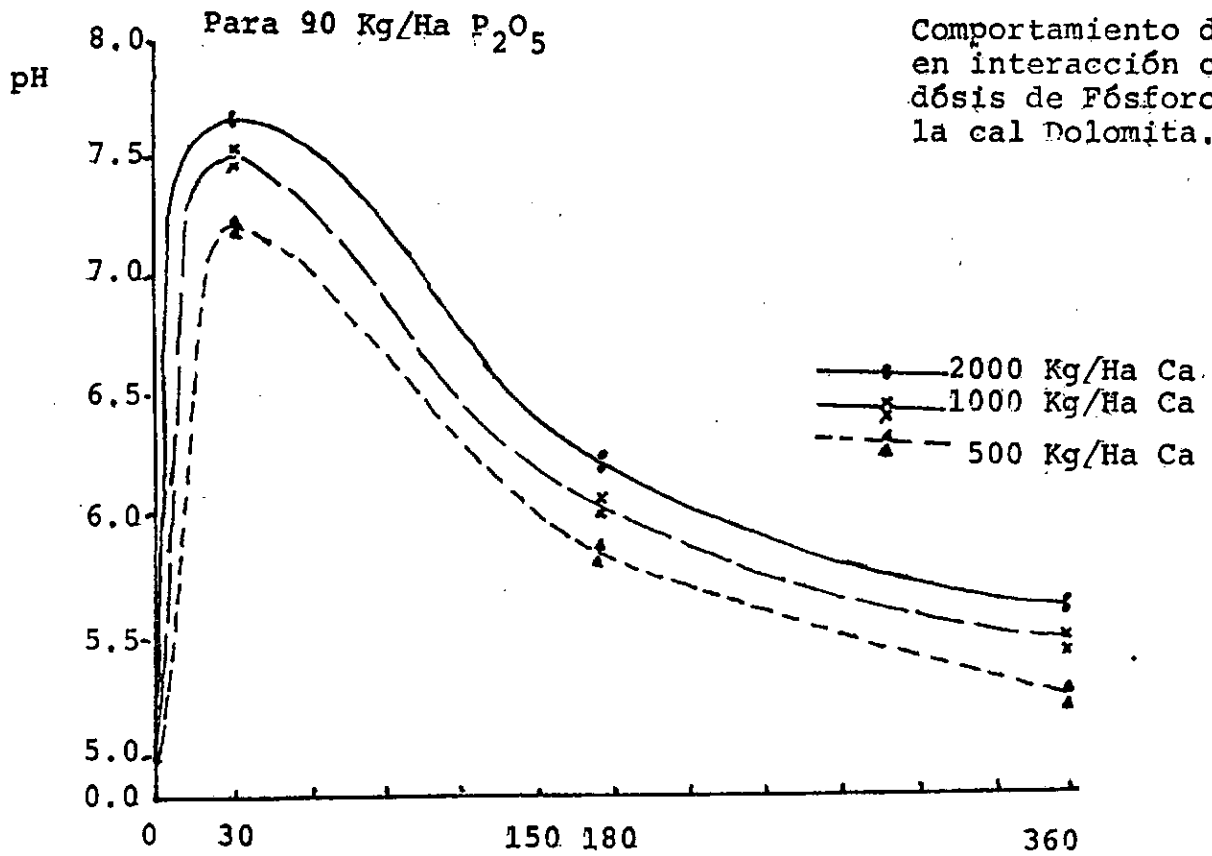
La gráfica 27 muestra el comportamiento del Calcio disponible bajo el efecto de esta cal. A los 30 días los valores eran de 4.5, 6.5 y 9 meq/100 gr suelo para los niveles, 1, 2 y 3 (ver referencias página 22 ) A los 175 días se encontró un decrecimiento de esos valores, los cuales estaban en 2.07, 2.25 y 2.0 meq/100 gr. suelo respectivamente y al año, se lograron determinar niveles de 1.43, 1.31 y 1.48 meq/100 gr suelo, para las cantidades de cal aludidas.

### 3.3) Del efecto sobre el Magnesio:

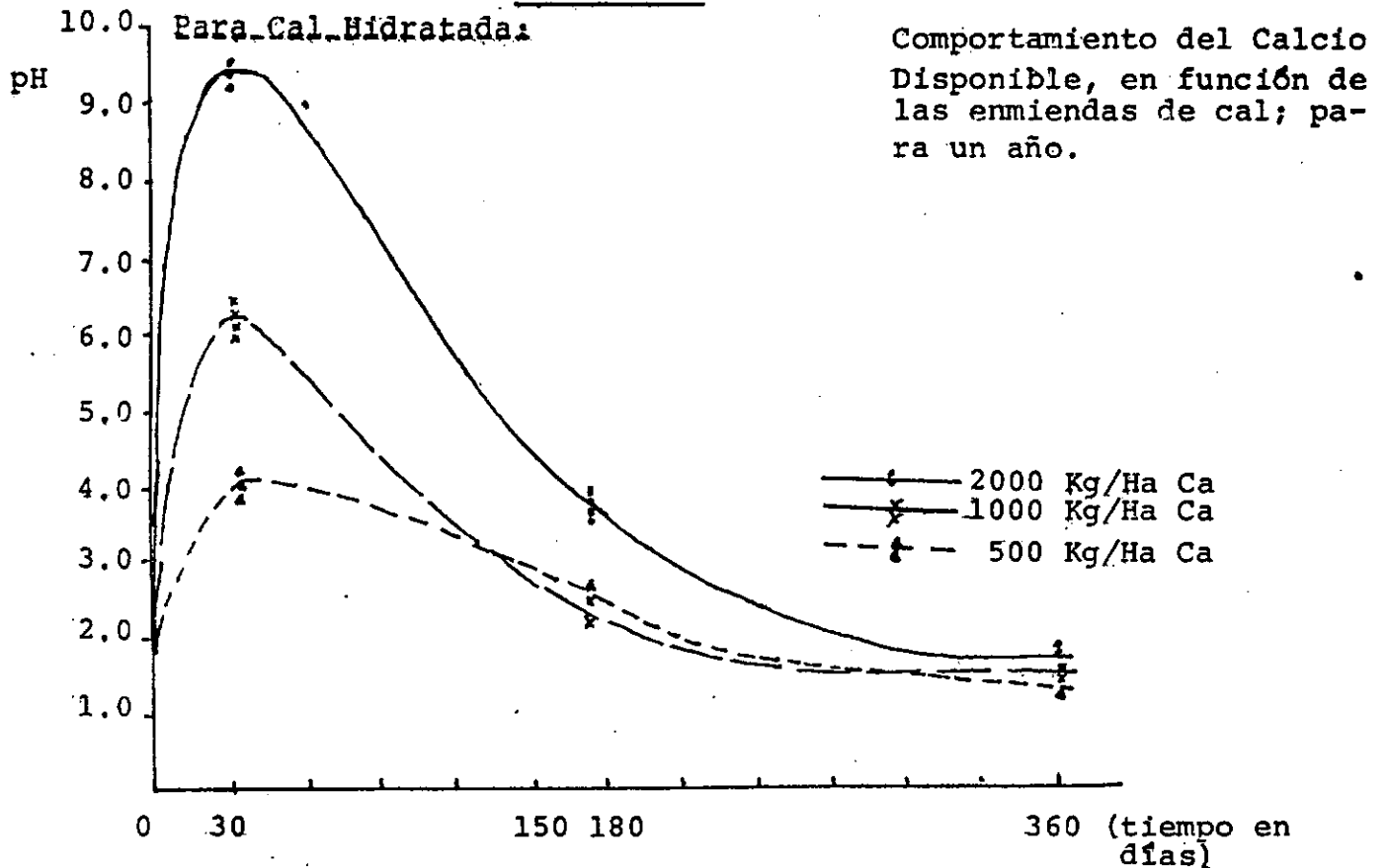
#### 3.3.1) Referente a la cal Hidratada:

Las variaciones de este elemento estuvieron directamente relacionadas con las aplicaciones de enmienda. A los 30 días pudo establecerse que los valores estuvieron por 0.92, 1.15 y 1.30 meq/100 gr (promedio) pa-

GRAFICA 25



GRAFICA 26



ra los valores 1, 2 y 3 de enmienda (ver referencias pág 22). A los 175 días los valores habían bajado a 0.55, 0.54 y 0.75 meq/100 gr, para los mismos niveles; y a los -- 360 días los valores estuvieron en 0.46, 0.48 y 0.58 meq/100 gr (gráfica 28)

### 3.3.2) Referente a la cal Dolomita:

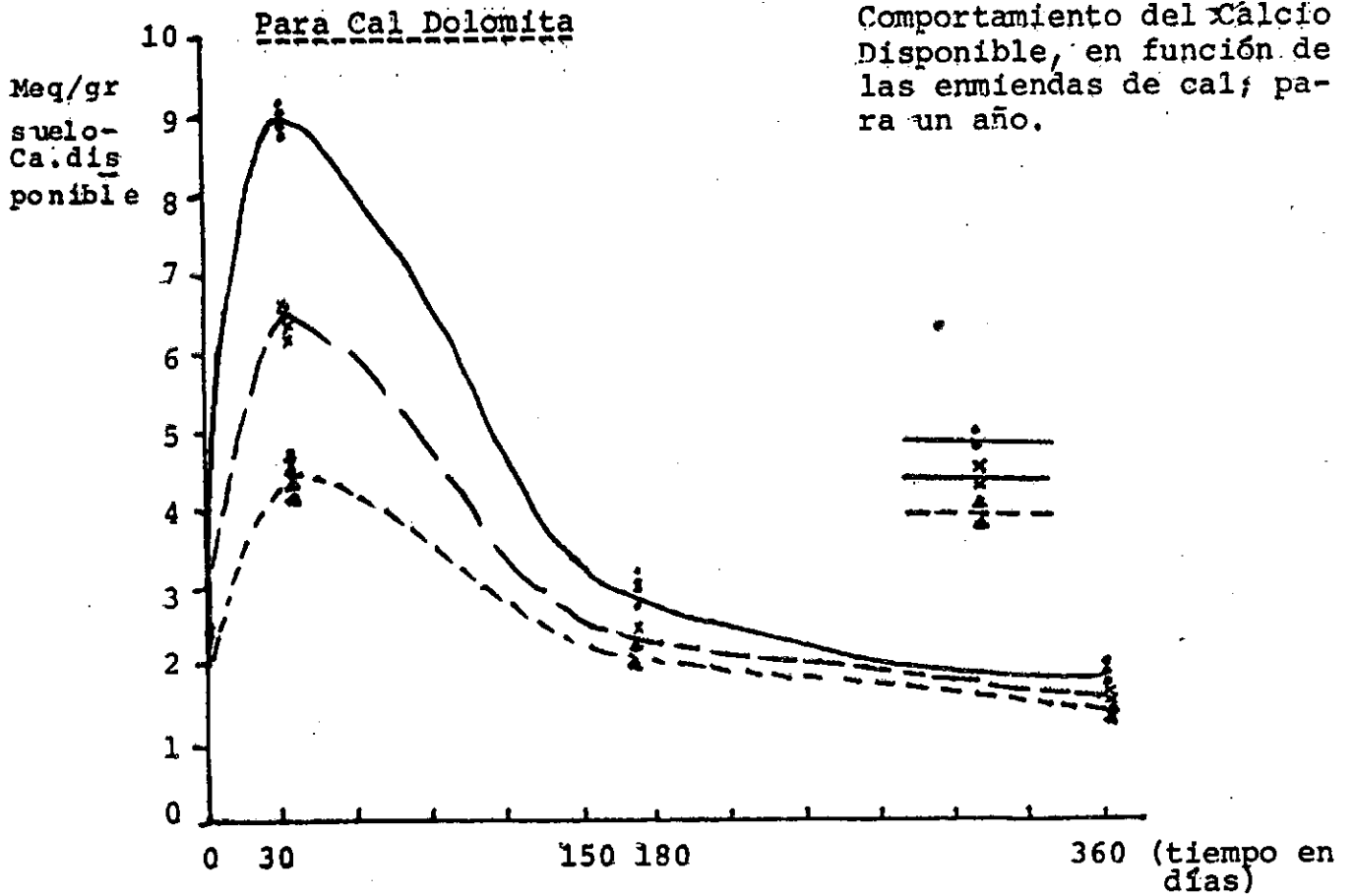
Respecto al comportamiento del magnesio disponible a los 30 días se encontraron valores de 1.16, 1.56, 1.69 meq/100 gr. A -- los 175 días los valores habían bajado a 0.78 0.74 y 0.99 meq/100 gr. y a los 360 días -- 0.54, 0.66 y 0.70 meq/100 gr, por las enmiendas 1.2 y 3 (ver referencias página 22) (gráfica 29).

### 3.4) Del efecto sobre el fósforo:

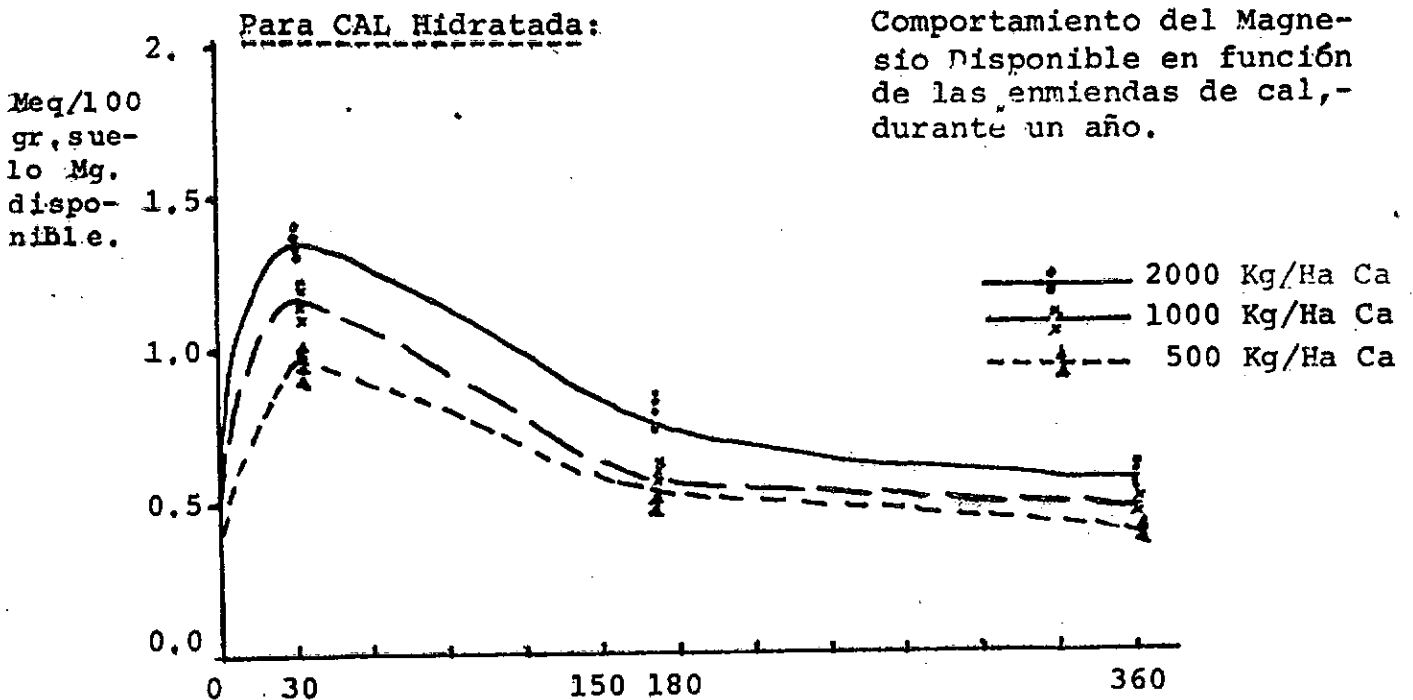
#### 3.4.1) Referente a los niveles de enmienda:

Al principio, cuando se inició este estudio, entre las condiciones fisico-químicas del suelo se encontró una presencia de 4.25 meq/100 gr suelo de  $P_2O_5$ . (cuadro 1). A los 30 días de aplicadas las enmiendas de cal - (No de fósforo), los niveles de fósforo se mantuvieron regularmente en su estado inicial. Posteriormente se hicieron las aplicaciones de las 3 dosis de fósforo (30-60 y 90 Kg/Ha) en sus respectivas sub-subparcelas (ver diseño del experimento, anexo 3). A los 175 días se hizo un análisis de suelo

GRAFICA 27



GRAFICA 28



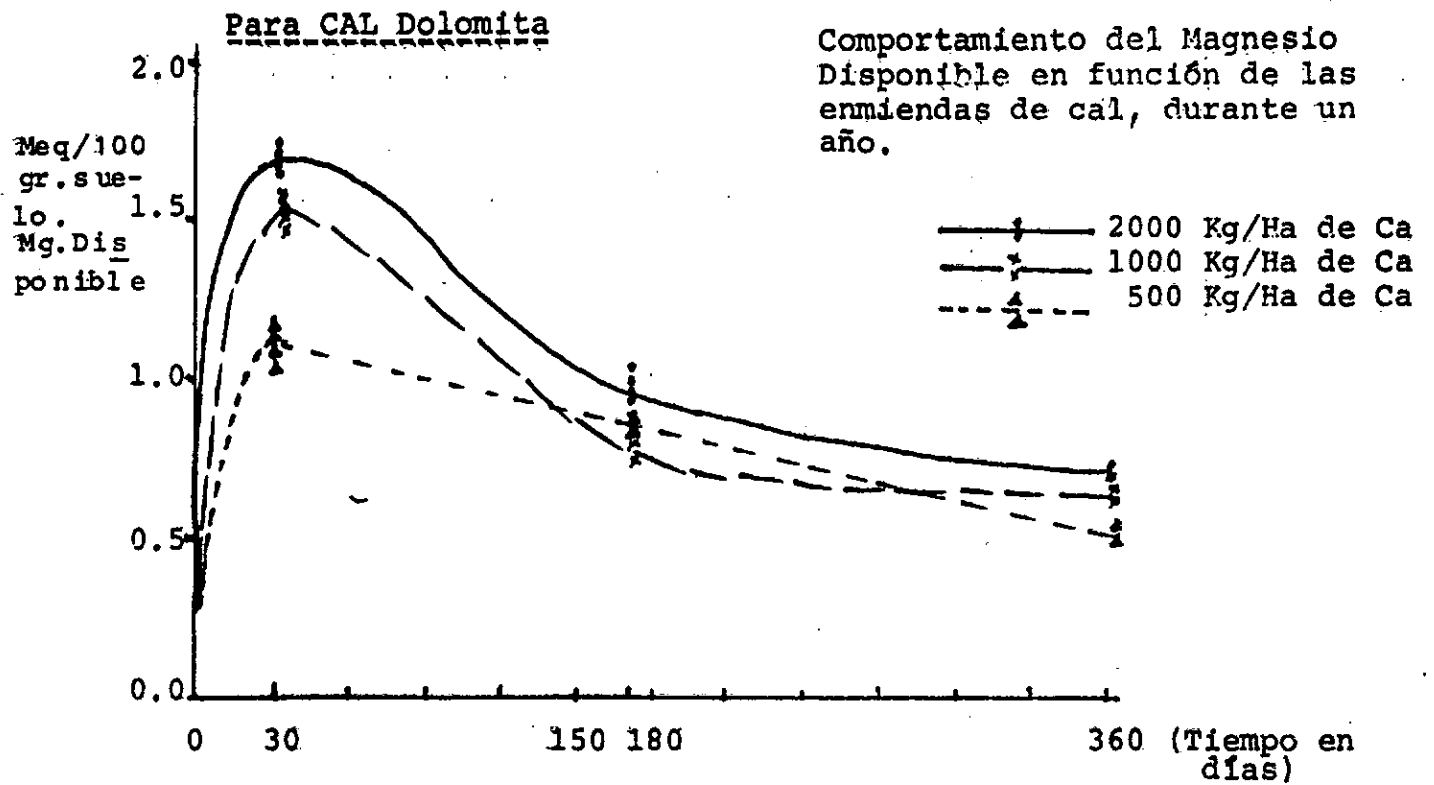
y pudo comprobarse lo siguiente:

3.4.1.1) Para la Cal Hidratada:

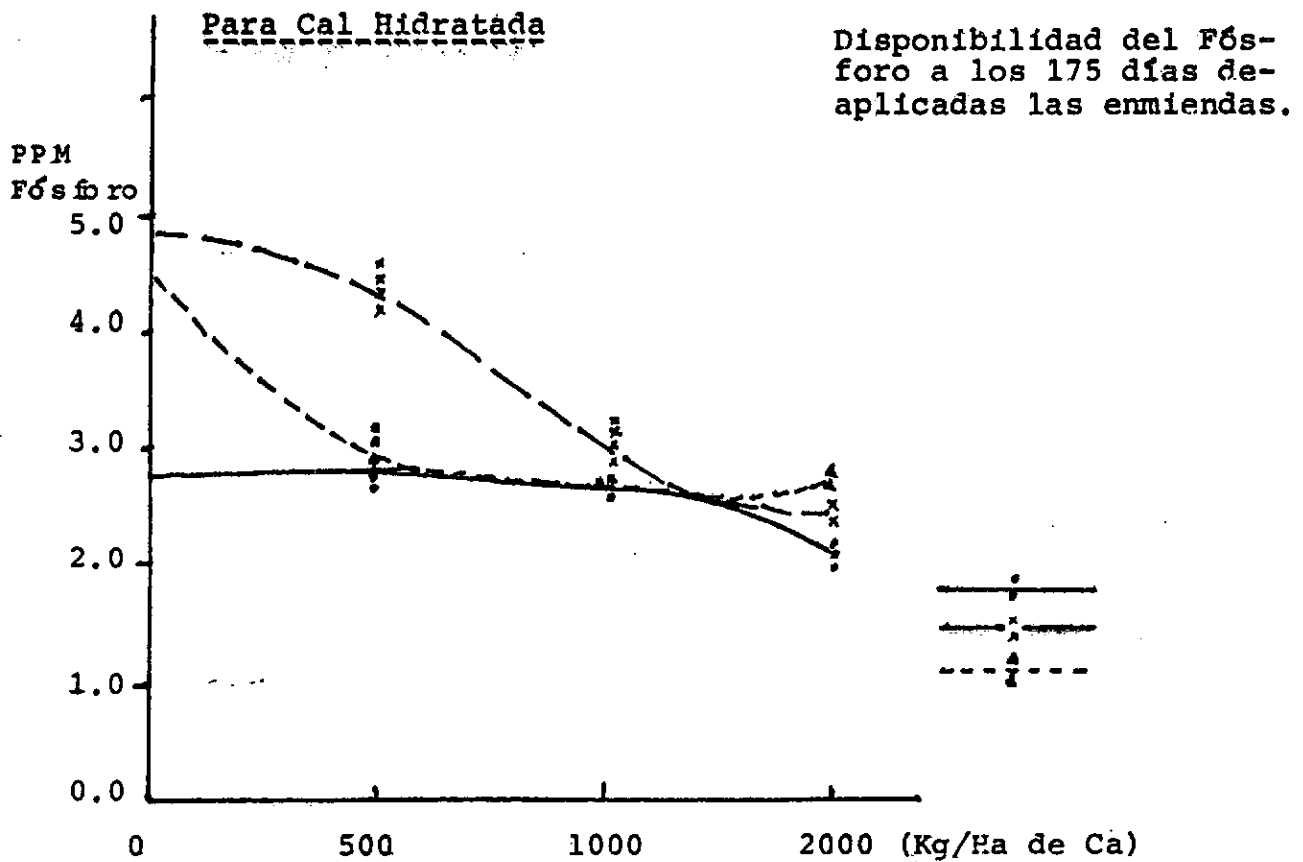
- a) Que la dosis mínima de fósforo -- (30 Kg/Ha) quedó en un valor de 4.58 mg/ml para las parcelas con nivel cero (0) de cal, mientras -- que para los niveles 1, 2 y de -- cal (ver referencias, página 22) los valores fueron 2,88, 2.83 y 2.75 mg/ml respectivamente (gráfica 30);
- b) En la misma grafica 30 muestra que la dosis de 60 Kg/Ha  $P_2O_5$  tuvo un valor de 4.83 mg/ml para el nivel 1, 2 y 3 de cal los valores fueron 4.80, 2.75 y 2.75 mg/ml respectivamente.
- c) Finalmente para la dosis de 90 Kg/Ha,  $P_2O_5$  los valores fueron 2.83, 2.83, 2.83 y 2.75 mg/ml para los niveles 0, 1, 2, y 3 de cal. (ver referencias pág 22) (Gráfica 30)

Esta gráfica muestra que en las parcelas donde no se aplicó cal o donde se aplicó muy poco, el fósforo no fue aprovechado por la planta, sino que se quedó en forma residual en el suelo, en tanto que en las parcelas con mayores contenidos de cal, la absorción de fósforo por la planta fue mayor, quedando concentrado en pocas

GRAFICA 29



GRAFICA 30





cantidades en el suelo.

3.4.1.2) Para la cal Dolomita:

- a) En la dosis de 30 Kg/Ha  $P_2O_5$  a los 175 días se encontraron valores - de 7.17, 5.62, 2.83 y 2.83 para los niveles 0, 1, 2 y 3 de cal (referencias en página 22) (gráfica - 31)
- b) En la dosis de 60 Kg/Ha se encontraron valores promedio de 3.5, - 2.83, 2.83 y 2.75 mg/ml para los mismos niveles (Gráfica 31) y
- c) En la dosis de 90 Kg/Ha los valores fueron 5.0, 5.0, 4.58 y 5.62- mg/ml para los niveles de cal mencionados (Gráfica 31)

Puede apreciarse en esta gráfica - que la curva de la dosis de 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  muestra un aumento en el nivel - de fósforo con la dosis de 2000 Kg/Ha Ca. Esto se debe a que el exceso de Ca produjo poca absorción de fósforo, quedando en forma residual una mayor cantidad comparando con las cantida - des inferiores de Ca.

3.5) Del efecto sobre el porcentaje de Saturación de Bases:

3.5.1) Referente a la Cal Hidratada:

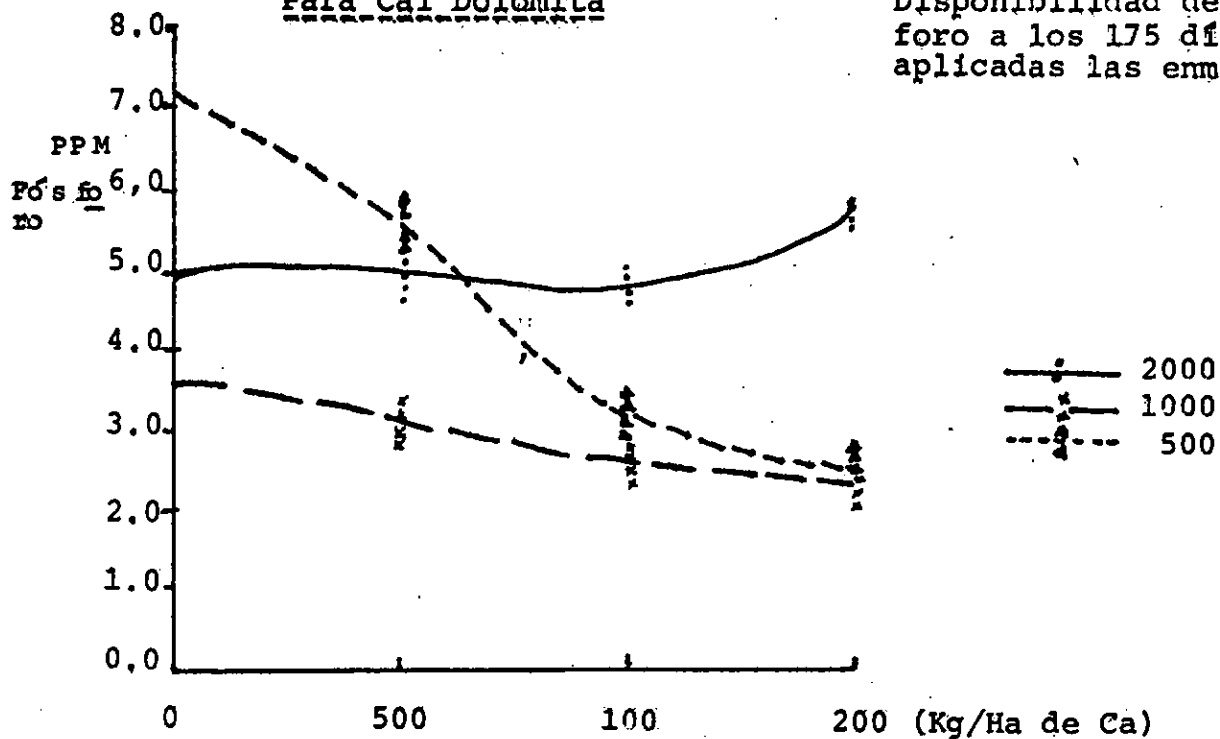
A los 30 días de aplicada esta enmienda - el %SB subió de 45.0 a 100% en cada uno de -- los niveles de enmienda.

Es decir que, aún con el nivel menor de --

GRAFICA 31

Para Cal Dolomita

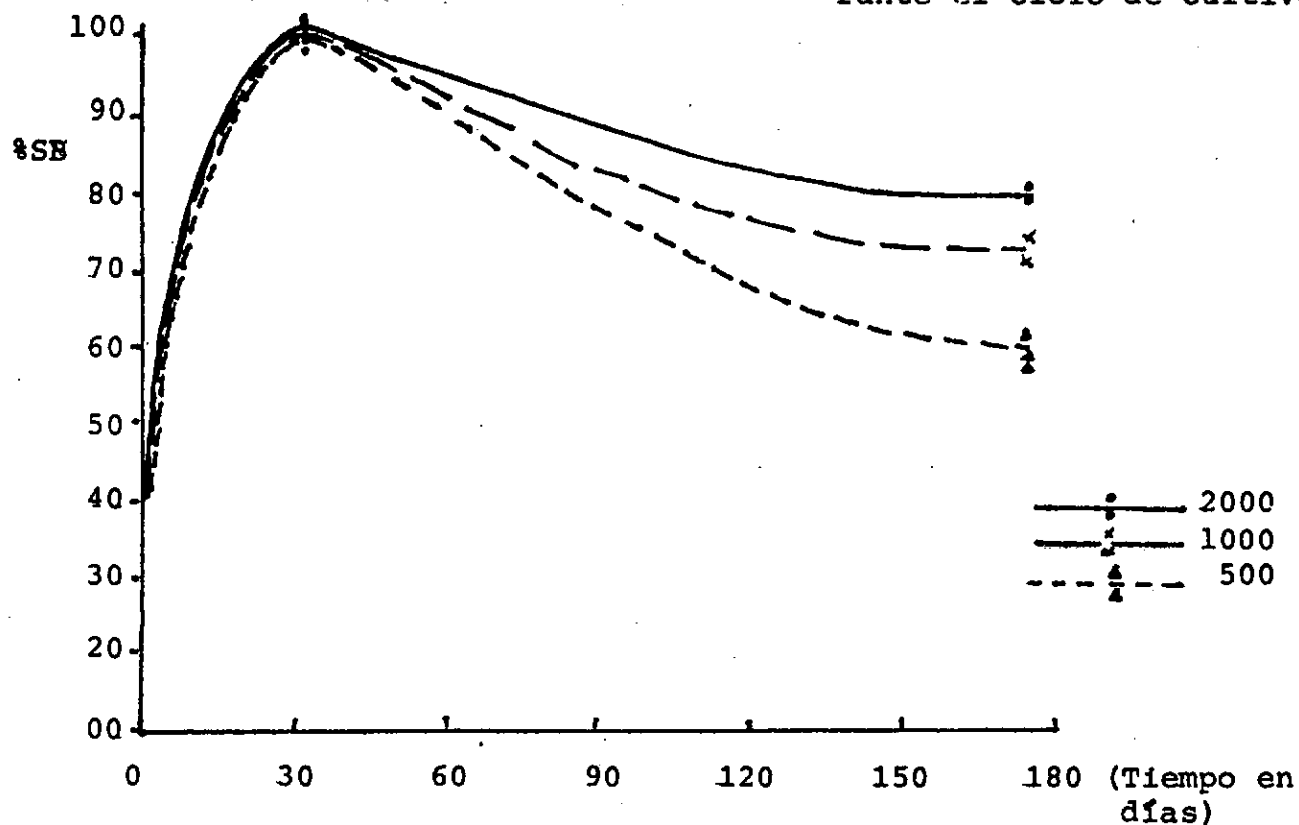
Disponibilidad del Fósforo a los 175 días de aplicadas las enmiendas.



GRAFICA 32

Para Cal Hidratada:

Efecto de las enmiendas de Cal sobre el %SB, durante el ciclo de cultivo.



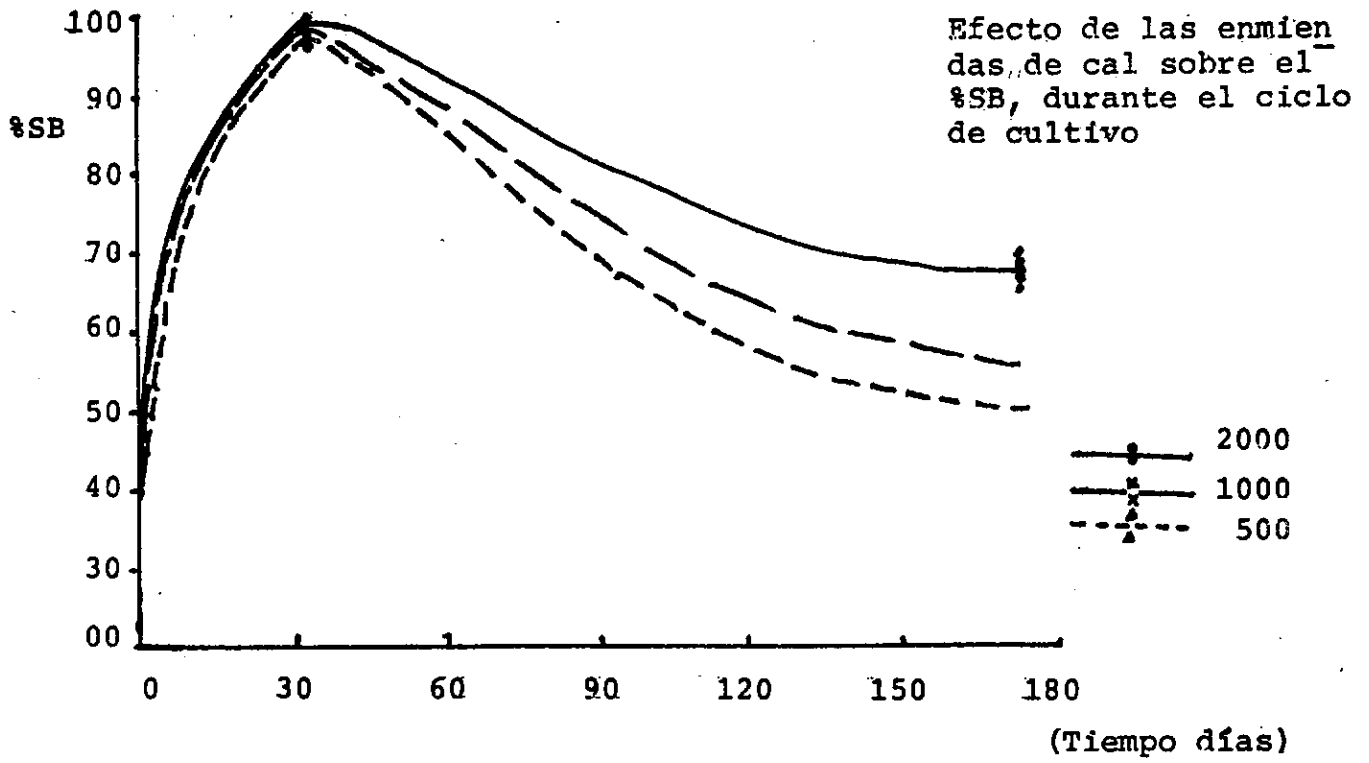
cal, 500 Kg/Ha Ca las bases se saturaron. Es to implica que para este tipo de suelos no -- son necesarios grandes cantidades de cal para saturar las bases, lo cual también puede deberse a la baja capacidad de intercambio que posee. A los 175 días, tiempo en que hubo utilización de las bases por la planta, los valores baja-- ron a 59.41%, 72.42% y 79.94% para los niveles de 500, 1000 y 2000 Kg/Ha respectivamente (Gráfica 32.

#### 5.3.2) Referente a la Dolomita:

El comportamiento es similar a los 30 días-- se saturaron las bases al 100%. Pero después-- de todo el ciclo de cultivo las bases quedaron saturadas a valores de 50.61%, 53.45% y 69.22% para los niveles de 500, 1000 y 2000 Kg/Ha Ca. respectivamente (Gráfica 33)

GRAFICA 33

Para Cal Dolomita



1) Respecto a la planta:

- 1.1) Características agronómicas como vigor, habilidad de macollamiento, altura, floración y otras, responden positivamente a las enmiendas con cal en especial a los niveles de 1000 a 2000 Kg de Ca/Ha y a las adiciones de fósforo de 90 Kg de  $P_2O_5$ /Ha.
- 1.2) En términos de rendimiento, el análisis estadístico mostró que no hubo diferencia significativa entre la cal hidratada y la cal dolomita como -- fuentes de calcio. Mas bien, las variaciones de rendimiento correspondieron a los distintos niveles de Ca. utilizados, a las diferentes dosis de Fósforo y a sus respectivas interacciones.
- 1.3) El efecto positivo y significativo de los niveles de enmienda evaluados sobre el rendimiento -- correspondieron a 1500/Kg/Ha para cal Hidratada y 1000 Kg/Ha para cal Dolomita
- 1.4) Los mejores rendimientos que se observaron en -- los niveles de calcio mencionados, estuvieron en proporción directa con la mayor dosis de fósforo (90 Kg/Ha)  $P_2O_5$
- 1.5) El análisis económico señala que los puntos óptimo-económicos para los mejores rendimientos--

son: 1500 Kg/Ha Ca para cal hidratada, ó 1000 -  
Kg/Ha Ca para cal dolomita, y 90 Kg/Ha  $P_2O_5$  pa-  
ra la fertilización fosforada.

2) Respecto al suelo:

- 2.1) Cuando se usó cal hidratada el pH subió a 7.3 -  
con la adición de 1500 Kg/Ha Ca y al año de a -  
plicada la enmienda bajó a 5.6
- 2.2) Cuando se usó cal dolomita el pH subió a 7.5 --  
con la adición de 1000 Kg/Ha Ca, y al año bajó-  
a 5.6
- 2.3) Después de un ciclo de cultivo, el pH quedó ele-  
vado 1.15 unidades arriba del valor inicial, pa-  
ra la cal hidratada, y 0.9 para la cal dolomita.  
Al año de aplicadas las enmiendas el pH quedó e-  
levado en 0.6 unidades en ambas cales.
- 2.4) El Calcio disponible subió a 8.5 meq/100 gr sue-  
lo con la adición de 1500 Kg/Ha Ca (hidratada) y  
quedó elevado en 1.5 meq/100 gr suelo más que el  
valor inicial, después del ciclo de cultivo.
- 2.5) Con la adición de 1000 Kg/Ha Ca (dolomita) el --  
calcio disponible subió a 7.3 meq/100 gr suelo,-  
quedando elevado en 0.5 meq. más que el valor i-  
nicial, después del ciclo de cultivo.
- 2.6) Los 1500 Kg/Ha Ca hidratada hicieron subir el Mg  
a 1.23 meq/100 gr. suelo. Al final del ciclo de  
cultivo el valor fué 0.11 meq 100 gr suelo ma--  
yor que el valor inicial.

- 2.7) La adición de 1000 Kg/Ha Ca dolomita, hizo subir el Mg a 1.62 meq/100 gr suelo, al final del ciclo de cultivo hubo un aumento de 0.45 meq/100 gr -- suelo más que el valor inicial.
- 2.8) Las bases quedaron saturadas al 100% con la adición de 1500 Kg/Ha Ca hidratada. Al final del ciclo de cultivo se reportó un 75.15% SB, es decir 30.15 unidades arriba del valor inicial.
- 2.9) Con los 1000 Kg/Ha Ca dolomitas las bases se saturaron al 100%. Al final del ciclo del cultivo las bases estaban saturadas en 53.45%, es decir, 8.45 unidades arriba del valor inicial.
- 2.10) El comportamiento del fósforo no fué semejante en todos los casos, sin embargo, se observó que en las parcelas con mayores contenidos de cal (1500 Kg/Ha para cal hidratada y 1000 Kg/Ha para cal dolomita), la absorción de fósforo por la planta fué mayor (hubo mejores características agronómicas y mayores rendimientos), quedando concentradas en el suelo, pocas cantidades.

### 3) Integrales:

- 3.1) Las aplicaciones de 1500 Kg/Ha Ca Hidratada o de 1000 Kg/Ha Ca dolomita, mas la adición de 90 Kg/Ha  $P_2 O_5$  , hicieron subir el pH, aumentaron la concentración de Ca y Mg, liberaron el fósforo haciéndolo mas disponible, aumentaron la saturación de bases, disminuyeron la acidez, provocando con todo esto un mejor vigor, mas habilidad de macollamiento, mejor altura y sobre todo indu

geron a un mayor rendimiento de la planta de arroz,  
a un menor costo, según análisis económico.



- ) Debido al efecto neutralizante del Ca y Mg sobre las condiciones acidificantes de un suelo, se recomienda la técnica del encalado para mejorar estos suelos.
- ) Para el caso de los suelos serie Cristina (u otros similares) pueden utilizarse 1500 Kg/Ha Ca de cal hidratada; o bien 1000 Kg/Ha Ca de cal dolomita aunque por su mínimo costo se recomienda la cal dolomita al nivel mencionado.
- ) En términos de fertilización, el fósforo es el elemento menos disponible y mas problemático en suelos con condiciones de acidez; por lo tanto, a la par de la práctica del encalado deben hacerse aplicaciones de fósforo a una dosis mínima de 90 Kg/Ha  $P_2 O_5$ .
- ) Después de haber observado un efecto residual positivo del encalado en estos suelos, se recomienda la práctica continua del mismo por unos 3 ó 4 años, hasta llevar a estos suelos a un pH neutral en los adecuados puntos de partida del Ca y Mg (considerando el CTI) y a un mayor porcentaje de saturación de Bases.
- ) Se recomienda continuar con este estudio, evaluando los mismos niveles de cal y dosis de fósforo, en los mismos suelos o en su defecto en suelos cuyas características físico-químicas sean similares.

-) Se recomienda realizar estudios similares, evaluando otras fuentes de calcio, distintos niveles del mismo y otras fórmulas de fertilización en otras series de suelos ácidos en la República.

- 1) ALBUREZ, F.O. Respuesta del arroz a la práctica del encalado y fertilización. Guatemala, ICTA, 1980. p. irr. (mimeo)
- 2) CASTILLO, O.S. Fertilidad y fertilizantes. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. s.p.
- 3) DATTA, S. DE. Fertilizantes y acondicionamiento del suelo para arroz tropical, México, LIMUSA, 1974. 720 p.
- 4) FASSBENDER, H.W. Química de suelos. San José, Costa Rica, IICA, 1975. pp. 67-71
- 5) GALICIA, J.H. Efectos del encalado y respuesta al fósforo en suelos ácidos de Izabal, con plantas indicadoras de tomate. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 104 p.
- 6) GUATEMALA, INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROGRAFIA. Tarjetas de control: Estaciones meteorológicas de Guatemala, 1970-1980. s.d.e.
- 7)           . INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas geográfico nacional. Guatemala, 1962. s.p.
- 8) PAZOS, W.R. El cultivo de arroz. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Folleto técnico No. 22, 1983. 11 p.
- 9) PERDOMO, R. y HAMPTON, R.E. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1970. p. irr.
- 10) PINTO, H. Fertilización de suelos. Guatemala, INTECAP, 1980. s.p. (mimeo)
- 11) PRACTICAS AGRONOMICAS; apuntes de clase. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía 1978. s.p.
- 12) RAMIREZ, B. Recopilación de aportaciones para la producción de arroz en Guatemala. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1978. p. irr. (mimeo)
- 13) SCHARRER, C. Química agrícola, nutrición de las plantas, suelos y fertilizantes. México, UTHEA, 1960. 130 p.

- 14) SIMMONS, Ch., TARANO, M. y PINTO, J. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Ed. en español por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.
- 15) TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. México CECSA., 1976 p. irr.
- 16) TOBIAS, H.A. Efectos del encalado en suelos ácidos de Izabal Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 107 p.

*Vo Bo*

*Patuall*



XI.

ANEXOS

## ANEXO I

## Cuadro I

## Evaluación del comportamiento Agronómico...

Rep.	Trata- miento	Vigor	Macolla- miento.	Flora- ción	Acame	Desgra- ne.	Aceptabi- lidad.	Altura (cms)
I	Ao-a	2	2	$\frac{100}{105}$	1	5	2	98
II	Ao-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
III	Ao-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	100
IV	Ao-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	102
-----								
I	Ao-b	2	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	97
II	Ao-b	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	99
III	Ao-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	98
IV	Ao-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	98
-----								
I	Ao-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	103
II	Ao-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	97
III	Ao-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	102
IV	Ao-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	100
-----								
I	Al-a	2	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	96
II	Al-a	3	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
III	Al-a	2	2	$\frac{102}{106}$	1	5	2	103
IV	Al-a	2	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	95
-----								
I	Al-b	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	104
II	Al-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
III	Al-b	2	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	102
IV	Al-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	96
-----								

... continúa cuadro I

Rep.	Trata- miento	Vigor	Macolla- miento.	Flora- ción.	Acame	Desgra- me.	Aceptabi- lidad.	Altura (cms)
I	A1-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	101
II	A1-c	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
III	A1-c	2	2	$\frac{102}{106}$	1	5	2	102
IV	A1-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	105
-----								
I	A2-a	2	2	$\frac{102}{106}$	1	5	2	93
II	A2-a	2	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	95
III	A2-a	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
IV	A2-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	92
-----								
I	A2-b	1	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	97
II	A2-b	1	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	99
III	A2-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	98
IV	A2-b	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
-----								
I	A2-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	106
II	A2-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
III	A2-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
IV	A2-c	1	1	$\frac{94}{98}$	1	5	2	107
-----								
I	A3-a	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	94
II	A3-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
III	A3-a	2	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
IV	A3-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	97
-----								
I	A3-b	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	103
II	A3-b	1	1	$\frac{92}{94}$	1	5	2	97
III	A3-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
IV	A3-b	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	100

Sigue cuadro I...

...continúa cuadro I

Rep.	Tratamiento	vigor	Macella- miento.	Fiera- ción.	Acame	Desgra- ne.	Aceptabi- lidad.	Altura (cms)
I	A3-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	100
II	A3-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	106
III	A3-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	106
IV	A3-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	105
-----								
I	Be-a	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
II	Be-a	3	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	95
III	Bb-a	2	2	$\frac{102}{105}$	1	5	2	95
IV	Be-a	2	2	$\frac{105}{108}$	1	5	2	100
-----								
I	Be-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	96
II	Be-b	1	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	97
III	Be-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
IV	Be-b	1	1	$\frac{105}{108}$	1	5	2	107
-----								
I	Be-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	107
II	Be-c	1	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	102
III	Be-c	2	2	$\frac{94}{98}$	1	5	2	105
IV	Be-c	2	2	$\frac{94}{98}$	1	5	2	95
-----								
I	B1-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
II	B1-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	97
III	B1-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	93
IV	B1-a	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
-----								
I	B1-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
II	B1-b	1	1	$\frac{96}{100}$	9	-	-	---
III	B1-b	1	1	$\frac{90}{94}$	1	5	2	100
IV	B1-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105



...continúa cuadro I

Rep.	Trata- miento	Viger	Macella- miento.	Flora- ción.	Acamo	Desgra- no.	Aceptabi- lidad.	Altura (cms)
I	B1-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
II	B1-c	1	1	$\frac{96}{100}$	9	-	-	---
III	B1-c	2	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	108
IV	B1-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	107
-----								
I	B2-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	97
II	B2-a	2	1	$\frac{98}{102}$	3	5	3	100
III	B2-a	1	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	97
IV	B2-a	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	102
-----								
I	B2-b	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	103
II	B2-b	2	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	100
III	B2-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	102
IV	B2-b	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	107
-----								
I	B2-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	98
II	B2-c	1	1	$\frac{100}{104}$	1	5	2	105
III	B2-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
IV	B2-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	102
-----								
I	B3-a	2	2	$\frac{98}{102}$	1	5	2	98
II	B3-a	2	2	$\frac{96}{100}$	1	5	2	95
III	B3-a	2	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	98
IV	B3-a	2	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	99

Sigue cuadro I .....

...continúa cuadro I

Rep.	Trata- miento.	Viger	Macella- miento.	Flora- ción.	Acame	Desgra- no.	Acceptabi- lidad.	Altura (cms).
I	B3-b	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	98
II	B3-b	2	2	$\frac{100}{104}$	1	5	2	90
III	B3-b	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	105
IV	B3-b	1	1	$\frac{105}{108}$	1	5	2	107
-----								
I	B3-c	1	1	$\frac{92}{96}$	1	5	2	105
II	B3-c	1	1	$\frac{98}{102}$	1	5	2	106
III	B3-c	1	1	$\frac{100}{100}$	1	5	2	105
IV	B3-c	1	1	$\frac{96}{100}$	1	5	2	100
-----								

## ANEXO II.

## Cuadro I

## Resultados Obtenidos en Rendimiento

Tratamientos			Bloques						
Fuente de Calcio	Nivel de Calcio	Disis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	I	II	III	IV	Medias	Totales	
A	0	a	5.50	5.54	5.56	5.37	5.49	21.97	
		b	6.08	5.86	5.88	5.65	5.87	23.47	
		c	6.12	6.47	5.78	5.93	6.08	24.30	
	Tot. subparcela			17.70	17.87	17.22	16.95	5.81	69.74
	1	a	5.16	4.70	4.70	5.03	4.90	19.59	
		b	5.84	6.72	6.06	5.90	6.13	24.52	
		c	6.67	6.16	5.24	6.04	6.03	24.12	
	Tot. subparcela			17.68	17.58	16.00	16.97	5.68	68.23
	2	a	5.35	5.84	5.93	5.24	5.59	22.36	
		b	6.08	5.88	6.59	6.12	6.17	24.67	
		c	6.80	6.42	6.12	6.10	6.36	25.44	
	Tot. subparcela			18.23	18.14	18.64	17.46	6.04	72.47
	3	a	5.69	5.97	6.27	5.82	5.94	23.75	
		b	6.56	6.31	6.33	6.03	6.31	25.23	
		c	6.03	6.91	6.25	6.38	6.54	26.17	
	Tot. subparcela			18.88	19.19	18.85	18.23	6.26	75.15
	TOTAL PARCELA			72.49	72.78	70.71	69.61	5.95	285.59
	B	0	a	5.65	4.96	4.92	4.60	5.03	20.13
b			5.48	5.27	5.14	5.44	5.33	21.33	
c			5.65	5.74	5.71	5.00	5.52	22.10	
Tot. subparcela			16.78	15.97	15.77	15.04	5.30	63.56	
1		a	5.71	5.74	5.27	5.69	5.60	22.41	
		b	5.99	5.71	5.78	5.37	5.71	22.85	
		c	6.93	7.29	7.10	7.83	7.29	29.15	
Tot. subparcela			18.63	18.74	18.15	18.89	6.20	74.41	
2		a	6.06	4.73	6.16	6.03	5.74	22.98	
		b	6.80	5.99	6.16	6.03	6.24	24.98	
		c	6.74	6.38	6.51	7.19	6.70	26.82	
Tot. subparcela			19.60	17.10	18.83	19.25	6.23	74.78	
3		a	5.48	5.88	5.67	5.69	5.68	22.72	
		b	6.23	6.19	6.51	5.63	6.14	24.56	
		c	6.47	6.29	6.51	6.35	6.40	25.62	
Tot. subparcela			18.18	18.36	18.69	17.67	6.08	72.90	
TOTAL PARCELA			73.19	70.17	71.44	70.85	5.95	285.65	
TOTAL BLOQUES			145.68	142.95	142.15	140.46	5.95	571.24	

## FACTOR DE CORRECCION

$$C = \frac{\chi^2}{(FND)B} = \frac{(571.24)^2}{(2 \times 4 \times 3)4} = 3399.116$$

ANEXO II

TOTALES PARA LOS EFECTOS PRINCIPALES

Cuadro 2

Totales para las Fuentes

	A	B
	285.59	285.65
Prem.	5.95	5.95

Cuadro 3

Totales para los niveles

	0	1	2	3
	133.30	142.64	147.25	148.05
Prem.	6.17	6.60	6.82	6.85

Cuadro 4

Totales para las Dosis

	a	b	c
	175.91	191.61	203.72
Prem.	6.11	6.65	6.95

TOTALES PARA LAS INTERACCIONES EN 2 SENTIDOS

Cuadro 5

Totales para la Interacción "Fuente x Nivel"

	0	1	2	3
	Prem.	Prem.	Prem.	Prem.
A	69.74 (6.46)	68.23 (6.32)	72.47 (6.71)	75.15 (6.96)
B	63.56 (5.88)	74.41 (6.89)	74.78 (6.92)	72.90 (6.75)

Cuadro 6

Totales para la Interacción "Fuente x Dosis"

	a	b	c
	Prem.	Prem.	Prem.
A	87.67 (5.84)	97.89 (6.80)	100.03 (6.95)
B	88.24 (6.13)	93.72 (6.51)	103.69 (7.20)

ANEXO II

Cuadro 7

Totales para la Interacción "Nivel x Dosis"

N	D		
	a Prom.	b Prom.	c Prom.
0	42.10 (5.85)	44.80 (6.22)	46.40 (6.44)
1	42.00 (5.83)	47.37 (6.58)	53.27 (7.40)
2	45.34 (6.30)	49.65 (6.90)	52.26 (7.26)
3	46.47 (6.45)	49.79 (6.92)	51.79 (7.19)

Cuadro 8

Análisis de la Varianza (ANDEVA)

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	Ft	
					0.05	0.01
Sub-subparcelas	95	33.79220				
Sub-parcelas	31	12.55346				
Parcelas	7	0.98281				
Bloques	3	0.59229	0.197430			
Fuentes de Calcio	1	0.00005	0.000054	0.0004148	10.13	34.12
Error (a)	3	0.39047	0.130157			
Niveles de Calcio	3	5.73502	1.911675	15.502145	3.16	5.09
Relac. Fuente x Nivel	3	3.61592	1.205307	9.774069	3.16	5.09
Error (b)	18	2.21970	0.123316			
Dosis de Fósforo	2	12.15145	6.075728	68.768306	3.19	5.08
Relac. Fuente x Dosis	2	0.97211	0.486057	5.501456	3.19	5.08
Relac. Nivel x Dosis	6	1.83184	0.305307	3.455629	2.30	3.20
Relac. F x N x D	6	2.04248	0.340414	3.852987	2.30	3.20
Error (c)	48	4.24083	0.088350			

$$1) CV_a = \frac{0.130157}{5.95} \times 100 = 6.06\%$$

$$2) CV_b = \frac{0.1233168}{5.95} \times 100 = 5.90\%$$

$$3) CV_c = \frac{0.0883507}{5.95} \times 100 = 4.99\%$$

a	b	c	a	c	b	a	b	c	b	c	a
Nivel 2			Nivel 0			Nivel 3					

b	a	c	c	b	a	c	a	b	a	b	c
Nivel 2			Nivel 0			Nivel 1			Nivel 3		

b	c	a	b	a	c	c	b	a	c	a	b
Nivel 0			Nivel 1			Nivel 3			Nivel 2		

a	c	b	a	b	c	a	c	b	c	a	b
Nivel 0			Nivel 2			Nivel 1			Nivel 3		

c	a	b	a	c	b	a	b	c	c	b	a
Nivel 1			Nivel 0			Nivel 3			Nivel 2		

a	c	b	c	b	a	c	a	b	b	a	c
Nivel 2			Nivel 1			Nivel 3			Nivel 0		

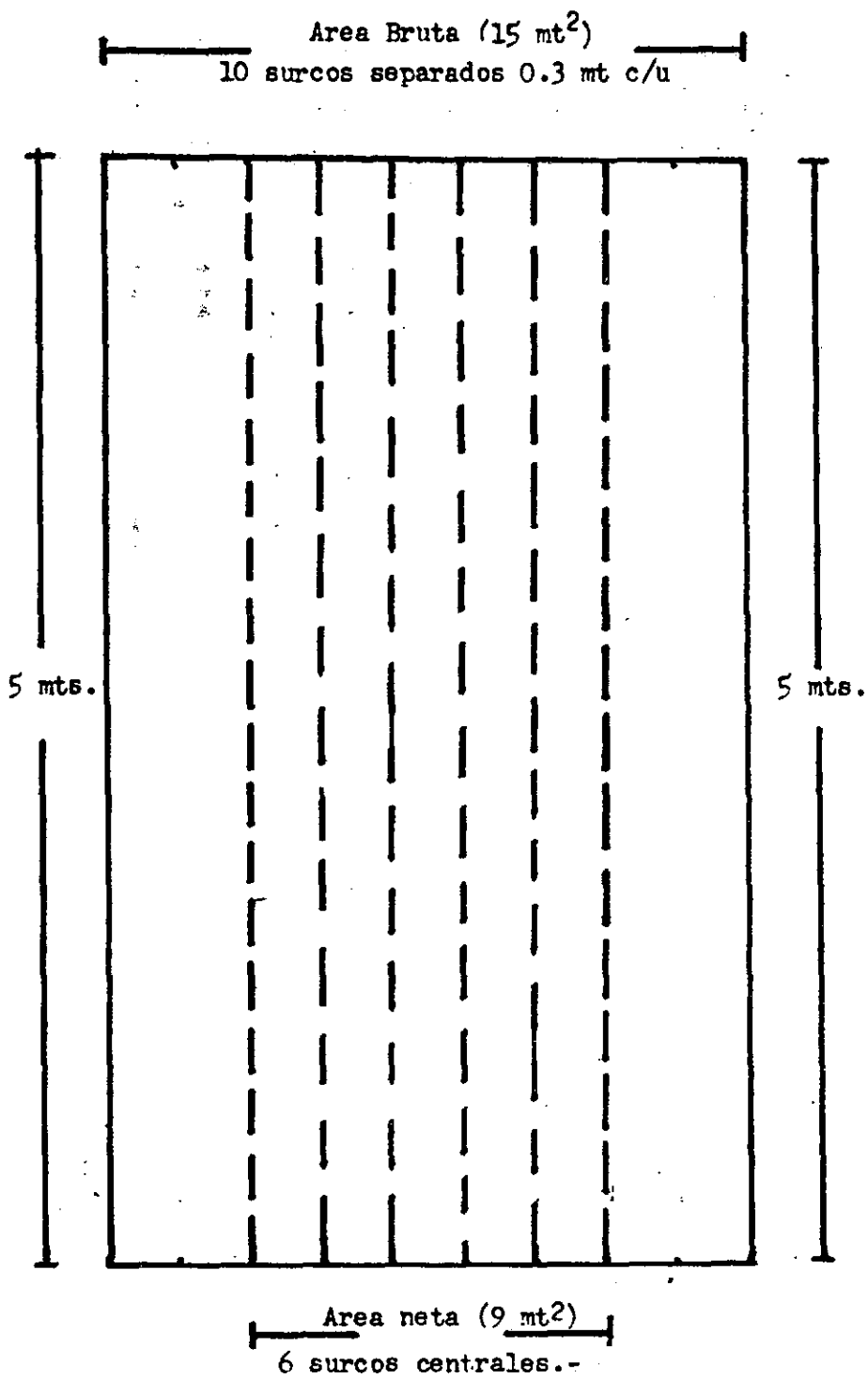
b	a	c	a	b	c	c	b	a	c	a	b
Nivel 2			Nivel 3			Nivel 0			Nivel 1		

c	b	a	a	c	b	b	a	c	a	b	c
Nivel 3			Nivel 2			Nivel 1			Nivel 0		

Referencias:

- |                  |                         |                           |
|------------------|-------------------------|---------------------------|
| A= Cal Hidratada | Nivel 0= 0 Kg/Ha Ca.    | Dosis a= 30 Kg/Ha Fósforo |
| B= Cal Dolomita  | Nivel 1= 500 Kg/Ha Ca.  | Dosis b= 60 Kg/Ha Fósforo |
|                  | Nivel 2= 1000 Kg/Ha Ca. | Dosis c= 90 Kg/Ha Fósforo |
|                  | Nivel 3= 2000 Kg/Ha Ca. |                           |

Diseño de una Sub-subparcela



ANEXO IV

Cuadro 1

Condiciones del Suelo a los 30 días de aplicadas las enmiendas.

Cal Hidratada	0 Kg/Ha Calcio	500 Kg/Ha Calcio	1000 Kg/Ha Calcio	2000 Kg/Ha Calcio
pH	5.5	6.9	7.0	7.7
Meq/100 gr. Ca.	2.25	4.95	7.0	10.0
Meq/100gr. Mg.	0.33	0.85	1.15	1.52
ppm de Fósforo	4.25	4.30	5.00	4.25
Cal Dolomita				
pH	5.0	7.4	7.5	7.6
meq/100gr Ca	2.2	5.4	7.5	10.15
meq/100gr Mg	0.33	1.15	1.65	1.66
ppm de Fósforo	4.25	4.25	5.00	4.25

Cuadro 2

Condiciones del Suelo a los 175 días de aplicadas las enmiendas.

Cal Hidratada					Cal Dolomita				
Nivel 0	pH	Ca	Mg	P2O5	Nivel 0	pH	Ca	Mg	P2O5
a	5.7	2.25	0.45	4.58	a	5.8	1.98	0.42	7.17
b	5.7	2.49	0.42	2.83	b	5.7	1.74	0.42	2.83
c	5.6	2.49	0.45	2.83	c	5.6	1.74	0.42	4.58
Nivel 1					Nivel 1				
a	6.1	3.48	0.56	2.08	a	5.8	2.25	0.60	2.83
b	5.8	2.25	0.33	4.80	b	5.9	1.98	0.69	2.83
c	5.9	2.73	0.45	2.83	c	5.9	1.98	0.56	5.00
Nivel 2					Nivel 2				
a	6.1	3.75	0.45	2.83	a	5.7	2.25	0.6	2.83
b	6.0	0.75	0.17	2.75	b	5.9	2.25	0.78	2.75
c	6.0	2.73	0.45	2.83	c	6.1	2.25	0.96	4.58
Nivel 3					Nivel 3				
a	6.4	4.62	0.45	2.75	a	6.3	2.73	1.14	2.83
b	6.3	4.35	0.56	2.75	b	6.1	1.98	0.78	2.83
c	6.1	3.75	0.45	2.75	c	6.3	3.99	1.47	5.62



ANEXO IV

Cuadro 3

Condiciones del Suelo a los 360 días de aplicadas las enmiendas de cal.

Cal Hidratada					Cal Dolomita				
Nivel 0	pH	Ca	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nivel 0	pH	Ca	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
a	5.0	1.40	0.33	2.80	a	5.0	1.35	0.35	2.75
b	5.0	1.40	0.33	2.83	b	5.0	1.75	0.45	2.83
c	5.1	1.38	0.33	2.75	c	5.0	1.45	0.48	2.75
Nivel 1					Nivel 1				
a	5.4	1.44	0.46	1.35	a	5.5	1.35	0.48	2.75
b	5.3	1.25	0.47	2.00	b	5.5	1.35	0.48	2.75
c	5.4	1.45	0.48	2.83	c	5.3	1.40	0.48	2.65
Nivel 2					Nivel 2				
a	5.6	1.75	0.47	2.75	a	5.7	1.65	0.64	2.83
b	5.6	1.44	0.48	2.83	b	5.5	1.45	0.67	2.75
c	5.5	1.32	0.48	2.75	c	5.5	1.35	0.68	2.83
Nivel 3					Nivel 3				
a	5.6	1.82	0.66	1.35	a	5.7	1.80	0.80	2.75
b	5.6	1.38	0.51	2.83	b	5.6	1.44	0.65	1.35
c	5.6	1.44	0.51	2.75	c	5.6	1.45	0.58	2.75

XII.

APENDICE

## Apéndice A

### Evaluación Standar para Arroz

El sistema de evaluación Standar para arroz, es un sistema que por conveniencia y unificando criterios de expertos en todo el mundo, se ha aceptado como válido universalmente para calificar todos los parámetros del comportamiento agronómico del arroz.

Este sistema consta de una escala numérica que va del 0 al 9, con la cual se determinan cualitativamente los niveles o grados alcanzados por cualquier parámetro que se esté evaluando.

Este sistema, para cualquier característica agronómica - que se esté calificando (como vigor, habilidad de macollamiento, características del tallo, ángulo del tallo, floración, - excursión de la panícula, acame, desgrane, esterilidad apical senencia, aceptabilidad fenotípica, etc) funciona así:

Valores de 0 a 1 = de Excelente a Muy Bueno

Valores de 2 a 3 = de Muy Bueno a Bueno

Valores de 4 a 5 = de Bueno a Regular

Valores de 6 a 7 = de Regular a Malo

Valores de 8 a 9 = de Malo a Muy Malo

De tal manera pues, que los valores menores de esta escala, representan las mejores características de la planta, - mientras que valores mas altos, representan las peores características observadas.

Generalmente, en los trabajos experimentales sobre Arroz las plantas que obtengan calificaciones de 4 para arriba (hasta 9) quedan eliminadas.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



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

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
D E C A N O