

Universidad de Guadalajara
Facultad de Agronomía



**RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE CAL
ABONO ORGANICO Y FOSFORO EN SUELOS ACIDOS
DEL SUR DE NAYARIT**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

Héctor Ramón Gurrola Rivera

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE CAL
ABONO ORGANICO Y FOSFORO EN SUELOS ACIDOS
DEL SUR DE NAYARIT

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A
HECTOR RAMON GURROLA RIVERA

LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JAL.

1992



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0788/91

5 de noviembre de 1991

C. PROFESORES:

M.C. NICOLAS VAZQUEZ MIRAMONTES, DIRECTOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA, ASESOR

M.C. VICTOR VIDAL MARTINEZ, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE CAL, ABONO ORGANICO Y FOSFORO EN SUELOS ACIDOS DEL SUR DE NAYARIT

presentado por el (los) PASANTE (ES) HECTOR RAMON GURROLA RIVERA

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
"AÑO LIC. JOSE GUADALUPE ZUNO HERNANDEZ"
EL SECRETARIO

ING. M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA



FACULTAD DE AGRONOMIA

*Recibido
5-NOV-91*

*Escibí
mam
5-NOV-91*

mam



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección... ESCOLARIDAD

Expediente

Número 0788/91

5 de noviembre de 1991

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

HECTOR RAMON GURROLA RIVERA

titulada:

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE CAL, ABONO ORGANICO Y
FOSFORO EN SUELOS ACIDOS DEL SUR DE NAYARIT

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

M.C. NICOLAS VAZQUEZ MIRAMONTES

ASESOR

ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

srd'

M.C. VICTOR VIDAL MARTINEZ

mam

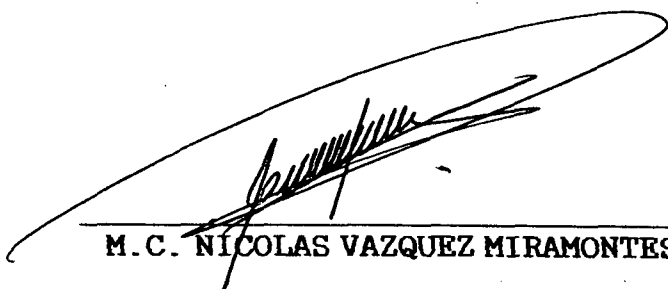
Al contestar este oficio cítese fecha y número

La presente tesis fue revisada, aprobada y aceptada por el Jurado que a continuación se indica, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

H. JURADO EXAMINADOR

Director:



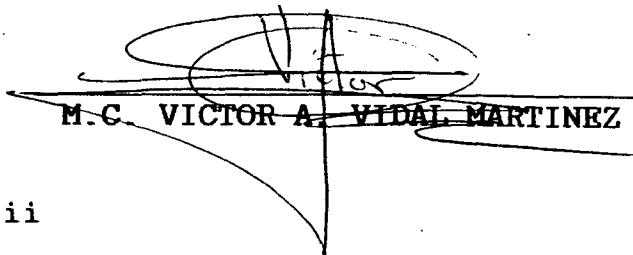
M.C. NÍCOLAS VAZQUEZ MIRAMONTES

Asesor:



M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

Asesor:



M.C. VÍCTOR A. VIDAL MARTÍNEZ

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

TEOFILO Y PETRA

QUE SUPIERON GUIARME
POR EL BUEN CAMINO DE
LA VIDA, CON AMOR Y
EJEMPLO

A MI ESPOSA:

YOLANDA

POR SU DESMEDIDA COMPRESION,
PACIENCIA, CONFIANZA Y AMOR
QUE SIEMPRE ME HA BRINDADO

A MIS HIJAS:

CLAUDIA Y DALIA

EL MOTIVO DE MI SUPERACION

A MIS HERMANOS:

EMMA, ELIGIO, NATALIA, GUILBERTO
Y RITA

POR EL INCONDICIONAL APOYO QUE
SIEMPRE ME HAN BRINDADO

A MIS FAMILIARES, AMIGOS, MAESTROS Y
COMPANEROS

CON AFECTO

A G R A D E C I M I E N T O S

A la Facultad de Agronomía por los conocimientos depositados en mí.

Al Distrito de Desarrollo Rural 003 Ahuacatlán.

Al Instituto de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales del Estado de Nayarit; por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Víctor A. Vidal Martínez, por su acertada asesoría y excelente disposición para la realización de la presente. Así como por la confianza y amistad surgida durante los trabajos realizados en coordinación con el Campo Experimental de Santiago Ixc.

Al Ing. M.C. Isidro José Luis González Durán, por la realización del cómputo estadístico.

A los Ingenieros M.C. Nicolás Vázquez Miramontes y Salvador Mena Munguía por su revisión y sugerencias hechas.

Al Ing. M.C. Irma Julieta González Acuña, por su desinteresada ayuda y atinadas sugerencias hechas a la presente.

A la Sra. Adriana de Vidal por su labor mecanográfica en la captura de este trabajo en la microcomputadora.

A mis amigos, compañeros y a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible la realización de este trabajo.

C O N T E N I D O

	Pág.
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivos	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Metas	5
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 Aspectos generales	6
2.2 Efecto de la acidez del suelo en las plantas ..	7
2.3 Necesidades de encalado	9
2.4 Antecedentes de Investigación	10
III. MATERIALES Y METODOS	17
3.1 Descripción del sitio experimental	17
3.1.1 Localización geográfica	17
3.1.2 Características del clima	17
3.1.3 Características del suelo	19
3.2 Diseño experimental y tratamientos	19
3.3 Preparación del terreno	21
3.3.1 Siembra	21
3.3.2 Fertilización	23
3.3.3 Control de plagas y malezas	23
3.4 Toma de datos del suelo y planta	23
3.5 Cosecha	24
3.6 Análisis de resultados	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	25
4.1 Resultados	25
4.1.1 Análisis económico	34
4.1.2 Discusión de resultados	40
V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	46
5.1 Conclusiones	46
5.2 Sugerencias	47
VI. BIBLIOGRAFIA	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Análisis físico y químico de una muestra compuesta de suelo proveniente del sitio experimental. San José de Mojarras, Municipio de Santa María del Oro, Nayarit. P-V 1988. CESIX	20
2	Relación de tratamientos a evaluar en la localidad San José de Mojarras en el ciclo P-V 1988 en el cultivo de maíz	22
3	Relación de tratamientos y las variables evaluadas en el experimento de encalado P-V 1988	26
4	Análisis de varianza de la variable dependiente: Rendimiento	28
5	Análisis de varianza de la variable dependiente: Altura de Planta	32
6	Análisis de varianza de la variable dependiente: Longitud de mazorca	33
7	Análisis de varianza de la variable dependiente: Número de mazorcas	35
8	Análisis de varianza de la variable dependiente: Peso de cien granos	36
9	Coefficientes de correlación entre los factores en estudio y las variables dependientes	37
10	Análisis económico de la evaluación de encalado en la localidad de San José de Mojarras, P-V 1988	38
11	Análisis de fertilidad realizado para cada tratamiento en el sitio experimental en San José de Mojarras, Mpio. de Sta. Ma. del Oro, Nay. CIFAP-CESIX. (profundidad 0-30 cm)	42
12	Análisis de fertilidad realizado para cada tratamiento en el sitio experimental en San José de Mojarras, Mpio. de Sta. Ma. del Oro, Nay. CIFAP-CESIX. (profundidad 30-60 cm)	43

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localización del sitio experimental	18
2	Relación entre los niveles de cal y niveles de fósforo y sus efectos en el rendimiento en grano de maíz	29
3	Relación entre los niveles de fósforo y los niveles de cal y sus efectos en el rendimiento en grano de maíz	30

RESUMEN

En el estado de Nayarit, se siembran anualmente alrededor de 55,000 ha de maíz destacando la zona Sur en este cultivo con un 80% bajo condiciones de temporal y en los cuales 15,000 ha presentan suelos con un pH menor de 6.0.

El trabajo se realizó con el propósito de generar tecnología específica para este problema, con base en los objetivos siguientes: evaluar el efecto del encalado, gallinaza y fósforo sobre el comportamiento del cultivo de maíz y el efecto de los factores en estudio, sobre las propiedades químicas del suelo, en particular sobre el pH. Así, se pretende contar con una alternativa viable a los productores de la zona, donde se incremente la producción mediante la práctica de encalado, mejorando las condiciones agrológicas del suelo principalmente y además optimizar el uso de abono orgánico gallinaza, que se encuentra disponible en las granjas avícolas de la región; y así mismo precisar los requerimientos de fósforo de dichos suelos.

Este estudio se estableció en el ciclo de temporal de 1988, en un terreno ácido (pH 5.0) y muy pobre en fósforo asimilable (7 kg/ha) en la localidad de San José de Mojarras, Municipio de Santa María del Oro. Se utilizó un diseño experimental de Parcelas Divididas, con cuatro repeticiones, en donde los niveles de calhidra (0, 2, 3 y 6 ton/ha), se manejaron como parcelas grandes y como parcelas chicas cinco niveles de P_2O_5 (0, 50, 100 y 150 kg/ha, además de otra parcela chica

con 10 ton/ha de gallinaza seca). La fuente de fósforo fue el super fosfato de calcio triple, de nitrógeno la urea (a una dosis constante de 120kg de N/ha) y de abono orgánico la gallinaza; el material genético utilizado fue la variedad de polinización libre V-526 de INIFAP. El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 6 m de longitud separados a 0.78 m, quedando los dos surcos centrales como parcela útil; se realizó análisis de varianza para las variables rendimiento, altura de planta, peso de cien granos, número de mazorcas y longitud de mazorcas; y correlación entre cada una de estas variables.

En forma general, se observó una respuesta favorable del cultivo a los factores en estudio. En cuanto a niveles de cal sobresalieron significativamente los tratamientos con 3 y 6 ton/ha; para los niveles de fósforo no se detectaron diferencias significativas entre 150 y 100 kg/ha de $P_2 O_5$, sin embargo, ambos fueron superados por el tratamiento con gallinaza.

El análisis químico del suelo permitió concluir que con el uso de calhidra es factible incrementar el pH y reincorporar este tipo de suelos a la actividad agrícola. De acuerdo al análisis económico realizado, el mejor tratamiento tuvo un costo de producción por hectárea de 1 millón 374 mil pesos, con un rendimiento de 5.34 ton; que generó un ingreso neto de 604 mil pesos y tuvo una tasa de retorno al capital variable de 1.081, dicho tratamiento contempla 3 ton/ha de cal y 100 kg/ha de $P_2 O_5$.

I. INTRODUCCION

Los suelos ácidos ocupan en la República Mexicana una superficie de 13'128,300 ha, lo que representa el 6.6% del territorio Nacional. Estos suelos se ubican principalmente en la zona intertropical, con abundante precipitación pluvial; el 63.8% de ellos son andosoles, principalmente vítricos y se ubican en el Eje Neovolcánico que atraviesa el país desde los Tuxtlas en el estado de Veracruz hasta Nayarit y Colima. En segundo orden de importancia se tiene a los gleysoles, cambisoles, acrisoles y nitosoles (estos dos últimos corresponden a los ultisoles de la Clasificación Americana), que se localizan principalmente en la zona lluviosa de Tabasco, Chiapas y Sur de Veracruz (SARH, 1973).

Los suelos ácidos del Sureste de México están dedicados principalmente al cultivo de pastizales, café, cacao, arroz, yuca, plátano, caña de azúcar y piña; mientras que los de la zona templada ocupados principalmente por andosoles, se dedican a bosques de coníferas o al cultivo de maíz y de papa.

En el sur del estado de Nayarit, aproximadamente el 80% de la superficie cultivable bajo condiciones de temporal es de suelos delgados y estos casi en su totalidad son de textura moderadamente arcillosa, la coloración

predominante es café-rojiza y son generalmente pobres en materia orgánica y fósforo. Entre estos suelos café-rojizos, es común encontrar suelos del orden ultisol, que se caracterizan por su bajo porcentaje de saturación de bases, pH muy bajos y generalmente son poco productivos.

La antigüedad de este tipo de suelos, aunada a la permanente lixiviación de bases hacia las partes bajas del perfil, ocasiona que en ellos sea necesario implementar manejos específicos para hacerlos productivos mediante la utilización de mejoradores químicos que en su mayoría ocasionan una fuerte inversión para rehabilitarlos e incorporarlos a la actividad agrícola.

El efecto de la lixiviación de bases produce un incremento en la concentración del ión Hidrógeno en la solución del suelo, bajando el pH que implica serios problemas a la mayoría de los cultivos, ya que aumenta la concentración de aluminio soluble ó intercambiable y en esa forma es muy tóxico a las plantas, restringiendo el desarrollo de la raíz. Otro fenómeno importante en suelos ácidos, es la fijación del fósforo pasando a formas insolubles de poca asimilabilidad por las plantas debido a la precipitación de fosfatos altamente insolubles de fierro y aluminio.

1.1 Justificación

La superficie ocupada por suelos ácidos del sur de Nayarit afecta una superficie aproximada de 15 mil ha (DETENAL, 1987) y se concentra en los municipios de

Compostela, San Pedro Lagunillas, Xalisco, Tepic, San Blas y Santa María del Oro, detectándose valores tan bajos de pH como 4.5 hasta los ligeros de pH 6.

Estos suelos actualmente se cultivan de maíz, sorgo y cacahuete y donde claramente se observan los efectos nocivos de la acidez en el rendimiento, ya que la producción en maíz y sorgo llega a ser nula y el cultivo de cacahuete por su tolerancia, alcanza a producir 1.5 ton/ha en suelos con pH de 4.5 a 5.0.

Generalmente se llega a confundir el efecto de la acidez del suelo sobre el bajo rendimiento de los cultivos, con el efecto de otros factores que también influyen como son: plagas del suelo, deficiente fertilización o deficiencias de humedad, sin embargo, puede ser que estos factores actúen de manera más crítica cuando se combinan con la acidez del suelo, reduciendo drásticamente los rendimientos.

Dada la naturaleza en general de los suelos café-rojizos es de esperarse que la acidez de los suelos aumente año con año, así como el incremento de la superficie misma; por lo que el problema debe afrontarse lo más pronto posible, mediante la generación de tecnología de producción que no represente una fuerte inversión económica para que se adopte en un corto plazo por la mayoría de los productores.

1.2 Objetivos

- 1.2.1 Evaluar el efecto del encalado, gallinaza y fósforo sobre el comportamiento del cultivo de maíz.
- 1.2.2 Evaluar el efecto de los factores en estudio, sobre las propiedades químicas del suelo, en particular sobre el pH.

1.3 Hipótesis

- 1.3.1 La acidez de los suelos (por abajo de un pH de 5.0) afecta el rendimiento del cultivo de maíz.
- 1.3.2 Los tratamientos que incluyen 6.0 ton de calhidra incrementan el pH a un nivel más elevado y en mayor velocidad.
- 1.3.3 Los tratamientos con gallinaza poseen mayor potencial productivo, por su efecto nutrimental.
- 1.3.4 Los tratamientos con fósforo inorgánico inciden mayormente en el rendimiento.
- 1.3.5 El tratamiento de cal y gallinaza genera mayor capacidad productiva en el cultivo que los que llevan un solo componente.
- 1.3.6 Al menos un tratamiento de los aquí evaluados genera mayores ingresos netos que los que actualmente obtiene el productor en suelos con problemas de acidez.

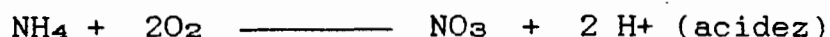
1.4 Metas

- 1.4.1 Generar para el año de 1991 una recomendación de rehabilitación de los suelos café-rojizos de valles con problemas de acidez que permita incrementar los rendimientos de maíz y los ingresos netos a los productores.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales

La acidez en los suelos, es originada en gran parte de la superficie terrestre por la precipitación pluvial que excede con mucho la evapotranspiración, dando por resultado el lavado del suelo. Este lavado elimina gradualmente a las sales solubles, a los minerales del suelo más fácilmente solubilizables, y a las bases (cationes no ácidos). Consecuentemente, las capas superiores del suelo lixiviadas se transforman en ácidas, ligeramente ácidas y moderadamente ácidas, a pesar de que el subsuelo puede permanecer neutro o alcalino. Otras causas de la acidez son: 1) Exposición al aire de suelos minerales conteniendo pirita de fierro (Fe S_2) u otros sulfuros: la pirita se oxida a ácido sulfúrico y a $\text{Fe}(\text{OH})_3$. También por el resultado de drenaje de inundaciones marinas en las planicies, conteniendo sedimentos altos en sulfuros los cuales se oxidan a ácido sulfúrico al ser expuestos a la atmósfera. 2) La fertilización de los cultivos también puede producir acidez del suelo. El uso continuado de amonio o fertilizantes amoniacales puede también dar lugar a suelos ácidos debido a la reacción microbiológica que a continuación se presenta:



Se genera menos acidez por unidad de nitrógeno cuando se utiliza nitrato de amonio, que cuando se fertiliza el suelo con sulfato de amonio, esto es debido a que solamente la mitad del nitrato de amonio puede ser oxidada más allá de lo que es en el caso del sulfato de amonio.

3) Finalmente, la acidez puede ser producida por el residuo de las plantas o residuos orgánicos que al descomponerse generan ácidos orgánicos. Esto es de importancia en muchos suelos forestales. (Ortega, 1981).

2.2 Efecto de la acidez del suelo en las plantas

Varios cultivos crecen pobremente en suelos ácidos. Hace algunos años se pensaba que este efecto era una consecuencia de una toxicidad por el hidrógeno o bien por una deficiencia de calcio y/o magnesio. Sin embargo, para que la concentración de H^+ llegue a ser fitotóxica, la acidez del suelo debe corresponder a un pH inferior de 3. Por lo que respecta a deficiencias de Ca^{2+} y/o Mg^{2+} , en suelos aún con pH de 4 a 4.5 los cationes intercambiables que se presentan en mayores cantidades son Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ .

El crecimiento anormal de los cultivos en suelos ácidos está relacionado con un desarrollo radical restringido, lo cual se explica por las concentraciones altas de Al^{2+} o Mn^{2+} que se presentan en el subsuelo. Tanto el aluminio como el manganeso son tóxicos para la mayoría de las plantas. El aluminio restringe o suspende el crecimiento de las raíces a concentraciones tan bajas como

1 ppm; en el caso de Mn^{2+} las plantas son capaces de soportar concentraciones mas altas que en el caso del Al^{3+} ; sin embargo, los suelos ácidos permanente o periódicamente inundados pueden contener cantidades tan altas como 100 ppm de Mn, concentraciones que definitivamente ya presentan fuertes efectos tóxicos sobre los cultivos (Ortega, 1981).

Los efectos detrimentales de la acidez del suelos sobre los cultivos, son de tipo indirecto. En un suelo ácido pueden manifestarse los siguientes problemas:

- 1.- Alta concentración de aluminio intercambiable y en solución, el cual además de causar una toxicidad directa, interfiere la disponibilidad del fósforo en el suelo y la movilidad del calcio en la planta.
- 2.- Fijación del fósforo, lo cual limita el aprovechamiento y efecto residual de los fertilizantes fosfatos en el suelo.
- 3.- Toxicidad de manganeso que en ocasiones origina una deficiencia de fierro por antagonismo.
- 4.- Deficiencias de calcio, magnesio o molibdeno.
- 5.- Reducida actividad microbiológica en el suelo, haciendo lenta la descomposición de la materia orgánica. Por otro lado hay microorganismos fitopatógenos que se desarrollan más activamente en suelos ácidos.
- 6.- Reducida CIC, lo que propicia la lixiviación de cationes (NH_4 , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+) (Nuñez, 1985).

2.3 Necesidades de encalado

Uno de los problemas más grandes del manejo de suelos ácidos es la estimación de las cantidades de material de encalado que se necesitan para elevar el pH del suelo a un cierto nivel.

Un procedimiento de laboratorio que permite estimar las necesidades de cal, consiste en titular una muestra de suelo con una base estándar y determinar la cantidad requerida de esta para elevar el pH de la muestra a un nivel deseado. Sin embargo, dada la gran diferencia de las condiciones de laboratorio y de campo (condiciones de reacción de las soluciones), hace necesario que los valores determinados en laboratorio sean multiplicados por un factor de conversión (frecuentemente 2 o más) para que la estimación del encalante requerida sea más realista si se quiere elevar el pH del suelo bajo condiciones de campo. Por lo general se debe realizar una calibración de los resultados con experimentos de campo (Ortega, 1981). No obstante, hasta la fecha no hay evidencias claras de que este tipo de procedimientos permitan generar recomendaciones a los productores.

Aunque la calcita es el material más comúnmente usado para el encalado, existen otros productos que también pueden emplearse, como es el caso de la cal viva (CaO) y la cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que tiene una reacción más violenta que la calcita. Estos son materiales más costosos

y de mayor causticidad. Es preferible que en el material para encalado vaya alguna proporción de dolomita, a fin de evitar un desbalance en la relación de concentraciones calcio/magnesio en el suelo. La roca fosfórica que es básicamente un proveedor de fósforo en los suelos ácidos, también tiene un ligero efecto neutralizante de la acidez. (Nuñez, 1985).

2.4 Antecedentes de Investigación

Spain *et al.* (1975) cultivaron 79 leguminosas, tres variedades de arroz y cuatro variedades de yuca en un Oxisol de Carimagua, Colombia, encalando con dosis de hasta seis ton de Ca CO_3 por hectárea. Encontraron que para las leguminosas y el arroz, los incrementos de rendimiento fueron constantes hasta la dosis más alta de cal; en cambio con la yuca y un genotipo de frijol pelón (*Vigna sinensis*) el mayor rendimiento se presentó con solo media tonelada de cal por hectárea y un pH inferior a 5.0 ya que estas prosperan satisfactoriamente bajo condiciones de acidez.

Miramontes y Ortega (1972), condujeron un ensayo de invernadero sobre encalado con carbonato y silicato de calcio en tres suelos, dos de ellos ácidos, para observar la influencia del encalado sobre varias características de los suelos y sobre el rendimiento de sorgo y su absorción de fósforo.

Dichos autores, encontraron que las dosis de crecientes de ambos mejoradores elevaron el pH, la CIC y

el fósforo absorbido por las plantas de sorgo; por otra parte, abatieron el aluminio soluble en acetato de amonio 1N a pH 4.8; sin embargo la efectividad de cada mejorador varió de uno a otro suelo. En el ultisol, el silicato de calcio fue más efectivo que el carbonato para abatir el Al y para elevar la CIC y la aprovechabilidad del fósforo; en cambio resultó menos efectivo el CaCO_3 para elevar el pH en ambos suelos. En general, las primeras adiciones de material para encalado tuvieron efectos más intensos sobre las características descritas que las últimas, aunque estas fueron suministradas en mayor cantidad.

Primordialmente, en los suelos ácidos el efecto de la fertilización fosfatada se mejora cuando el suelo recibe también un material de encalado; así, Fenster y León (1979) apreciaron que el rendimiento de materia seca de *Stylosanthes guianensis* fertilizado con fósforo, se duplicó cuando además recibió mejoradores a base de magnesio, calcio y/o silicio. Sin embargo, debe advertirse que el fertilizante fosfórico jamás debe mezclarse con la cal porque revierte el fósforo a formas no aprovechables. Lo que debe hacerse es aplicar primeramente la cal al voleo, mezclarla con el suelo y dejarla actuar el tiempo suficiente sobre la acidez del mismo, 45-60 días antes de aplicar el superfosfato de calcio, el cual debe ir preferentemente granulado y en banda o mateado, para reducir su superficie de contacto con el suelo y minimizar su fijación (Nuñez, 1985).

Adams (1982) realizó un experimento bajo condiciones de invernadero para comparar el efecto de dos fuentes de fósforo y aplicaciones de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sobre el pH y el fósforo disponible en solución. El experimento lo realizó con un suelo del orden ultisol deficiente en fósforo, con pH de 5.2 proveniente de Luce Dale. Alabama, USA. Utilizó las fuentes fosfato monocalcico (PMC) y fosfato de amonio (PDA) en la dosis de 0, 75, 150 y 300 ppm. Las dosis de cal fueron de 0, 680, 1328, 2656 y 4210 kg/ha. Los incrementos en el pH en un intervalo de 14 días para la dosis más alta de fósforo fueron:

DOSIS: CAL (Kg/Ha)	0	680	1328	2656	4210
PMC (300 ppm P) pH	5.2	5.4	5.6	6.2	6.6
PDA (300 ppm P) pH	6.4	6.4	6.6	6.8	7.0

Cabe mencionar que la cantidad de fósforo disponible fue mayor en los tratamientos de PMC aunque el valor de correlación fue bajo con el rendimiento en materia seca de la especie utilizada (sorgo forrajero), encontrándose la causa que algunos tratamientos presentaron deficiencias de calcio y toxicidad por aluminio.

Friesen *et al.* (1982) desarrollaron un trabajo donde evaluaron dosis de cal (cal hidratada) y un efecto residual a través de los años; utilizaron un suelo clasificado como ultisol en el Suroeste de Nigeria que

presenta un clima tropical lluvioso con 2 500 mm de pp anual con una distribución monomodal de los meses de marzo a noviembre. Se evaluaron cinco dosis de cal; 0, 0.5, 1.0 y 4.0 ton/ha incorporadas de 10 a 15 cm de profundidad del suelo, sembrándose las parcelas con maíz y garbanzo en rotación por un tiempo de cinco años. El pH del suelo fue elevado de 4.3 a 6.3 después de seis semanas de aplicada la cal en la dosis de 4.0 ton, encontrándose que el Al intercambiable fue esencialmente neutralizado en un pH de 5.6 nivel alcanzado con la dosis de 2.0 ton/ha de cal.

Se encontró también que la máxima pérdida de calcio ocurrió en la dosis de 4.0 ton en el primer años del estudio, bajando el pH de 6.3 a 5.3 y después de cinco años los valores de las variables: pH, Al intercambiable y Ca, regresaron a sus niveles iniciales del estudio.

En los seis años de prueba, el rendimiento relativo de grano de maíz estuvo altamente correlacionado con el pH y el porciento de saturación de Al intercambiable. Los rangos críticos (90% rend. máximo) para Al intercambiable fueron de 25 a 35% de saturación y para pH aprox. 4.6 a 4.8.

Los resultados de este experimento demostraron que relativamente las dosis bajas de cal son adecuadas para generar rendimientos aceptables bajo este tipo de suelos con rotación de cultivos. En la dosis de 0.5 ton/ha, que redujo por cerca de 20% la saturación de Al en el primer

año, generó rendimientos cercanos al máximo los dos primeros años. Sin embargo, 1 ton de cal/ha redujo la saturación de Al a menos de 20% con rendimientos similares al máximo los dos primeros años. Basado en lo anterior recomiendan aplicar dosis menores de 2.0 ton cal/ha (1 ton cal/ha) con un mantenimiento anual de 100 a 300 kg/ha de cal que ya vendría siendo un fertilizante en lugar de un mejorador.

López (1976), realizó un ensayo de fuentes de fertilizantes cuatro dosis de encalado en un suelo café-rojizo sembrado con maíz en Compostela, Nay. Los niveles de encalado fueron: 0, 500, 1000 y 2000 kg por hectárea aplicados al momento de la siembra.

Estos suelos tienen un pH de 4.5 a 5.5 y no menciona que pH final tuvieron las parcelas tratadas con cal. Concluye que tal vez el efecto de la cal haya quedado enmascarado o su efecto lo alcance en futuros años. Considera importante continuar este tipo de trabajo con algunos cambios con la época de aplicación, dosis más elevada de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y realizar ese trabajo en el mismo sitio para ver el efecto de la cal en dos ciclos.

El mismo autor en el mismo año y en el mismo ciclo realizó otro ensayo similar al anterior pero en el cultivo de cacahuate. Trabajó el mismo tipo de suelo y estudió las mismas dosis. Manejó dos oportunidades de aplicación: Una al momento de la siembra y la otra a los

15 días de nacido el cultivo, la primera se hizo en Compostela y la segunda en San José de Mojarras.

El autor no encontró efectos significantes entre los tratamientos con y sin cal y hace las mismas sugerencias anteriores.

Trejo *et al.* (1977) realizaron un experimento para observar el efecto de aplicación de cal sobre el cultivo de maíz en los suelos café-rojizos de temporal.

Utilizó las dosis de: 0, 1.5 3.0 y 4.5 ton/ha de cal, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y la aplicó al momento de la siembra. Cabe mencionar que no se realizaron mediciones de pH después de la aplicación, y solo se menciona el pH inicial de los suelos que es de 4 a 5.5.

Concluyen que sobre la limitante que pudiera ser el pH en la productividad, se realicen trabajos tomando en cuenta el efecto residual, pero con un tipo de experimento diferente al que ellos plantearon.

Trejo *et al.* (1977) en su trabajo de encalado en el cultivo del sorgo, bajo el mismo tipo de suelo y en donde aplicó la dosis de 3.0 ton/ha de cal y al momento de la siembra, mencionaron que es necesario estudiar de otra forma el factor encalado ya que como se ha llevado a cabo, no ha mostrado su impacto.

Trejo (1978) estudió cuatro niveles de nitrógeno y fósforo, épocas de fertilización y aplicaciones de cal con gallinaza en maíz en suelos café-rojizos. La única

dosis fue de 3.0 ton/ha y aplicada al momento de la siembra; encontró que la frecuencia de respuesta a este factor fue mínima, por lo cual consideró ausencia de respuesta.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del sitio experimental

3.1.1 Localización geográfica

El experimento se llevó acabo en los terrenos de un agricultor cooperante del Ejido de San José de Mojarras, Municipio de Santa María del Oro, Nayarit, que se encuentra situado en los valles y lomeríos del Sur del Estado, a los 21°25' de latitud norte, y a los 104°37' de longitud oeste, a una altura de 950 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

3.1.2 Características del clima

Los elementos del clima más importantes en el lugar, tienen unos valores medios de:

Temperatura	=	21.1°C
Precipitación	=	1556.4 mm
Evaporación	=	106.2 mm

En el lugar la estación de crecimiento inicia el 24 de junio y termina el seis de octubre.

Las temperaturas medias mensuales en los meses de desarrollo del cultivo son de 31.6°C en junio, 29.8 en julio, 27.8 en agosto, 26.9 en septiembre y 26.5°C en noviembre.

La distribución de las lluvias puede considerarse como monomodal ocurriendo el 90% de la precipitación en el

MICROLOCALIZACION

LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL



SITIO EXPERIMENTAL

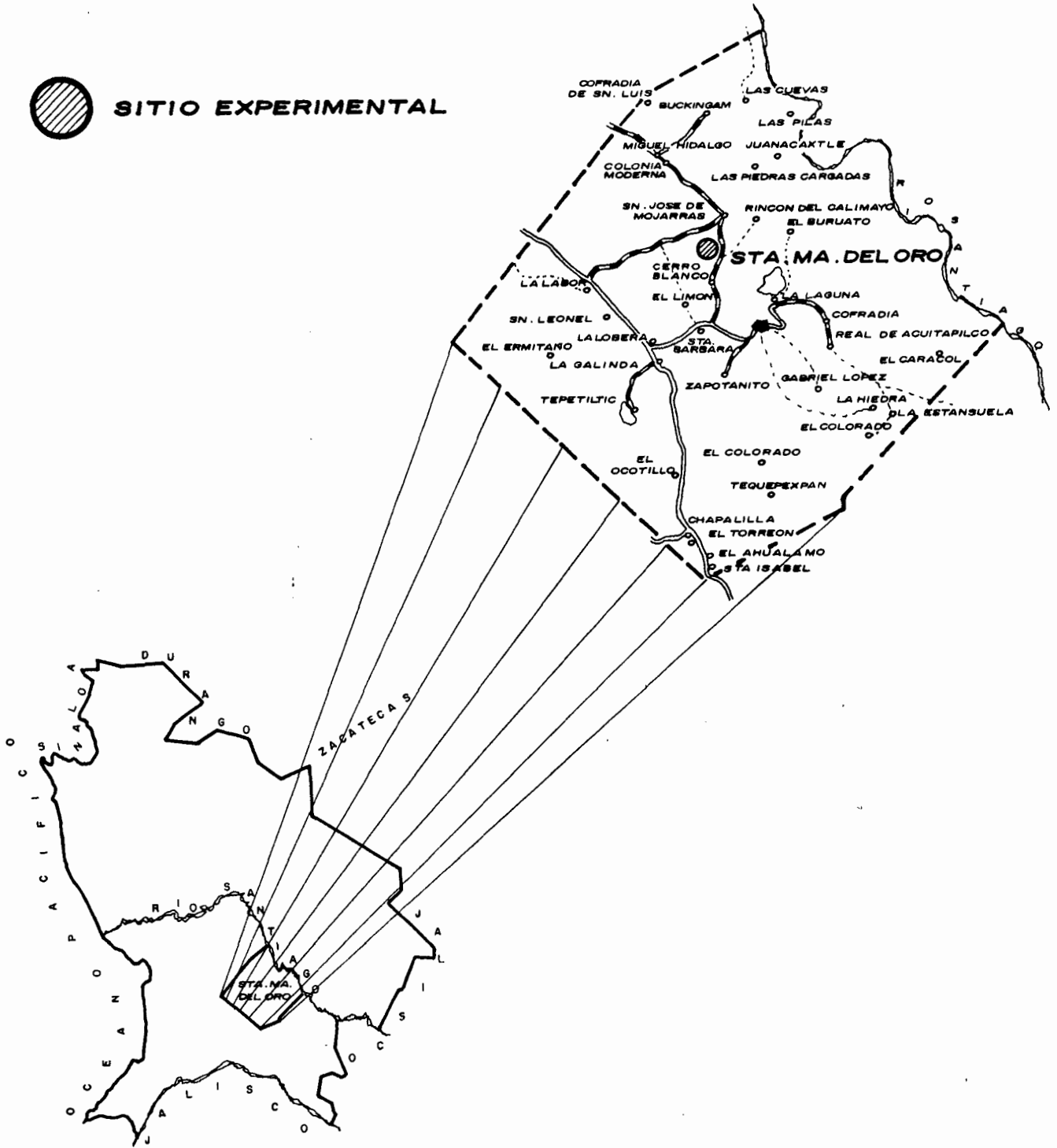


FIGURA 1

verano, con la siguiente distribución. 212.1 mm en junio, 383.9 en julio, 556.7 en agosto y 236.8 mm en septiembre.

Con los valores anteriores el clima de la región puede considerarse dentro del grupo de los c(w)(w₂) (templado subhúmedo con lluvias en verano, % de precipitación invernal menor de cinco).

3.1.3 Características del suelo

En el sitio experimental los suelos son derivados de material parental mixto, constituyentes de minerales ferromagnesianos (ultisoles y piroxenos), profundos, el estrato superficial es de color rojo-amarillento, textura arcillosa, baja permeabilidad y alta capacidad de retención de humedad. Estos suelos son de baja fertilidad, su porcentaje de saturación de bases es menor al 35% y su contenido de materia orgánica es de 1.5%, presentan reacción ácida (pH 4.8), pobres en Ca y Mg y ricos en K. Su pendiente es regular. Pertenecen al orden de los ultisoles y al suborden de los ultults en la Clasificación Americana. En el Cuadro 1 se observan los valores del análisis físico y químico realizado a una muestra común de estos terrenos.

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, donde las parcelas grandes llevaron los niveles de cal; 0, 2, 3 y 6 ton/ha. Como parcelas chicas fueron evaluadas los niveles de P₂O₅; 0, 50, 100, 150 y 10 ton de gallinaza seca que ocupan el nivel de 200 kg/ha, con una

CUADRO 1. Análisis físico y químico de una muestra compuesta de suelo proveniente del sitio experimental. San José de Mojarras, Mpio. de Santa María del Oro, Nayarit. P-V 1988. CESIX.

ANALISIS DE FERTILIDAD	PROF.- 0-30
Materia orgánica %	2.4 M
Nitrógeno total kg/ha	4608 M
Nitrógeno asimilable kg/ha	130 B
Fósforo Bray P-1 kg/ha	7 B
Potasio (Flamometría) kg/ha	348 M
C. E. Dil: 1:5	0.12 B
pH. Dil: 1:2	4.9 B
ANALISIS FISICO	
Arena %	19.5
Limo %	19.2
Arcilla %	61.3
Textura.	Arcilloso
Densidad aparente Gr/cm ³	1.2
Capacidad de campo %	36.9
PMP %	
Saturación %	43.2
Calcio (Ca ++) Meq/lt	1.5 B
Magnesio (Mg ++) Meq/lt	1.5 B

= Alto

M = Medio

B = Bajo

- Análisis realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la SARH en el Tizate, Nayarit.

dosis constante de N de 120 kg/ha. Fueron evaluados un total de 20 tratamientos en cuatro repeticiones, dando un total de 80 unidades experimentales (Cuadro 2).

El tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos, separados a 0.78 m y con 6 m de longitud, quedando los dos surcos centrales como parcela útil

3.3 Preparación del terreno

La preparación que recibió el terreno fue parecida a la que realizan todos los productores de maíz en temporal en suelos café-rojizos.

Consiste primero en realizar un barbecho en mayo, posteriormente un rastreo. Después de las primeras lluvias se realiza un nuevo rastreo y posteriormente se siembra.

La cal se aplicó al momento del primer rastreo, que fue el día 17 de junio de 1988.

La preparación del terreno fue óptima, quedando la cal bien mezclada en los primeros 10 cm del suelo. A los ocho días después se aplicó la gallinaza y también se incorporó con un rastreo.

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó el día 4 de julio de 1988, con la variedad de maíz V-526 de INIFAP. Primeramente se surcó a la distancia de 0.78 m entre surcos y se colocaron dos semillas cada 0.27 cm para después del arrale a una planta, completar una densidad de 50,000 plantas/hectáreas que es lo recomendado por el CESIX.

CUADRO 2. RELACION DE TRATAMIENTOS A EVALUAR EN LA LOCALIDAD SAN JOSE DE MOJARRAS EN EL CICLO P-V 1988 EN EL CULTIVO DE MAIZ

No. Tratamiento	Cal. Ton/Ha	P ₂ O ₅ (kg/Ha)	Gallinaza seca Ton/Ha
1	0	0	0
2	0	50	0
3	0	100	0
4	0	150	0
5	0	0	10
6	2	0	0
7	2	50	0
8	2	100	0
9	2	150	0
10	2	0	10
11	2	0	0
12	3	50	0
13	3	100	0
14	3	150	0
15	3	0	10
16	6	0	0
17	6	50	0
18	6	100	0
19	6	150	0
20	6	0	10

3.3.2 Fertilización

El experimento tuvo el manejo que recomienda la guía técnica del CESIX para este cultivo, variando solo los factores en estudio.

Los niveles de P_2O_5 fueron aplicados al momento de la siembra, en banda, ahí mismo se aplicó un tercio de las 120 unidades de nitrógeno recomendadas, y el insecticida para controlar plagas del suelo que fue Counter G 5%, 20 kg/ha.

La fuente para el fósforo fue el super fosfato de calcio triple (00-46-00) y de nitrógeno la urea (46-00-00). La segunda fertilización nitrogenada se realizó a los 40 días después de la siembra, aplicando los 2/3 de la dosis recomendada, con la fuente urea.

3.3.3 Control de plagas y malezas

Este se realizó aplicando 4.0 lt/ha de Primagram 500 en forma preemergente, lográndose un buen control. Posteriormente, a los 30 días después de la siembra se realizó una aplicación del insecticida Lorsban 480 E en dosis de 1.0 lt/ha para controlar el gusano cogollero.

3.4 Toma de datos de suelo y planta

Para los datos de suelo, se realizaron varias tomas de muestra como a continuación se indica.

a) Muestras para valores de pH. Las primeras muestras se obtuvieron antes de la aplicación de la cal, al momento

de la siembra y cada 15 días después hasta completar cuatro lecturas. Se tomaron a una profundidad de 0-30 cm.

- b) Muestras para análisis general del suelo fueron tomadas antes de la siembra, formando muestras compuestas de todo el experimento, antes de la aplicación de cal y al final del experimento por cada tratamiento.
- c) Datos de planta. Estos consistieron de la toma de: altura de planta a los 60 días después de la siembra, cinco plantas por unidad experimental; profundidad de raíces, dos plantas por (unidad experimental o parcela) a los 60 días después de la siembra.

3.5 Cosecha

La cosecha se realizó el día 28 de noviembre de 1988, en ella se tomaron datos de: número de plantas cosechadas, número de mazorcas, longitud de mazorcas, peso de 100 granos y rendimiento de grano.

3.6 Análisis de resultados

Para comprobar las hipótesis planteadas, se realizaron análisis de varianza para el diseño experimental utilizado, además la prueba de comparación de medias de Tukey para cada variable; y la obtención de los coeficientes de correlación entre las variables medidas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados

Los resultados obtenidos en cada unidad experimental, para las variables dependientes medidas (Rendimiento, altura de planta, longitud de mazorca, numero de mazorcas y peso de 100 granos), se encuentran reportados en el Cuadro 3. Para determinar el efecto que tuvieron los diferentes factores estudiados sobre las variables dependientes medidas se procedió a realizar los análisis de varianza.

De acuerdo con el modelo estadístico utilizado y a las hipótesis planteadas, el análisis de varianza para la variable rendimiento en grano del maíz indica que si hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 4) y por medio de la prueba de medias Tukey 0.05 se detectó que el tratamiento con tres toneladas de cal y 10.0 ton de gallinaza fue el mejor, con diferencia clara con el testigo absoluto, por lo que se acepta la hipótesis de que la acidez realmente esta afectando los rendimientos, ya que el pH inicial del suelo fue de 4.9. Además, se acepta la hipótesis de que la gallinaza al nivel evaluado incrementó los rendimientos en grano. (Figuras 2 y 3).

Analizando los efectos de las dosis de cal sobre el pH, por medio de la comparación de medias de Tukey se

CUADRO 3. RELACION DE TRATAMIENTOS Y LAS VARIABLES
EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO DE ENCALADO
P-V 1988

TRAT.	REND.	ALT. PL .	NO. MAZ.	LONG.DE MAZORCA	PESO DE CIEN GRANOS
1	0	68	0	0	0.0
1	511	106	15	11	17.0
1	1803	167	25	11	18.5
1	677	102	21	10	20.9
2	672	120	17	13	30.0
2	985	126	25	11	18.0
2	3027	173	38	13	23.0
2	1301	152	26	10	20.9
3	795	130	25	13	18.0
3	1020	149	22	14	17.4
3	1407	177	29	13	16.5
3	2220	161	31	11	23.6
4	819	136	29	13	15.5
4	1593	166	25	14	22.9
4	414	108	20	11	25.0
4	1841	165	31	11	22.1
5	1879	147	31	13	21.0
5	1393	154	24	14	21.5
5	3135	186	37	14	26.0
5	2722	158	32	13	26.3
6	3695	194	43	15	28.5
6	1932	180	26	16	24.0
6	3940	196	48	14	26.5
6	1274	146	23	12	28.5
7	4259	215	38	15	29.1
7	3595	200	39	14	30.0
7	4466	220	50	13	31.6
7	2962	166	38	12	24.8
8	4287	230	41	16	25.0
8	4669	239	43	15	23.0
8	4189	241	39	16	27.6
8	4266	239	42	15	26.7
9	2998	178	35	13	25.0
9	5465	244	43	18	24.0
9	4494	212	46	17	27.6
9	5028	223	42	17	28.4
10	5378	232	45	16	28.0
10	5108	226	44	16	26.4
10	6015	239	47	16	29.1
10	4837	217	43	15	30.0
11	3733	200	38	15	27.5
11	4894	220	41	14	28.4

continúa

CONT. CUADRO 3. RELACION DE TRATAMIENTOS Y LAS VARIABLES
EVALUADAS EN EL EXPERIMENTO DE ENCALADO
P-V 1988

TRAT.	REND.	ALT. PL.	NO. MAZ.	LONG. DE MAZORCA	PESO DE CIEN GRANOS
11	3874	218	38	14	30.4
11	3674	197	42	16	32.0
12	4091	227	41	15	27.5
12	5001	232	39	18	27.5
12	4556	240	43	15	26.5
12	4783	230	46	14	30.0
13	5290	246	43	16	31.5
13	6108	257	45	16	30.0
13	5272	244	37	19	33.8
13	4722	253	43	17	27.1
14	5606	236	46	15	28.0
14	5596	244	38	17	33.0
14	4989	246	44	16	32.7
14	4738	250	41	17	28.9
15	6380	252	46	17	27.5
15	5994	254	44	17	28.6
15	6355	261	48	18	31.7
15	5430	249	43	16	27.0
16	4331	196	41	18	25.0
16	4993	216	41	17	31.4
16	4023	217	38	16	29.0
16	3719	212	41	17	23.3
17	5330	236	43	17	25.0
17	4387	248	43	17	29.0
17	4886	241	37	17	30.0
17	5212	237	46	14	28.0
18	4786	242	44	17	34.2
18	4823	251	39	18	31.0
18	5422	254	39	16	33.8
18	5656	252	49	16	28.5
19	4551	240	40	16	29.9
19	5851	245	47	17	30.0
19	5078	251	40	17	29.0
19	6033	255	47	17	30.0
20	5501	247	41	17	31.0
20	6093	258	45	17	32.2
20	4570	256	40	17	30.0
20	5493	242	52	14	32.4

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA

		VARIABLE		DEPENDIENTE:		RENDIMIENTO	
FUENTE	GL	SC	CM	Fc	Ft		
MODEL	31	219149310.687	7069332.602	17.45	0.0001		
ERROR	48	19440260.5000	405005.427				
TOTAL	79	238589571.187					

$R^2 = 0.918$ $CV \% = 16.281$ $\text{Rend. } \bar{x} = 3908.687$

- PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS (TUKEY .05)

VARIABLE: RENDIMIENTO

N = 16

GRUPOS DE TUKEY	MEDIA	FOSFORO
A	4767.7	200
B	4068.4	150
B	4058.2	100
B	3707.1	50
C	2942.1	0

DMS = 637.69

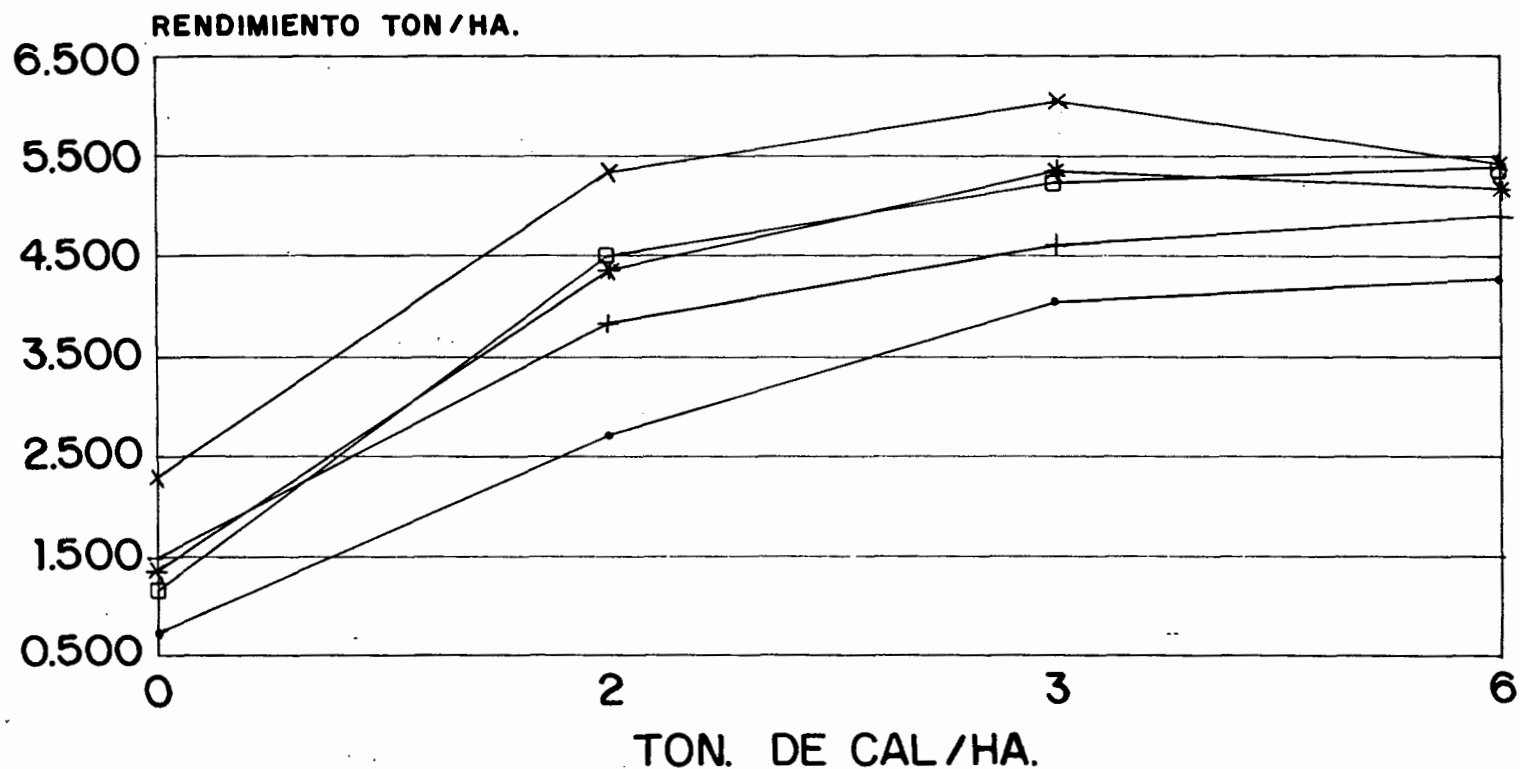
N = 20

GRUPOS DE TUKEY	MEDIA	CAL
A	5054.3	3
B A	5026.9	6
B	4142.9	2
C	1410.7	0

DMS = 901.9

FIG. 2

RELACION ENTRE LOS NIVELES DE CAL Y NIVELES DE FOSFORO Y SUS EFECTOS EN EL RENDIMIENTO EN GRANO DE MAIZ

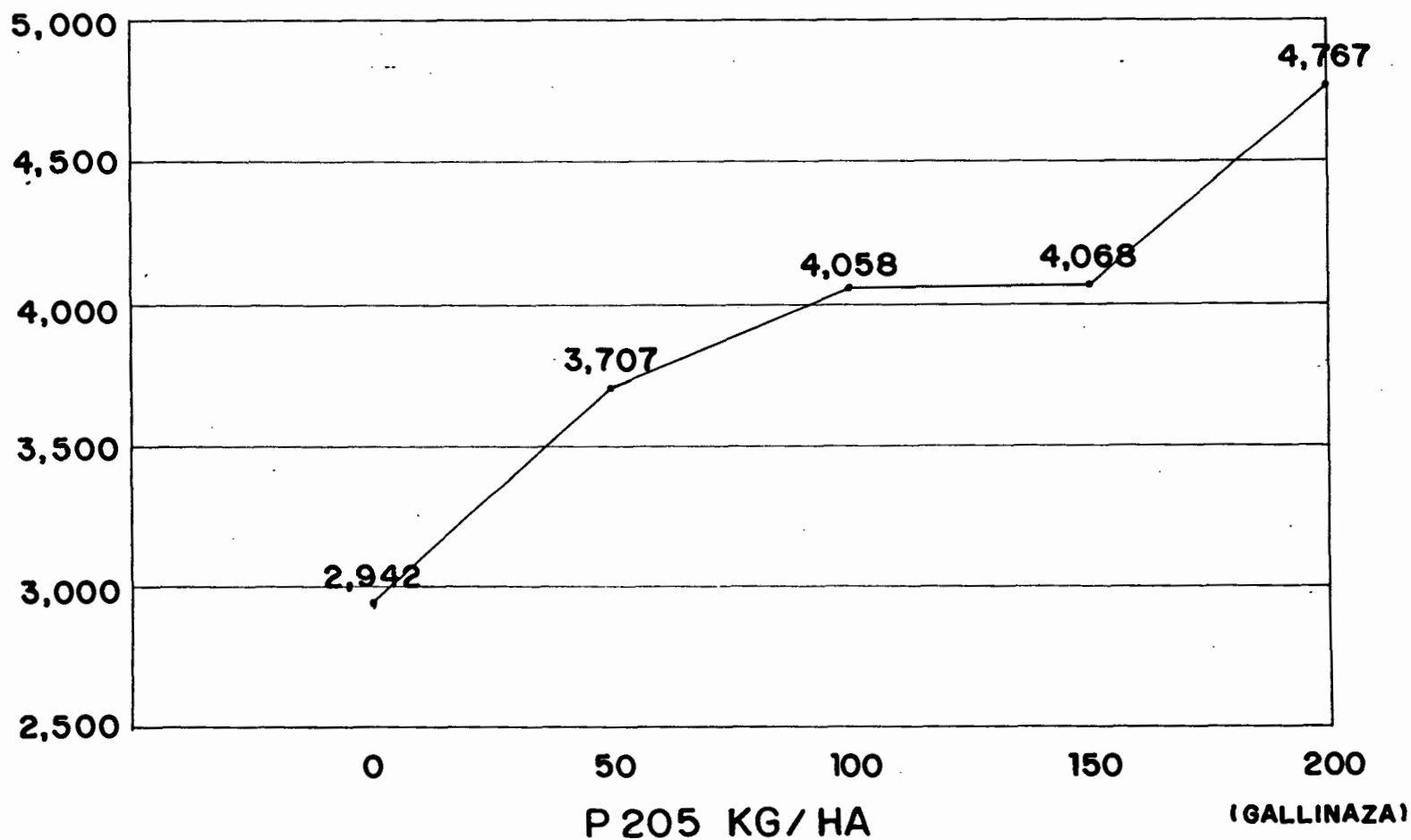


KG. DE P₂O₅

—●— 0 —+— 50 —*— 100 —□— 150 —x— 200 (GALLINAZA)

FIG. 3

RELACION ENTRE LOS NIVELES DE FOSFORO Y
LOS NIVELES DE CAL Y SUS EFECTOS EN EL
RENDIMIENTO EN GRANO DE MAIZ



CICLO P.V. 88'88

encontró que para la lectura realizada a los 15 días después de la siembra no hay diferencias significativas entre las dosis de cal, a excepción del testigo. Para la lectura 60 días después de la siembra, analizadas las medias por el mismo procedimiento, se encontró que los niveles de 6 y 3 ton de cal/ha son estadísticamente iguales y superiores al resto de los niveles de cal. La comparación de medias contra la variable independiente fósforo indica que ésta tuvo efecto sobre el pH, al encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos.

El análisis de varianza (Cuadro 5) para la variable altura de planta, indica que sí se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, detectando por la prueba de medias (Tukey 0.05) que los niveles de cal y fósforo que más incidieron en el efecto fueron: 6 y 3 ton/ha de cal, 10.0 ton de gallinaza y 100 kg/ha de P_2O_5 respectivamente.

Por el mismo procedimiento, se observó que la longitud de mazorca se vio afectada positivamente por los niveles de 6 y 3 ton/ha de cal, por sobre los otros niveles. En cuanto al fósforo, todos los niveles presentan el mismo efecto, a excepción del testigo. (Cuadro 6).

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE DEPENDIENTE: ALTURA DE PLANTA

F.V	GL	SC	CM	Fc	Ft
MODELO	31	155392.6000	5012.664	20.30	0.0001
ERROR	48	11981.400	246.904		
TOTAL	79	167244.000			

$R^2 = 0.929$ $CV = 7.554$ $\bar{x} = 208.000$

- PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS (TUKEY .05)

N = 16

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	FOSFORO
A	223.625	200
A	222.812	100
AB	212.437	150
B	203.937	50
C	177.187	0

DMS = 15.745

N = 20

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	CAL
A	239.800	6
A	237.800	3
B	211.850	2
C	142.550	0

DMS = 18.435

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE DEPENDIENTE: LONGITUD DE MAZORCA

F.V	GL	SC	CM	Fc	Ft
MODELO	31	444.9000	14.351	4.88	0.0001
ERROR	48	141.300	2.943		
TOTAL	79	586.2000			

 $R^2 = 0.758$

C.V. = 11.553

 $\bar{x} = 14.850$

- PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS (TUKEY .05)

N = 16

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	FOSFORO
A	15.625	200
A	15.500	100
A	15.375	150
B	14.250	50
B	13.500	0

DMS = 1.719

N = 20

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	CAL
A	16.600	6
A	16.100	3
AB	15.050	2
C	11.600	0

DMS = 1.195

La variable número de mazorcas (Cuadro 7) se vio poco afectada por los niveles de cal, ya que solo el testigo presenta diferencias significativas del resto del grupo, sucediendo lo mismo con los niveles de fósforo. El mismo fenómeno se observó para la variable peso de cien granos. (Cuadro 8).

Analizando los coeficientes de correlación (Cuadro 9) de los factores y las variables en estudio que fueron altamente significativos, se encontró que a mayor dosis de cal, mayor altura de planta ($R = 0.72$) y mayor rendimiento ($R = 0.70$). A mayor altura de planta; mayor rendimiento ($R = 0.94$) y a mayor número de mazorcas (0.87). A mayor número de mazorcas, mayor rendimiento ($R = 0.89$), y mayor longitud de mazorcas en mayor altura de plantas ($R = 0.81$). En lo que respecta a fósforo, se observó una ausencia de significancia con rendimiento y con altura de planta ($R = 0.32$ y 0.31).

4.1.1 Análisis económico

El análisis económico realizado (Cuadro 10) por el método discreto, para capital ilimitado, se basó en el mayor ingreso neto ó mayor tasa de retorno a capital variable; encontrándose que el tratamiento No. 13 que incluye 3.0 ton/ha de cal más 100 kg/ha de P_2O_5 fue el que generó los mayores ingresos netos (604,396.00) con un rendimiento de 5.348 ton/ha de grano. Además, este mismo tratamiento tiene la mayor tasa de retorno con un valor de 1.081.

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE DEPENDIENTE: NUMERO DE MAZORCAS

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Ft
MODELO	31	5798.087	187.035	8.00	0.0001
ERROR	48	1122.300	23.381		
TOTAL	79	6920.387			

$R^2 = 0.837$

$CV = 12.821$

$\bar{x} = 37.712$

- PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS (TUKEY .05)

N = 16

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	FOSFORO
A	41.375	200
A	38.375	150
A	38.187	100
A	38.062	50
B	32.562	0

$DMS = 4.845$

N = 20

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	CAL
A	42.650	6
A	42.300	3
A	40.750	2
B	25.150	0

$DMS = 7.730$

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE DEPENDIENTE: PESO DE CIEN GRANOS

FUENTE	GL	SC	CM	Fc	Ft
MODELO	31	1702.146	54.907	5.06	0.0001
ERROR	48	520.548	10.844		
TOTAL	79	2222.694			

$R^2 = 0.765803$

$CV = 12.368$

$\bar{x} = 26.6262$

- PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS (TUKEY .05)

N = 16

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	FOSFORO
A	28.044	200
B A	27.000	150
B A	26.931	50
B A	26.731	100
B	24.425	0

DMS = 3.299

N = 20

GRUPOS DE TUKEY	MEDIAS	CAL
A	29.635	6
A	29.480	3
A	27.185	2
B	20.205	0

DMS = 3.187

CUADRO 9. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS FACTORES EN ESTUDIO Y LAS VARIABLES DEPENDIENTES.

	CAL	FOS.	REND.	ALTPL	NUMAZ.	LONMAZ	PCIENGR.
CAL	1.000	0.000	0.709 **	0.727 **	0.614 *	0.624 **	0.607 **
FOS.	0.000	1.000	0.328 NS	0.313 NS	0.272 NS	0.280 NS	0.196 NS
REND.	0.709 **	0.328 NS	1.000	0.949 **	0.899 **	0.758 **	0.734 **
ALTPL.	0.727 **	0.313 NS	0.949 **	1.000	0.877 **	0.816 **	0.745 **
NUMAZ	0.614 **	0.272 NS	0.899 **	0.877 **	1.000	0.733 **	0.733 **
LONMAZ.	0.624 **	0.280 NS	0.758 **	0.816 **	0.733 **	1.000	0.741 **
PCIENGR.	0.607 **	0.196 NS	0.734 **	0.745 **	0.733 **	0.741 **	1.000

* = SIGNIFICATIVO (.05)

** = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (.01)

NS = NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 10. ANALISIS ECONOMICO DE LA EVALUACION DE ENCALADO EN LA LOCALIDAD DE SAN JOSE DE MOJARRAS, P.V. 1988.

COSTOS FIJOS	MILES DE PESOS	COSTOS VARIABLES	\$
Barbecho	70	- Calhidra (transporte y aplic.)	150,000 ton.
Rastreo	70	- Gallinaza (transporte y aplic.)	35,000
Semilla	50	- Superfosfato de calcio triple U de P ₂ O ₅ .	1,087
Siembra	25		
Fertilizante (N)	70	- Precio de garantía maíz, dic. 1988.	
Insecticida al suelo	60	- \$ 370,000 ton.	
Herbicida	100		
Aplicación de herbicida	20	- Intereses 50% anual	
Lt+Lorsban 480-E	20	- 4 meses de interés = 16.6%	
Aplicación de insecticida	15		
Aplicación de fertilizante	20		
Trilla y maniobras	100		
T O T A L CF =	620,000		

Para determinar el costo real de cada tratamiento se tomaron como referencias los costos regionales de cada labor e insumo a la fecha de realización. Julio de 1988.

Continúa

Continuación Cuadro 10. Análisis económico de la evaluación de encalado en la localidad de San José de Mojarras, P.V. 1988.

No. trat	Cal ton/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Gall. ton/ha	Costos fijos \$	Costos variab.\$	Intereses \$	Costos tot.	Rend. Ton/ha	IB \$	IN \$
1	0	0	0	620,000	0	102,900	722,920	0.747	276,390	-446,530
2	0	50	0	620,000	54,350	111,942	786,292	1.496	553,520	-232,772
3	0	100	0	620,000	108,700	120,964	849,664	1.360	503,200	-346,464
4	0	150	0	620,000	163,050	129,986	913,036	1.166	431,420	-481,616
5	0	0	10.0	620,000	350,000	161,020	1'131,020	2.282	844,320	-286,700
6	2	0	0	620,000	300,000	152,720	1'072,720	2.710	1'002,700	-70,020
7	2	50	0	620,000	354,350	161,742	1'136,092	3.820	1'413,400	227,308
8	2	100	0	620,000	408,700	170,764	1'199,464	4.352	1'610,240	410,776
9	2	150	0	620,000	463,050	179,786	1'262,836	4.496	1'663,520	400,684
10	2	0	10.0	620,000	650,000	210,820	1'480,820	5.334	1'973,580	492,760
11	3	0	0	620,000	450,000	177,620	1'247,620	4.043	1'495,910	248,290
12	3	50	0	620,000	504,350	186,642	1'310,992	4.607	1'704,590	393,598
13	3	100	0	620,000	558,700	195,664	1'374,364	5.348	1'978,760	604,396
14	3	150	0	620,000	613,050	204,686	1'437,736	5.232	1'935,840	498,104
15	3	0	10.0	620,000	800,000	235,720	1'655,720	6.039	2'234,430	578,710
16	6	0	0	620,000	900,000	252,320	1'772,320	4.266	1'578,420	-193,900
17	6	50	0	620,000	954,350	261,342	1'835,692	4.903	1'814,110	-21,582
18	6	100	0	620,000	1'008,700	270,364	1'899,064	5.171	1'913,270	14,206
19	6	150	0	620,000	1'163,050	195,986	2'079,036	5.378	1'989,860	-89,176
20	6	0	10.0	620,000	1'250,000	310,420	2'180,420	5.414	2'003,180	-177,240

- La tasa de retorno para capital variable para los cuatro primeros tratamientos corresponde:

TRATAMIENTO

TRCV

13
15
14
10

1.081
0.723
0.812
0.758

60

4.1.2 Discusión de resultados

De los análisis de los resultados anteriormente mencionados se observa que del grupo de los tratamientos sobresalen en cuanto a niveles de cal los que llevan 3 y 6 ton/ha. Para los niveles de fósforo no se detectaron diferencias significativas entre 50, 100 y 150 kg/ha de P_2O_5 ; sin embargo, ambos tratamientos fueron generalmente superados, en forma significativa, por el tratamiento con gallinaza, lo cual comprueba las hipótesis que la gallinaza tiene mayor influencia en los rendimientos, y sobre todo cuando esta se acompaña con un nivel de 3 ton/ha de cal. Además, también con esto se comprueba que el tratamiento sin fósforo presentó los más bajos rendimientos por lo que este elemento realmente, en estos suelos, si está limitando la producción.

Así, por medio de este estudio, se pudo comprobar que en trabajos anteriores similares, no se encontró, referente a los efectos benéficos claros del encalado en suelos con pH aún inferiores a 5.0 donde la ausencia de respuesta al encalado no fue por una baja capacidad adaptativa de la planta del maíz a condiciones de severa acidez, ni tampoco a la lenta reacción de la calhidra en el amortiguamiento del pH del suelo (Trejo *et al.* 1977). Por el contrario, aquí se observó que la calhidra reaccionó en el primer mes, incrementando el pH de 4.9 a 6.5 en

promedio, resultado que coincide con los de Friesen *et al.* (1982).

En los análisis de fertilidad realizados a los 75 días después de la siembra, (Cuadros 11 y 12) se observó claramente como los tratamientos con gallinaza incrementaron considerablemente los niveles de fósforo y potasio en el suelo, sin embargo, esto no fue así para la materia orgánica ni el nitrógeno, por lo que se puede deducir que los dos primeros elementos participaron directamente en el incremento del rendimiento. Por otro lado, se pueden diferenciar los pH de cada nivel de cal: para 0 ton de cal, el pH se elevó de 4.9 a 5.4; para el nivel de 2.0 ton de cal, éste fue elevado a 6.2; para 3.0 y 6.0 ton de cal fue de 6.4 y 7.0 respectivamente; lo que correlaciona directamente con los rendimientos obtenidos. Cabe aclarar que los valores de las lecturas quincenales anteriores tuvieron mucha variabilidad, por lo que no se pudo realizar una buena observación de los incrementos graduales en el pH con el tiempo. Con todo lo anterior, se demuestra que una buena aplicación de cal, incorporada al voleo en presiembra si reacciona con el suelo y disminuye los problemas ocasionados por la acidez y que revierte los resultados encontrados por Trejo *et al.* (1977).

De hecho, un factor muy importante a considerar en este tipo de estudios, son los costos elevados para

CUADRO 11. ANALISIS DE FERTILIDAD REALIZADO PARA CADA TRATAMIENTO EN EL SITIO EXPERIMENTAL EN SAN JOSE DE MOJARRAS, MPIO., DE STA. MA. DEL ORO, NAY. CIFAP-CKSIX.

- FECHA: 20 DE SEPTIEMBRE DE 1988. (75 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA)
 PROFUNDIDAD: 0-30 CM.

No. trat.	Cal ton/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Gall. ton/ha	M.O. %	N-tot. ton/ha	N-asim. kg/ha	P-BRAY kg/ha	K(Flam) kg/ha	pH Dil 1:2	Rend. ton/ha
1	0	0	0	2.3 M	4.2 M	127 M	20 M	348 M	5.6	0.7
2	0	50	0	2.4 M	4.3 M	131 M	30 M	372 M	5.4	1.4
3	0	100	0	1.7 B	3.1 M	95 B	15 B	396 M	5.3	1.3
4	0	150	0	2.0 B	3.6 M	110 M	35 M	336 M	5.3	1.1
5	0	0	10.0	2.9 M	5.3 M	160 M	168 M	579 A	5.3	2.2 *
6	2	0	0	2.5 M	4.6 M	139 M	146 A	288 M	5.9	2.7
7	2	50	0	2.8 M	5.1 M	154 M	129 M	336 M	6.1	3.8
8	2	100	0	2.08 M	3.7 M	112 M	27 M	348 M	6.0	4.3
9	2	150	0	1.9 B	3.5 B	106 M	27 M	336 M	6.3	4.4 *
10	2	0	10.0	2.2 M	4.0 M	121 M	148 A	408 A	6.2	5.3
11	3	0	0	2.7 M	4.9 M	150 M	23 M	312 M	6.1	4.0
12	3	50	0	1.8 B	3.3 B	100 M	20 M	324 M	6.2	4.6
13	3	100	0	2.4 M	4.3 M	130 M	31 M	360 M	6.3	5.3
14	3	150	0	2.4 M	4.3 M	130 M	35 M	396 M	6.8	5.2
15	3	0	10.0	3.2 M	5.8 M	175 A	139 A	520 A	6.3	6.0 *
16	6	6	0	2.2 M	5.0 M	121 M	25 M	336 M	6.7	4.2
17	6	50	0	2.6 M	4.7 M	142 M	20 M	324 M	7.1	4.9
18	6	100	0	2.9 M	5.3 M	160 M	21 M	336 M	7.2	5.1
19	6	150	0	2.2 M	4.8 M	54 B	25 M	372 M	7.0	5.3
20	6	0	10.0	2.4 M	4.4 M	133 M	168 A	540 A	7.0	5.4 *

A = ALTO,

M = MEDIO,

B = BAJO.

CUADRO 12. ANALISIS DE FERTILIDAD REALIZADO PARA CADA TRATAMIENTO EVALUADO EN EL SITIO EXPERIMENTAL EN SAN JOSE DE MOJARRAS, MPIO., DE STA. MA. DEL ORO, NAY. CIFAP-CESIX.

- FECHA 20 DE SEPTIEMBRE DE 1988 (75 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA)
 PROFUNDIDAD: 30 - 60 CM.

No. trat.	Cal ton/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Gall. ton/ha	M.O. %	N-tot. ton/ha	N-asim. kg/ha	P-BRAY kg/ha	K(Flam) kg/ha	pH Dil 1:2	Rend. ton/ha
1	0	0	0	3.0 M	5.5 M	166 A	24 M	312 M	6.0	0.7
2	0	50	0	3.5 M	6.3 M	189 A	13 B	288 M	5.7	1.4
3	0	100	0	3.0 M	5.4 M	163 A	52 A	408 M	5.6	1.3
4	0	150	0	2.3 M	4.1 M	124 M	17 M	200 M	6.3	1.1
5	0	0	10.0	1.5 M	2.7 B	83 M	13 B	264 M	6.3	2.2 *
6	2	0	0	2.4 M	4.3 M	131 M	15 B	520 A	6.4	2.7
7	2	50	0	1.7 B	3.1 B	95 M	12 B	348 M	5.9	3.8
8	2	100	0	2.3 M	4.1 M	124 M	22 M	399 M	5.8	4.3
9	2	150	0	2.0 M	3.7 M	112 M	35 M	384 M	6.6	4.4 *
10	2	0	10.0	2.6 M	4.7 M	142 M	14 B	220 M	5.5	5.3
11	3	0	0	2.2 M	3.9 M	119 M	16 B	312 M	5.6	4.0
12	3	50	0	2.4 M	4.4 M	134 M	13 B	360 M	5.6	4.6
13	3	100	0	3.1 M	5.6 M	169 M	23 M	324 M	5.8	5.3
14	3	150	0	2.3 M	4.1 M	124 M	17 B	240 M	5.7	5.2
15	3	0	10.0	2.3 M	4.2 M	127 M	10 B	312 M	5.7	6.0 *
16	6	0	0	1.5 M	2.7 B	83 M	13 B	348 M	5.7	4.2
17	6	50	0	2.9 M	5.2 M	157 M	10 B	220 M	6.1	4.9
18	6	100	0	1.7 M	3.0 B	92 M	16 B	288 M	5.6	5.1
19	6	150	0	2.4 M	4.4 M	133 M	22 M	264 M	5.7	5.3
20	6	0	10.0	2.6 M	4.7 M	142 M	13 B	264 M	5.9	5.4 *

A = ALTO,

M = MEDIO,

B = BAJO.

mejorar los suelos con problemas de acidez. Sin embargo son necesarias ya que ello implica resolver el problema, su recuperación económica es a largo plazo, con los posibles incrementos de la producción en la región.

De acuerdo al análisis económico para este primer ciclo, se observó que el testigo absoluto y los tratamientos con elevados niveles de fósforo y gallinaza no fueron costeables (el primero por sus bajas producciones y los segundos por sus costos), observándose también esto en las siembras comerciales establecidas en este tipo de suelos. Aunque también ocurrió algo similar en los tratamientos con alto nivel de cal (6 ton/ha), esto se debe manejar con cautela; por tanto, lo que procede es realizar posteriormente, en ciclos continuos de prueba, la evaluación de la residualidad del material encalante para verificar su redituabilidad económica.

En lo que respecta a la aplicación de gallinaza, se observó claramente que el nivel utilizado en combinación con los niveles de cal, generó los máximos rendimientos, lo cual constituye una magnífica opción en la región, por ser dicho recurso nutrimental de fácil adquisición a bajos costos, dada su existencia y disponibilidad, para los productores que tienen suelos ácidos.

Aunque en este estudio se pudo correlacionar muy poco la respuesta del cultivo con los fenómenos ocurridos en el suelo, se obtuvo, la comprobación directa de los

efectos nocivos de la acidez del suelo en las plantas que desarrollaron en el tratamiento con 0 cal al presentar sintomatología clara de las deficiencias de fósforo desde sus primeras etapas, un desarrollo radical restringido y además sufrieron daño severo de plagas del suelo, aún cuando se controlaron adecuadamente al momento de la siembra. Las deficiencias de humedad no fueron limitantes al no ser los períodos de ausencia de lluvia muy prolongados.

V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos y a la discusión realizada podemos deducir las siguientes conclusiones:

- 1.- El efecto de los factores evaluados fue claro y contundente sobre las variables medidas.
- 2.- La calhidra aplicada incrementó el pH a niveles que permitió disminuir el efecto de la acidez del suelo sobre la planta en comparación con el testigo donde se observaron efectos detrimentales.
- 3.- El abono orgánico gallinaza deshidratada, en el nivel de 10.0 ton/ha, generó los máximos rendimientos en grano.
- 4.- El fósforo es el macronutriente problema en este tipo de suelos, sobre todo por su baja disponibilidad al cultivo, el cual se incrementa considerablemente con la aplicación ya sea de grandes cantidades de gallinaza ó de fertilizante.
- 5.- El tratamiento óptimo económico para este primer ciclo fue el que consiste en la aplicación de 3.0 ton/ha de calhidra más 120-100-00 de N-P-K con una densidad de 50,000 plantas por hectárea, el cual generó una tasa de retorno de 1.081 con un rendimiento de 5.348 ton/ha de grano.

6.- Con un buen manejo de la calhidra, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, es posible reincorporar los suelos con problema de acidez a la actividad agrícola.

5.2 Sugerencias

- 1) Se sugiere continuar al menos en tres ciclos consecutivos, este tipo de trabajos; **donde se evalué el efecto residual de la aplicación** de este factor correctivo del suelo y asimismo, se verifique su correspondiente redituabilidad económica.
- 2) El uso del abono orgánico gallinaza deshidratada constituye una alternativa para ayudar y complementar los requerimientos nutrimentales y correctivos necesarios en suelos con problemas de acidez.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Adams, F.** 1982. A comparison of the effects of monocalcium phosphate and diamonium phosphate in phosphorus and calcium availabilities. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 769-77.
- DETENAL,** 1987. Cartas edafológicas y de uso potencial del suelo del estado de Nayarit. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Fenster, W.E. y L.A. León.** 1979. Manejo de la fertilización con fósforo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados en suelos ácidos e infértiles de América Tropical. En: L.E. tengán y P.S. Sánchez. 1979. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia.
- Friesen D. K., A. S. R. Juo, y M.H. Miller.** 1982. Residual value of lime and leaching of calcium in a kaolinitic in the high rainfall tropics. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1184-1189.
- López, L.F.** 1976. Informe de labores ciclo P-V, Programa Productividad de Suelos. SARH-INIA-CIAPAN-CAESIX. Santiago Ixc., Nay.
- Miramontes, B. y E. Ortega T.** 1972. Efectos del carbonato y silicato de calcio sobre el rendimiento de sorgo y algunas propiedades químicas en tres suelos en México. Agrociencia. Serie C. No. 7-81-93.
- Núñez, E.R.** 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivos y su corrección mediante el encalado. Serie cuadernos de Edafología 2. Centro de Edafología, Colegio de Post-graduados, Chapingo, Méx.
- Ortega Torres E.** 1981. Química de Suelos Dpto. de Suelos UACH, Chapingo, Méx.
- SARH,** 1973. Unidades de Suelos de la República Mexicana, de acuerdo al sistema FAO-UNESCO. Tercer Intento. Dirección General de Agrología.

Spain, J. M; C.A. Francis; R.H. Howeler y F. Calvo. 1975. Diferencias entre especies y variedades de cultivos y pastos tropicales en su tolerancia a la acidez del suelo. en: E. Bornemisza y A. Alvarado (Eds). Manejo de Suelos en la América Tropical. North Carolina State University, Raleigh

Trejo, S.M. 1977. Informe de Labores Ciclo P-V, Programa Productividad de Suelos. SARH-INIA-CIAPAN-CAESIX. Santiago Ixc., Nay.

Trejo, S.M. 1978. Informe de Labores Ciclo P-V, Programa Productividad de Suelos. SARH-INIA-CIAPAN-CAESIX. Santiago Ixc., Nay.