

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRICULTURA



**USO DE LA ROCA FOSFORICA
CRUDA COMO UNA ALTERNATIVA
DE FERTILIZACION EN ANDOSOLES
DE MICHOACAN**



**ESCUELA DE AGRICULTORES
BIBLIOTECA**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION SUELOS**

P R E S E N T A

**LUIS ALEJANDRO MADRIGAL MERCADO
LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JAL.**



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Facultad de Agricultura

Expediente

Número

Junio 21, 1986.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.
PRESENTE.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
LUIS ALEJANDRO MADRIGAL MERCADO _____ titulada,

"USO DE LA ROCA FOSFORICA CRUDA COMO UNA ALTERNATIVA DE FERTILIZA-
CION EN ANDOSOLES DE MICHOACAN."

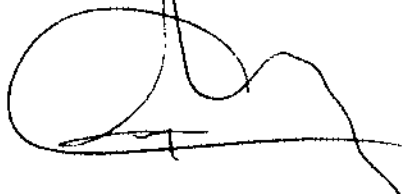
Damos nuestra aprobacion para la impresion de la
misma.

DIRECTOR.


ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

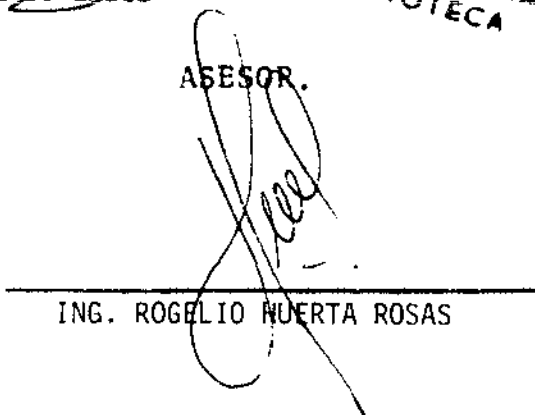


ASESOR.



ING. RAMON CEJA RAMIREZ

ASESOR.



ING. ROGELIO HUERTA ROSAS

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

DEDICATORIA

A mis queridos padres
Luis y Virginia
Como un humilde reconocimiento a tantos años de esfuerzo, amor y ejemplo recibidos

A mis hermanas
Adriana y Miriam por su gran apoyo

A mis amigos y compañeros de trabajo por su aguante y paciencia en su relación conmigo.

A la Escuela de Agricultura por tantas enseñanzas recibidas y de la que me siento orgulloso de ser exalumno.

A Martha
Por el estímulo que me ha dado a través de su amor y sin el cual, este trabajo no hubiera sido posible.

A mi sobrino Luis Bernardo que a través de su inocencia de niño, me ha enseñado a ser mejor adulto.



Al campesino mexicano como un reconocimiento al enorme papel que realizan para hacer de México, un país cada vez mejor

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Nacional de Desarrollo Agrícola en Areas de Temporal (PRONDAAT) por permitirme utilizar los resultados experimentales obtenidos en su programa del Plan Tarasco

A) Ing. M.C. José del Rosario Esparza Soto por su decidido apoyo y estímulo, con un agradecimiento muy especial por haberme dedicado tantas horas de su tiempo libre para la realización de este trabajo.

Al Ing. Sergio Guerrero Morales, responsable directo en la conducción en el campo de los sitios experimentales, además de sus valiosos consejos como investigador y amigo.

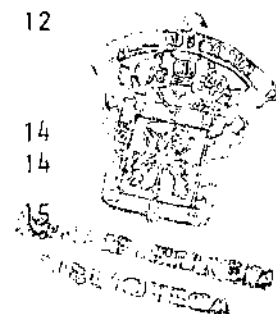
A mis asesores: Ing. M.C. Gabriel Martínez, Ing. Ramón Ceja e Ing. Rogelio Huerta. Por sus invaluable consejos y grandes enseñanzas como maestro y como amigo.

A la Srita, Margarita González Barriga, por su valiosa labor en el mecanografiado final de este trabajo.

A mi primo Ing. José Antonio Sandoval, por su gran apoyo.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente contribuyeron en la realización del presente trabajo.

INDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS.."	viii
I INTRODUCCION.....	1
II DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	2
2.1.-Localización.....	2
2.2.-Relieve.....	2
2.3.-Clima.....	2
2.3.1.-Precipitacion	5
2.3.2.-Temperatura.....	5
2.4.-Vegetación.....	8
2.5.-Condiciones Socio-economicas.....	8
2.6.-Usos de suelo	9
2.7.-Vias de comunicación	9
2.8.-Tecnología local de producción.. ..	10
Sistemas de producción de humedad residual.....	10
Sistemas de producción de temporal	12
III REVISION DE LITERATUA	14
3.1.-Genralidades de los Suelos de Ando	14
3.2.-Propiedades químicas de los Suelos	15
de Ando	
3.3.-Propiedades físicas de los Suelos	18
de Ando.....	
3.4.-Generalidades de la roca fosforica	19
Composición química de loas rocas fosfóricas	20
mexicanas	20
Disponibilidad de la roca fosfórica en México	22
Evaluación agronómica de la roca fosfórica co-	23
mo fuente de fósforo	23
3.5.-Conclusiones de la revisión bibliográfica	24
IV OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	26
Objetivos	26



Hipótesis	26
Supuestos	26
V MATERIALES Y METODOS	28
5.1.-Factores de Estudio	28
5.1.1.-Fuentes de fósforo estudiadas	28
5.2.-Diseño de tratamientos y espacios de explotación.	28
5.3.-Selección de los sitios experimentales	31
5.4.-Diseño experimental.....	31
5.5.-Establecimiento y conducción del experimento.	31
5.6.-Cosecha	33
5.7.-Análisis realizado.	33
5.7.1.-Análisis químicos de los suelos	33
5.7.2.-Análisis estadístico.....	34
5.7.2.1.-Análisis de Varianza	34
5.7.2.2.-Comprobación de medias (Prueba de Tukey)	34
5.7.3.-Análisis económico.....	35
Análisis de presupuesto parcial	36
Análisis marginal de beneficios netos	38
Criterio utilizado en la determinación de la tasa de retorno mínima	38
VI RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
6.1.-Principales características químicas de los suelos	41
6.2.-Rendimiento de grano de los suelos experimentales.....	44
6.3.-Análisis de varianza	44
6.4.-Efecto entre fuentes de fósforo	49
6.5.-Efecto entre niveles de fósforo	49
6.6.-Análisis económico.	52

6.6.1.-Sitio San Gregorio	52
Análisis del presupuesto parcial.....	52
Análisis de dominancia.....	54
Análisis marginal de beneficios netos	55
6.6.2.-Sitio Paso del Muerto	58
Análisis del presupuesto parcial	58
Análisis de dominancia.....	61
Análisis marginal de beneficios netos	64
6.6.3.-Tratamientos óptimos económicos	64
VII CONCLUSIONES	67
VIII RESUMEN	69
IX BIBLIOGRAFIA	72



INDICE DE FIGURAS

	Pag.
1.-Localización del Municipio de Salvador Escalante.	4
2.-Precipitación pluvial y Temperatura promedio de la estación climatológica de Zirahuen, Mich.	7
3.-Localización de los suelos de Ando en la República Mexicana.	3
4.-Rendimiento promedio de respuestas a fósforo. Sitio San Gregorio.	45
5.-Rendimiento promedio de respuestas a fósforo. Sitio Paso del Muerto.	46
6.-Curva de Beneficios Netos. Sitio San Gregorio.	57
7.-Curva de Beneficios Netos. Sitio Paso del Muerto.	6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INDICE DE CUADROS

1.- Temperatura y precipitación pluvial medias mensuales en la estación meteorológica de "Zirahuen"	6
2.- Superficie estimada de suelos de Ando en la República Mexicana	16
3.- Composición química de la roca fosfórica de diferentes yacimientos.	21
4.- Características físicas y químicas de la roca fosfórica.	29
5.- Lista de tratamientos ensayados Ciclo Agrícola P.V. 82/82.	30
6.- Distribución de los tratamientos de campo.	32
7.- Costo variable de los insumos utilizados.	37
8.- Precio real del maíz en el campo.	39
9.- Resultados del análisis químico de los sitios experimentales.	42
10.- Rendimiento de grano de maíz de los sitios experimentales al 14% de humedad.	47
11.- Análisis de varianza de la variable dependiente rendimiento de grano.	48
12.- Comparación de medias.	50

- 13.- Presupuesto parcial de datos promediados
(por hectareas). Sitio San Gregorio. 53
- 14.- Análisis de Dominancia de datos de respuesta
a fertilizantes Sitio San Gregorio. 56
- 15.- Análisis marginal de tratamientos de fer-
tilización no dominadas (por hectarea). -
Sitio San Gregorio. 59
- 16.- Presupuesto parcial de datos promediados
(por hectarea). Sitio Paso del Muerto. 60
- 17.- Análisis de dominancia de datos de respues-
ta a fertilizantes. Sitio Paso del Muerto. 63
- 18.- Análisis marginal de tratamientos de fer-
tilización no dominados (por hectarea). -
Sitio Paso del Muerto. 65

I.- Introducción.

En México, los suelos derivados de cenizas volcánicas cubren una extensión que según Etchevers et al (1986), es de ----- 8'373,000 ha. Las características químicas y físicas especiales de estos suelos ha dado origen a múltiples investigaciones tendientes a resolver los problemas que presentan los factores limitantes de la productividad del maíz y de otros cultivos en estos suelos.

La Sierra Tarasca se caracteriza por ser una región en la cual predominan los suelos de Ando, conocidos localmente como Tulpuris, en la que la agricultura ocupa uno de sus usos principales. El maíz en esta región es el cultivo de mayor importancia; sin embargo, los rendimientos unitarios de este cultivo son bajos debido principalmente a que existen limitantes como es la capacidad de estos suelos de fijar el fósforo lo que produce en el cultivo deficiencias de este elemento. Una de las prácticas tendientes a resolver este factor limitante es la utilización de roca fosfórica cruda como fertilizante fosfatado. debido a que posee cualidades que hace que se le considere como apropiado para estos suelos. Además, a consecuencia de que los precios de los fertilizantes ha venido experimentando continuas alzas durante los últimos años como resultado de los mayores costos de extracción de la materia prima, manufactura y transporte, la utilización de este material fosfatado en su forma natural cobra una importancia económica de actualidad.

Es así como se decidió en 1982, realizar un trabajo de investigación, para analizar la conveniencia agronómica de utilizar la roca fosfórica cruda en el cultivo del maíz en dos localidades de la Sierra Tarasca. Este trabajo pretenderá analizar además, si las condiciones económicas que muestra son apropiadas para utilizar como una alternativa de los fertilizantes convencionales.

II.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1. Localización

El municipio de Salvador Escalante está situado en la parte central del Estado de Michoacán, abarca una superficie de 60 7 km² y se encuentra limitado entre las coordenadas geográficas 19°16' y 19°27' latitud Norte y, 101°59' y --- 101°26' longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Al Norte colinda con los municipios de Pátzcuaro, Tingambato y Hui--- ramba; al Oeste con Ziracuaretiro y Taretan; al Este con Ta--- cambaro y al sur con Ario de Rosales, como se muestra en la Figura 1.

2.2.- Relieve

El relieve que manifiesta el área de estudio se caracteriza por presentar un gran número de colinas de tamaño variable, con pendientes que pueden ser hasta el 40%. Las superficies planas con pendientes menores al 3% son relativamente pocas, encontrándose en su mayoría en la parte SW del Municipio. La altura sobre el nivel del mar varía de 1,300 a 2,800 Mts., considerándose una media de 2,100 Mts.

2.3.-Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Koppen mo dificado por García (1964), el tipo de clima predominante en la región es el templado sub'húmedo. La fórmula climática es la siguiente $C(W_2)(W)b(e')g$, que tiene la siguiente des--- cripción:

- $C(W_2)$ = Al más húmedo de los templados, sub'húmedos con lluvias en verano.
- (W) = Con porcentaje de lluvia Invernal mayor que el 5% del total anual.
- b = Verano fresco y largo, temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22°C

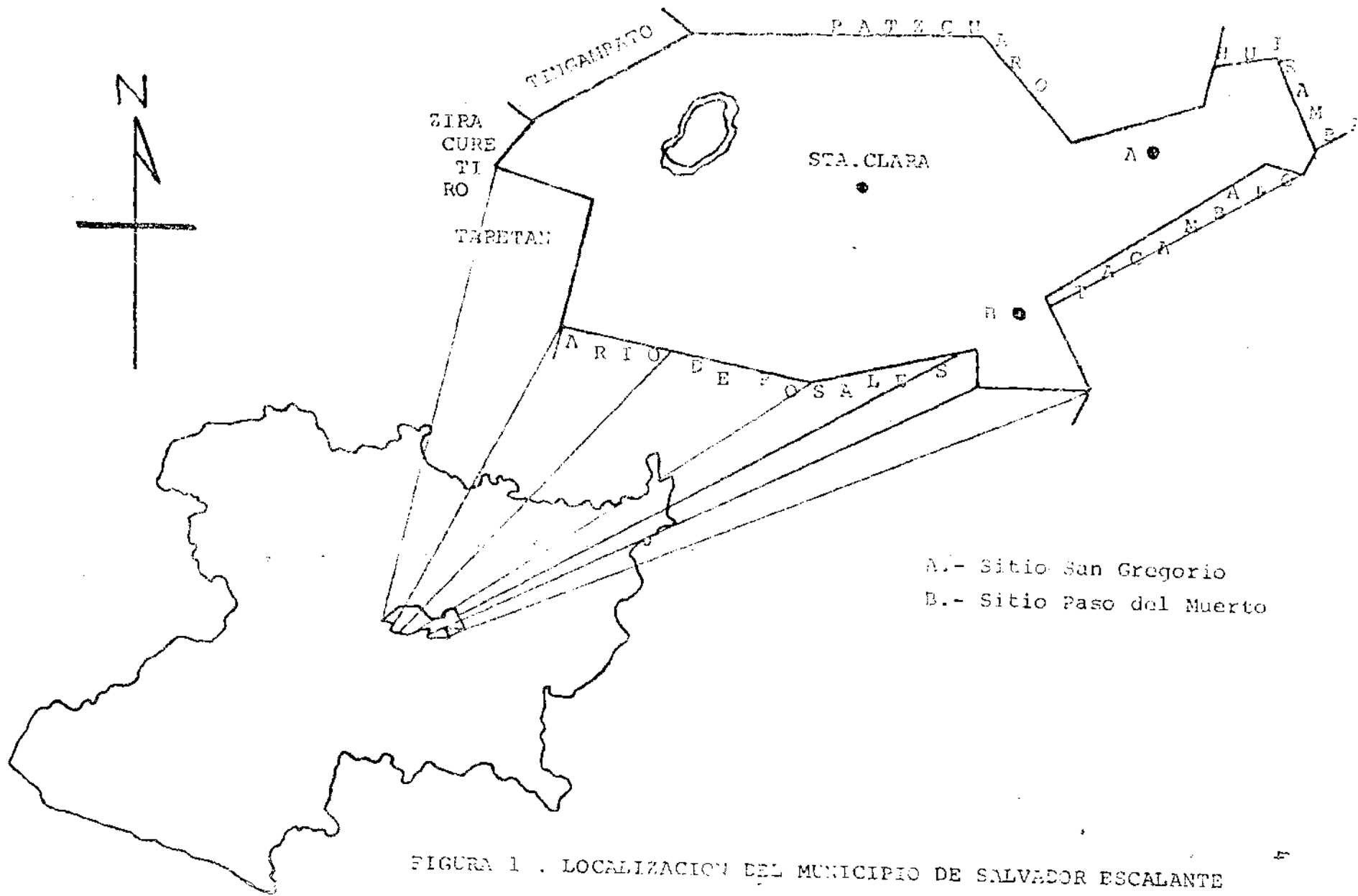


FIGURA 1 . LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE SALVADOR ESCALANTE

- (e') = Extremoso, oscilante entre 7 y 14°C
 g = Marcha de la temperatura tipo ganges (clasificación de las temperaturas de todo el año.

2.3.1.-Precipitación.

De acuerdo a la información meteorológica de la estación de Zirahuen, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (1984), el área de estudio tiene una precipitación media anual de 1,190 mm., misma que ocurre en un 90% durante los meses de junio a octubre, como se puede ver en el Cuadro 1.

Con el objeto de tener una base más clara sobre las necesidades de humedad de los cultivos anuales, se optó por elaborar el diagrama ombrotérmico o diagrama de Bagnouls y Gaussen, citado por Kzedowsky (1978). Como se puede ver en la figura 2, la época de escasez de humedad se presenta de mediados de enero a mediados de abril, tiempo en el cual no se establecen cultivos; -- por el contrario, la época húmeda se presenta de principios de mayo a mediados de noviembre, periodo en el cual se establecen todos los cultivos anuales. Por lo cual, se puede concluir que la lluvia no es un factor limitante para los cultivos.

2.3.2.-Temperatura

La temperatura media anual varía de 15°C para aquellas áreas con 2,100 msnm o más a 18°C en la parte SE que limita con el municipio de Ario de Rosales. Las temperaturas extremas de acuerdo con los datos de la estación de Zirahuén (Servicio Meteorológico Nacional 1984) son 24.1°C como máxima a 4°C como mínima. Las bajas temperaturas ocasionan que se tenga una media de 62.4 días con heladas durante los meses de Octubre a -

CUADRO 1. TEMPERATURA Y PRECIPITACION PLUVIAL. MEDIAS MENSUALES
EN LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE "ZIRAHUEN"

M E S E S	TEMPERATURA ¹ MEDIA °c	PRECIPITACION ² PLUVIAL mm
ENERO	13.2	39.72
FEBRERO	13.6	7.49
MARZO	14.6	6.83
ABRIL	15.4	13.75
MAYO	17.2	29.19
JUNIO	17.7	171.59
JULIO	17.6	274.24
AGOSTO	16.5	253.59
SEPTIEMBRE	17.5	217.53
OCTUBRE	16.6	88.95
NOVIEMBRE	15.3	29.26
DICIEMBRE	14.1	8.66
MEDIA ANUAL	15.78	
TOTAL ANUAL		1,108.55

1= Datos provenientes de 13 años

2= Datos provenientes de 43 años

FUENTE: Servicio Meteorológico Nacional. 1984

DIAGRAMA OMBROTERMICO DE BAGNOULS
Y GAUSSEN

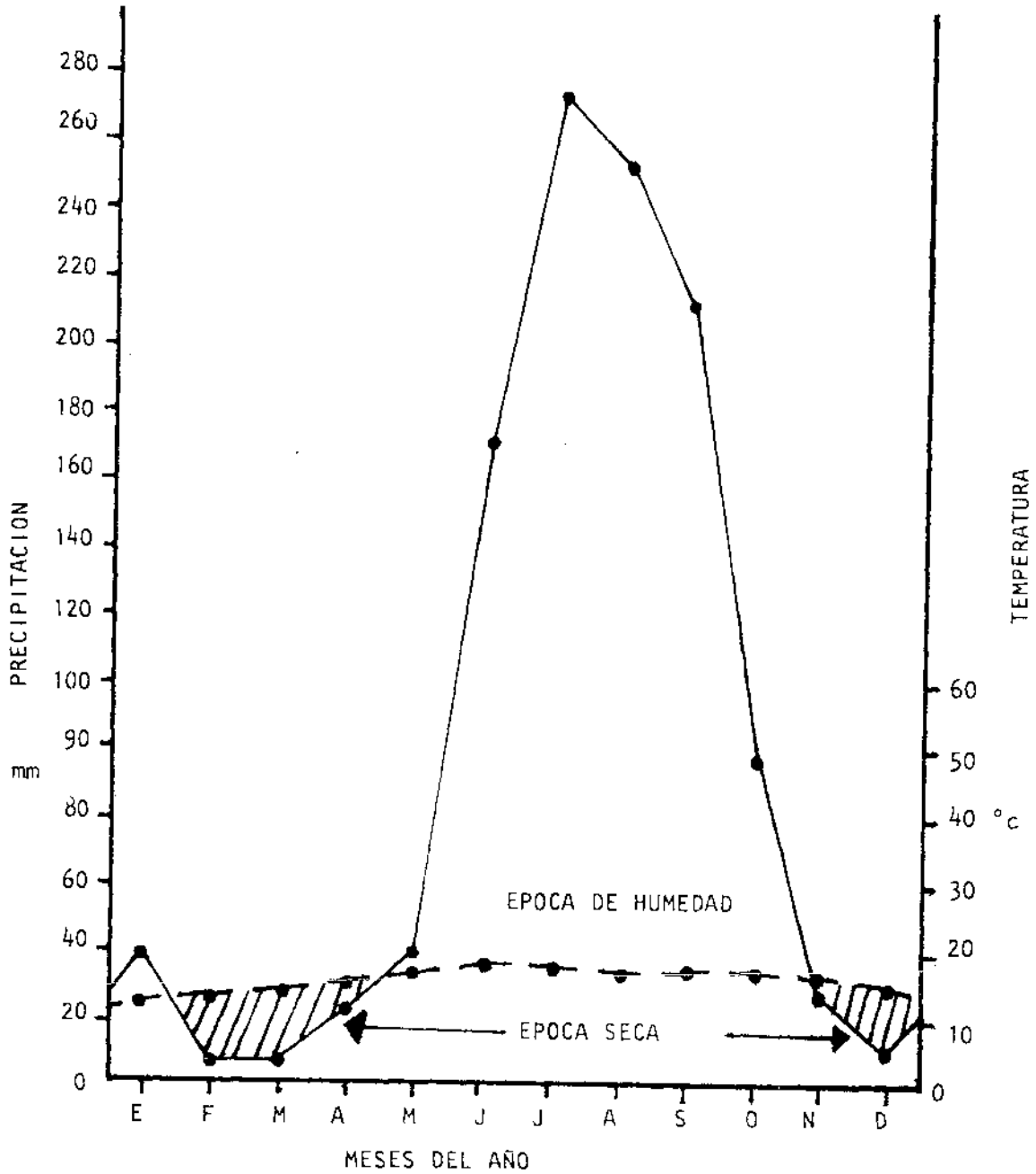


FIGURA 2. PRECIPITACION PLUVIAL Y TEMPERATURA PROMEDIO DE LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE ZIRAHUEN, MICH.

Abril; su mayor incidencia ocurre durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero con 14.2, 19.2 y 12.9 días.

2.4.-Vegetación

La vegetación está distribuida de la manera siguiente:

El bosque de pino y encino se encuentra en alturas superiores a los 2,100 msnm principalmente al este del municipio. Es común encontrar grandes claros dentro de este, debido a que se realizan talas con el objeto de aumentar la superficie agrícola. Las principales especies que se encuentran son: Pino teocote, Pinus michoacana y Pinus leiophylla. Dentro de este bosque, se encuentran manchones de comunidades de encino como: Quercus sp. Quercus penduculario y Quercus crassiepes y en menos escala, manchones de oyamel (Alvies religiosa). (Guerrero 1984).

En las zonas de lomeríos y partes más bajas de los 2,000 msnm se encuentran bosques de encinos cuyas especies predominantes son: Quercus sp y Quercus crassiepes. (Guerrero 1984).

2.5.- Condiciones Socio-económicas

El municipio de Salvador Escalante cuenta con una población total de 29,398 habitantes de los cuales el 49.3% son hombres y el 50.2% son mujeres. Se considera que el 61% representa a la población económicamente activa con 12 años o más. Sin embargo, de este total solamente el 51% manifestó tener una ocupación estable; de ellos, el 21.4% declaró percibir ingresos iguales al salario mínimo, y solamente el 11.2% obtuvo ingresos --

mayores al salario mínimo de acuerdo con el Documento de Archivo del Plan Tarasco (1984).

La rama de actividad económica en donde se encuentra la mayor cantidad de ocupados es en la agricultura, ganadería y silvicultura, lo cual conforma el sector primario de la economía de la región. Además, en la cabecera municipal se asienta una importante industria artesanal con la elaboración de los objetos de cobre.

2.6.- Uso del Suelo.

De la superficie total (60,690 ha), se considera que el 51.9% es de uso agrícola; de esta el 39.3% es de humedad residual y el 10.7% de temporal. El 40.2% está ocupado por bosques, el 2.6% por frutales y el 3.3% -- restante por arroyos, lagos y pueblos (Guerrero 1984).

2.7.-Vias de comunicación

El municipio de Salvador Escalante se encuentra apropiadamente comunicado por medio de la carretera federal Pátzcuaro-Ario de Rosales que lo atravieza por su parte central. La cabecera municipal que es Sta. Clara del Cobre, está a 17 km. de Pátzcuaro y a 80 km. de Morelia y Uruapan. El puerto mas cercano es Lázaro Cárdenas, Mich., que está a 317 km.

Además de las carreteras, el municipio se intercomunica por una red de brechas; la mayoría de ellas - en regular estado y algunas solo son transitables en épocas de secas.

A 3km. de Zirahuén se encuentra el poblado de -

Sta. Isabel, mas conocido como Estación de Ajuno (del municipio de Pátzcuaro) que es la estación de trenes mas cercana. Por este medio se comunican alguno poblados para continuar hacia Uruapan.

2.8.-Tecnología local de producción

De acuerdo con Esparza (1985), la tecnología local de producción que se practica en las unidades de explotación hace que se les defina como del tipo tradicional. Es producto de la herencia de generaciones pasadas y que actualmente se manifiesta con algunas modificaciones resultado de la tecnología actual. Las practicas e implementos mas importantes que se utilizan para la siembra del cultivo anual mas importante que es el maíz y que ocupa una superficie de 6,800 ha. en los sistemas de producción de humedad residual y de temporal son:

Sistemas de Producción de humedad residual

a) Alternación de los terrenos de cultivo -Bajo estas condiciones, se encuentran siembras de año y vez año y dos veces y, en menos proporción simbras de año - año con año y tres veces.

b) Preparación del terreno: En los terrenos que descansaron, la preparación se lleva a cabo de fines de Octubre a principios de Enero; los terrenos que se sembraron el ciclo anterior, se siembran en Febrero. Esta preparación se lleva a cabo con implementos de tracción animal en un 70% y con tracción mecánica en un 30%.

c) Siembra: Esta actividad se realiza generalmente de Marzo a Mayo con el método conocido a "Rabo de

Buey", que consiste en abrir primeramente el surco con yunta equipada con arado egipcio. Inmediatamente detras de la yunta, va el sembrador que deposita de una a tres semillas cada 50 cm.; detras de él viene otra persona que aplica el fertilizante y finalmente otra yunta que tapa el surco sembrado y fertilizado. El total de los productores utiliza semilla criolla con densidad de -- siembra que va de 7 a 18 kg/ha.

d) Labores de cultivo: Una vez establecidas las lluvias, se realizan de una a dos escardas con el fin de controlar las malezas y dar tierra al cultivo; en ocasiones se realizan deshierbes manuales. Debido al -- bajo poder adquisitivo de la mayoría de los product-- res, el control de plagas es mínimo.

e) Fertilización: Es una práctica generalizada -- entre los productores; sin embargo, dista mucho de apli-- carse de acuerdo a lo recomendado con los centros de in-- vestigación. Para este sistema de producción los nive-- les utilizados de fertilización pasa el 75% de los pro-- ductores que no cuentan con financiamiento crediticio -- es de aproximadamente 50 kg/ha de N, y 55 kg/ha de P_2O_5 cantidades por debajo de lo recomendado por los centros de investigación que es de 120 kg/ha de N y de 90 kg/ha de P_2O_5 . Para el 25% de los productores que utilizan fi-- nanciamiento crediticio (oficial onacionalizado) los ni-- veles son de 80 kg/ha de N y 60 kg/ha de P_2O_5 ; se hace notar que aproximadamente un 5% de los productores de -- este tipo aplican las cantidades recomendadas. Sin em-- bargo, en todos los casos se fertiliza en la siembra; = aplicandose en forma mateada todo el fósforo y una par-- te del nitrógeno. El resto del fertilizante nitrogenado se aplica en la primera o segunda escarda. En las par-- tes mas altas y frias se aplica el fertilizante mezcla--

do con abono orgánico.

f) Cosecha: La cosecha se realiza en forma manual durante los meses de diciembre y enero. Solamente se corta la mazorca dejándose en el terreno el resto de la planta. Una vez concluida esta actividad, se deja entrar el ganado para que se alimente del rastrojo.

Sistema de Producción de Teporal.

Debido a que ambos sistemas de producción son similares, se mencionan solamente aspectos en que se diferencian.

a) Alternancia de los terrenos de cultivo: En este sistema la alternación de los terrenos de cultivo es menor debido a que la mayoría de los potreros se siembran todos los años siendo solamente los menos fértiles los que se dejan descansar. Al respecto cabe mencionar que es en estos potreros en donde se deja el ganado por lo que al alternarlos se tiene más cantidad de rastrojo para la época de secas y además estos terrenos recuperan un poco de fertilidad.

b) Preparación del Terreno: Esta se inicia en abril y continúa hasta unos días antes de la siembra.

c) Siembra: Dado que la siembra se inicia unos pocos días antes del inicio de las lluvias, no se tapa inmediatamente sino que puede ser hasta el día siguiente. Las densidades de población de siembra son de 14 a 20 kg/ha.

d) Labores de cultivo: Puede en ocasiones darse hasta tres escardas para el control de malezas, se a-

plican esporadicamente herbicidas para sustituir las segundas y/o terceras escardas.

e) Fertilización: Es este sistema de producción, los niveles de fertilización son mas altos, aplicando los productores sin crédito un promedio de 100 kg/ha de N y 50 kg/ha de P_2O_5 ; los productores con crédito aplican casi en su totalidad los niveles de fertilización recomendada que son 120 kg/ha de N, y 60 kg/ha de P_2O_5 . En este sistema de producción no se aplica abono organico y muchos productores aplican en la siembra, el fertilizante en banda.

III.- REVISION DE LITERATURA

3.1.- Generalidades de los Suelos de Ando.

Conforme con Gutiérrez (1976), los andosoles constituyen la unidad característica de los suelos derivados de cenizas volcánicas, y se les define como suelos minerales en que la fracción activa es dominada por minerales alofánicos amorfos (mínimo un 50%).

Asimismo, Duchafour (1977), concreta que la formación de los andosoles se ve favorecida por los factores ecológicos que aceleran la alteración de material parental permitiendo una hidratación y liberación rápida de los silicatos amorfos presentes en la roca madre.

En cuanto a su distribución mundial, Boul et al (1981), señala que los suelos de ando se presentan en aquellas zonas o países del mundo que tuvieron o que actualmente presentan una gran actividad volcánica, como en la parte occidental de Sudamérica, Centroamérica, el noroeste del Pacífico de Estados Unidos, Japón, Nueva Zelanda, Indonesia, Las Filipinas, México y ciertas zonas en las Antillas, el Caribe.

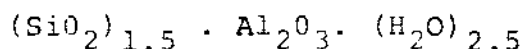
En México no existe uniformidad en cuanto a la estimación de los suelos derivados de cenizas volcánicas, ya que mientras Ortiz, citado por Etchevers et al (1986), estima una superficie de 8'373,000 ha., Guanos y Fertilizantes da una cifra de 3'518,210 ha. según cita de 1973. No obstante lo anterior, la superficie señalada por las dos fuentes es de tomarse en cuenta por su importancia agrícola, pecuaria, frutícola y forestal. Sin embargo, tomando en cuenta la información de Guanos y Fertilizantes (1973) en el estado de Michoacán, lugar en donde se realiza este estudio, los suelos de Ando, ocupan aproximadamente un 20% de la superficie total

con 1'197,280 ha. como puede verse en el Cuadro 2. De ahí su importancia.

3.2.- Propiedades químicas de los suelos de Ando.

Las propiedades químicas especiales de los suelos de Ando tienen su característica en las peculiaridades del comportamiento del alófono.

Yoshinaga, citado por Egawa (1980), estudió la composición química del alófono en base a 18 muestras arcillosas en Japón. Considera que estas tienen una fórmula química promedio la siguiente:



siendo entonces el alófono, un gel aluminosilicato hidratado

En términos generales, Egawa (1980) y Shoyi (1981) consideran que los suelos de Ando muestran una reacción ácida - que tiene a aumentar en los horizontes inferiores. De acuerdo con ello, Egawa (1980) manifiesta que la acidéz se origina principalmente en los sitios de intercambio orgánico y no de los sitios de intercambio inorgánico, por ser el alófono un ácido muy débil. Los suelos de Ando tienen con respecto a la acidez total, una acidez de intercambio relativamente baja. Conforme con lo anterior, este mismo autor concluye que la mayor parte de la capacidad de intercambio de cationes - tiene su origen en la materia orgánica y el alófono, en ambos el número de sitios de intercambio se incrementan rápidamente con el aumento del pH.

Egawa (1980) y Tanaka (1980) señalan que los suelos de Ando se caracterizan por una abundante acumulación de materia orgánica en el horizonte superficial. Esto es debido a que en estos suelos, el aluminio y el fósforo presentes forman compuestos húmicos y fúlvicos, así como con el alófono. Los com

CUADRO 2.- SUPERFICIE ESTIMADA DE SUELOS DE ANDO EN LA REPUBLICA MEXICANA

ESTADO	SUPERFICIE TOTAL	% OCUPADO DE SUELOS DE ANDO	SUPERFICIE ESTIMADA DE SUELOS DE ANDO
Michoacán	59,864 km ²	20	1'197,280 Ha.
Edo. de México	21,461 "	30	643,930 "
Puebla	33,919 "	5	169,595 "
Tlaxcala	3,914 "	10	39,140 "
Hidalgo	20,987 "	10	209,870 "
Veracruz	72,815 "	5	364,075 "
Morelos	4,941 "	15	74,115 "
D. F.	1,499 "	20	29,980 "
Colima	5,455 "	5	20,205 "
Jalisco	80,137 "	5	400,685 "
Chiapas	73,887 "	5	369,435 "
TOTAL DE SUELOS DE ANDO			3'518,210 Ha.

FUENTE: Guanos y Fertilizantes de México S. A. (1973)



FIGURA 3

DISTRIBUCION DE LOS SUFLOS DE ANDO EN LA REPUBLICA MEXICANA

puestos formados inhiben la capacidad de los suelos para descomponer a la materia orgánica.

Según Tanaka (1980), debido a que los suelos de Ando -- tienen un contenido alto de materia orgánica, tienen también un elevado contenido de nitrógeno. La relación carbono-nitrógeno, sin embargo, tiene un valor mas alto que el que generalmente se encuentra en suelos derivados de otro material parental diferente a la ceniza volcánica.

La explicación a lo anterior, según Kanno citado por Gu tierrez (1976), se debe a que el aluminio y el alófono presentan una gran afinidad para combinarse fuertemente con los acidos húmicos y fúlvicos, impidiendo así la actividad de los microorganismos nitrificantes. De ahí, que el aluminio y el alófono sean considerados como los responsables de la acumulación del humus no aprovechable para las plantas en estos suelos.

Fijación de Fósforo.

Kardos (1964) define a la fijación de un elemento como el proceso por el cual los nutrientes solubles pasan a formas menos solubles, por la relación de los componentes orgánicos o inorgánicos del suelo; esto trae como consecuencia una disminución en su movilidad y una reducción en su disponibilidad para las plantas.

Egawa (1980), afirma que los suelos de Ando se caracterizan por su capacidad de reaccionar rápidamente con grandes cantidades de fósforo, particularmente bajo condiciones ácidas. La relación entre el pH y la fijación de fósforo ha sido muy estudiada, encontrandose que a pH más bajo en suelos de Ando, la adsorción de fósforo aumenta. Se piensa que el aumento de la intensidad de la reacción de los suelos al fos

foro según va descendiendo se pH resulta de una intensificación de la actividad del aluminio sobre la superficie de los coloides minerales inorgánicos.

Tisdale y Nelson (1977), Fassbender (1980) y Egawa (1980) coinciden en señalar que son dos los procesos por medio del cual se realiza la fijación del fósforo:

- a) Por adsorción de fosfatos
- b) Por precipitación de fosfatos

La adsorción de fosfato de la superficie del complejo coloidal, que esta constituida por partículas de arcilla, materia orgánica e hidróxidos de Fe y Al ocurre debido a las cargas electropositivas de la superficie de estos compuestos (Fassbender 1982). Esto es congruente con lo señalado por Wada y Harwars, citados por Gutierrez (1976), que considera que la fuerte adsorción de aniones como los fosfatos en los andosoles, usualmente se asocia con la presencia de aluminosilicatos amorfos y los hidróxidos de hierro y aluminio. Esta reacción es atribuida principalmente a los átomos de Fe y Al presentes en la superficie arcillosa y la alta reactividad de los constituyentes del suelo se correlaciona con su gran superficie de Fe y Al.

En cambio, la precipitación de fosfato ocurre según Fassbender (1982), cuando los iones fosfato liberados a través de la disolución del suelo, se combinan en formas estables con el Fe y el Al o Mn. Por lo tanto, ya que estos iones no son estables y no permanecen en su forma original, son objetos de transformaciones de adsorción y precipitación.

3.3.-Propiedades físicas de los suelos de Ando.

Fieldes y Claridge (1975) consideran que el alófono tiene una alta capacidad de retención de agua, lo cual tiene-----

un considerable efecto en las propiedades físicas del suelo; esta es una consecuencia de la alta superficie de las partículas de los geles amorfos. Esto coincide con lo señalado por Egawa (1980) quien señala que a causa de la alta porosidad de estos suelos, la densidad aparente es baja. Asimismo, Gutiérrez (1976), manifiesta que este valor puede oscilar de 0.45 a 0.75 gr/ml.

Según Egawa (1982), los suelos de Ando presentan relaciones hídricas favorable para la mayoría de los cultivos. Su capacidad de humedad aprovechable es excepcionalmente alta., su penetrabilidad al agua es aceptablemente buena y también el movimiento de agua desde suelo húmedo al suelo seco adyacente.

Según Gutiérrez (1976) y Egawa (1982), las propiedades físicas de los suelos de ando pueden resumirse de la manera siguiente:

- a) Suelos profundos, de 50 a 100 cm. de profundidad.
- b) Capas superiores oscuras debido a la acumulación de la materia Orgánica (6-28%).
- c) Las texturas tiende a ser francas en la capa superior y franco arenoso en el subsuelo.
- d) La densidad de las partículas minerales generalmente está entre los valores de 2.7 a 2.9 gr/ml. debido a un porcentaje alto de óxido de Fe.

3.4.- Generalidades de la Roca Fosfórica

La roca fosfórica se define, según Fassbender (1980), como un material natural que es en su mayoría parte de origen marino, aunque puede ser también de procedencia Ignea y Metamórfica. Es la materia prima de los fertilizantes fosfatados y en menor grado para la fabricación de productos industriales que contienen fósforo.

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de los yacimientos fosfatados es de origen marino. Estos yacimientos, según Fassbender (1980), se formaron al levantarse grandes masas de tierra y agua, después de la evaporación de agua se formaron capas de

sales mezclados con los fosfatos de los esqueletos de la fauna marina.

La composición mineralógica de la roca fosfórica según Etchevers et al (1986), es muy variable, ya que dependiendo del yacimiento pueden contener los siguientes minerales: Fluoroapatita $\text{Ca}(\text{PO}_4)_3\text{F}$, hidróxi-apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, cloroapatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ y Carbonatoapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Composición química de las rocas fosfóricas mexicanas.

La composición química de las rocas fosfóricas es muy discutida, ya que según Gutiérrez (1976) y Fassbender (1980), hoy se sabe cuando no sufren una transformación metamórfica, la mayor parte de estos minerales se encuentran principalmente en la forma de apatita amorfa o cristalina como es la apatita hidroxilada y/o en sus variedades carbonatadas o fluorada. La concentración de P_2O_5 es muy variada dependiendo del yacimiento de donde provenga.

Los principales yacimientos de roca fosfórica se encuentran en los estados de Baja California Norte y Sur, Coahuila, Nuevo León, Durango y Oaxaca, (Etchevers 1986). Como puede verse en el cuadro 3, según el análisis realizado por Adan en 1979, el contenido de P_2O_5 varía de 18.8 % en San Juan de la Costa BCS hasta 33.0 y 30.2% de Zimapan, Hgo. y el Compuesto Dos de Rofomex con los porcentajes más bajos y más altos de la lista.

Para evitar la formación de fosfatos insolubles, es preferible que los porcentajes de sesquióxido de aluminio y fierro (R_2O_3) sean bajos, cuando la roca fosfórica se aplica directamente al suelo, Según Etchevers et al (1986), todas las rocas del Cuadro 3 cumple esta condición con excepción de la roca de Zimapan.

Adan (1980) considera que la mayoría de las rocas fosfóricas mexicanas poseen concentraciones bajas de fluor con excepción del

CUADRO 3 COMPOSICION QUIMICA DE LA ROCA FOSFORICA DE DIFERENTES YACIMIENTOS

PROCEDENCIA	P ₂ O ₅	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	F	CO ₂	RIA ²	P ₂ O ₅ S.C.	SAC ⁴ P ₂ O ₅	CO ₃ :PO ₄ REL. MOL.
	----- % -----									
Zimapan, Dgo.	33.0	44.5	1.4	4.3	2.4	1.1	4.3	2.6	6.7	0.0699
Saltillo, Coah.	28.0	46.6	0.6	1.4	2.4	2.2	15.9	1.5	4.39	0.1625
San Hilario B.C.S.	21.5	34.0	1.2	1.4	2.2	4.6	26.3	4.0	10.88	0.4579
San Juan de la Costa B.C.S.	18.8	30.2	1.2	1.2	2.5	3.6	25.0	5.9	16.59	0.4132
Rofomex Cruda	23.8	28.4	0.8	2.2	2.6	4.5	28.3	5.5	15.49	0.3918
Comp. 2 Rofomex ¹	30.2	46.1	0.5	1.5	4.1	4.4	8.5	4.8	9.34	0.2983
Flórida	32.7	47.8	1.4	1.0	3.5	3.9	4.3	4.7	13.18	0.2455
Marruecos	32.0	50.2	0.2	0.6	3.9	4.7	2.1	4.9	13.54	0.3033

1 - Concentrado por flotación

2 - RIA = Residuo insoluble en ácido

3 - S.C. = Silubilidad relativa en citrato

4 - S.A.C. = Silubilidad absoluta en citrato

FUENTE: Adan (1980)

Compuesto Dos de Rofomex. Esto es importante, ya que según Bartow ew (citado por Adán 1980) se asume que valores altos de este elemento afectan detrimentalmente la disponibilidad de fósforo de la roca.

Contrariamente al efecto del fluor, un alto porcentaje de -- carbonato es indicativo de una mayor reactividad y por ende, de -- mayor eficiencia agronómica (Adán 1980). Según Etchevers et al -- (1986), el ión carbonato que se estima a partir del porcentaje de CO_2 en la muestra. es importante puesto que sustituye al ión fos-- fato y esta relación $\text{CO}_3:\text{PO}_4$ esta relacionada con la solubilidad -- absoluta en citrato (SAC), que es un parámetro que determina el -- grado de reactividad de la roca. Por lo tanto, existe una tenden-- cia de la SAC a aumentar a medida que aumenta el valor de la rela-- ción. Al observar el Cuadro 2, las rocas de San Hilario, San Juan de la Costa y Rofomex Cruda presentan relaciones $\text{CO}_3:\text{PO}_4$ altas -- por lo que se consideran apropiadas para la aplicación directa al suelo.

Disponibilidad de roca fosfórica en México.

Según estimaciones de FERTIMEX (citado por Etchevers et al - 1986), la producción total de fertilizante fosfatado en México - para 1981 fué de 238,941 ton de P_2O_5 . Para la fabricación de los fertilizantes fosfatados y otros usos, el país debió importar el mismo año aproximadamente 1'200,000 ton. de roca fosfórica, en -- tanto que el abastecimiento de fuentes nacionales alcanzó solo un valor de 178,000 ton. de este producto.

Etchevers et al (1986) considera que la sustitución de las importaciones ha sido facilitada por la apertura de varias opera-- ciones extractivas en el estado de Baja California Sur. Los yaci-- mientos más importantes que se encuentran en este estado son: -- Sab Hilario, San Juan de la Costa, Santo Domingo, Tembaliche, La Purísima y Santa Rita.

Adan (1980) estima que las reservas en Baja California Sur podrían exceder los 500 millones de toneladas. También las estimaciones realizadas por la empresa Poca Fosfórica S.A. indican tener disponibles alrededor de 180,000 ton. al año de un producto proveniente de San Hilario. Por ello, se considera que México podría ser autosuficiente a mediano plazo en este tipo de material..

Evaluación agronómica de la roca fosfórica como fuente de Fósforo.

Aparentemente el primer trabajo de roca fosfórica aplicada en suelos de Ando en México. según las fuentes disponibles, es el de Gil en 1966 (citado por Etchevers et al 1986). Utilizando una roca de procedencia norteamericana, encontró que al aplicar la roca fosfórica cruda, el rendimiento en materia seca del maíz, fué mas alto que el del tratamiento testigo sin fósforo; sin embargo, el rendimiento que obtuvo con el super fosfato de calcio triple fué mas del doble que el obtenido con la roca fosfórica cruda.

Resultados similares fueron obtenidos en 1977, por Arroyave (citado por Etchevers et al 1986), en un estudio que llevó a cabo en San Gregorio, La palma, y Casas Blancas (localidades situadas en el municipio de Salvador Escalante), que consistió en estimar el efecto en rendimiento de maíz de 200 kg. de P_2O_5 como roca fosfórica y como super fosfato de calcio triple. Los resultados indican que los rendimientos en grano de maíz con la roca fosfórica (300 a 622 kg/ha) fueron inferiores a los obtenidos -- con el super triple (775 a 1,700 kg/ha).

En un trabajo realizado por Trinidad et al (1980), en ocho sitios experimentales de la Sierra Tarasca, se obtuvo una respuesta positiva en rendimiento de maíz a la aplicación de roca fosfórica en comparación con la parcela testigo sin fósforo. Sin embargo, los rendimientos de las parcelas con dosis equivalentes -

de super fosfato de calcio simple fueron mayores. Los mejores rendimientos con roca fosfórica se obtuvieron con suelos cuyo pH fué ácido (alrededor de 5.5).

Fernandez en 1980 (citado por Etchevers et al 1986). realizó un estudio en el que combinó a la roca fosfórica proveniente de San Hilario con estiercol de distintas especies animales y -- composta de basura. Esta autora concluye que los tratamientos con estiércoles de gallina y puerco (animales monogástricos) fueron superiores a los tratamientos con estiércoles de otros animales.

Complementando el estudio anterior. Baus. en 1980. realizando un trabajo en Casas Blancas. señaló que la adición de gallina za aun andosol disminuye la cantidad de aluminio extractable (aluminio ligado al humus y al alófono). Esto indica que el fósforo liberado por los fertilizantes fosfóricos en los suelos tratados con gallina, tiene menos posibilidades de ser fijado y por lo tanto, esta mas disponible para las plantas.

3.5.- Conclusiones de la revisión bibliográfica.

1.-Los Suelos de Ando presentan características físicas y químicas especiales debido a que su fracción activa es dominado por minerales alofánicos amorfos.

2.-Los suelos de Ando son potencialmente fértiles por sus características físicas y químicas.

3.-Las características físicas y químicas de las rocas fosfóricas mexicanas provenientes de los yacimientos de San Hilario, San Juan de la Costa y Rofomex Cruda, las hace apropiadas para su aplicación directa al suelo.

4.-Debido a la importancia de las reservas de roca fosfórica con que cuenta México, se considera que se podría ser autosufi-

ciente a mediano plazo en este tipo de material.

5.-Los resultados experimentales indican que la respuesta - obtenida por el efecto de la roca fosfórica aplicada en suelos - de Ando, es menor que la del super fosfato de calcio triple y simple

7.-En general, las mejores respuestas en rendimientos de maíz con la utilización de roca fosfórica, se han obtenido en suelos de Ando con pH ácido.

8.-Los datos experimentales de campo indican que existen buenas posibilidades de utilizar roca fosfórica de San Hilario en Andosoles de la Sierra Tarasca.



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

IV.-OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Habiéndose detectado la necesidad de aumentar la productividad del maíz y considerando que es necesario proseguir la investigación realizada durante 1980 y 1981. se definen a continuación los objetivos, hipótesis y supuestos.

OBJETIVOS

1.-Estimar el efecto que tiene la roca fosfórica cruda sobre el rendimiento del cultivo del maíz como una fuente alternativa de fósforo bajo condiciones de suelos de Ando.

2.- Evaluar la respuesta económica de la roca fosfórica.

HIPOTESIS

1.-El efecto de la roca fosforica cruda en el rendimiento del maíz será semejante al producido por el superfosfato de calcio simple.

2.-Será mayor la respuesta económica del maíz al efecto de la roca fosfórica.

Para poder estimar dichas hipótesis se consideran los siguientes supuestos.

1.-El fósforo es un factor limitante en la producción del maíz, en la zona de estudio.

2.-Las deficiencias de fósforo en el cultivo de maíz se pueden corregir con la aplicación de roca fosfórica y super fosfato de calcio simple.

3.-Los sitios experimentales escogidos son representativos de las condiciones generales de la región.

4.- La metodología seguida en la conducción de este estudio permite los objetivos planteados.

V.- MATERIALES Y METODOS

Para alcanzar la validez de las hipótesis planteadas, así como para alcanzar los objetivos fijados, se llevó a cabo en el año de 1982 este trabajo de investigación en el que los factores de estudio fueron la respuesta en producción de maíz a la aplicación de roca fosfórica cruda y al super fosfato de calcio simple. A continuación se describen los procedimientos seguidos en este estudio.

5.1.- Factores de Estudio.

Los factores de estudio fueron el nitrógeno, el fósforo y la densidad de población. De estos, se mantuvo a niveles constantes las dosis de nitrógeno en 100 kg/ha en la cual la fuente fue el sulfato de amonio con un 20.5% y la densidad de población en --- 40.000 plantas/ha.

5.1.1.- Fuentes de fósforo estudiadas.

Estas fuentes fueron la roca fosfórica cruda proveniente de San Hilario, Baja California Sur con el 20.6% de P_2O_5 y el super fosfato de calcio simple con el 20%. Las principales características físicas y químicas de la roca fosforica utilizada de acuerdo con Adan (1980) se muestra en el Cuadro 4.

5.2.-Diseño de tratamientos y espacios de exploración

El diseño de tratamientos utilizado corresponden a la matriz baconiana (Turrent 1978) que estudia un factor a la vez mientras que los demás factores se mantienen a niveles constantes. Su objetivo es hacer una interpretación gráfica debido a que los niveles de estudio se incrementan de manera constante.

Los niveles de espacios de explotación de P_2O_5 fueron:
0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha.

Con las condiciones señaladas anteriormente, se obtuvieron los tratamientos que se muestran en el Cuadro 5. De ellos, nueve

CUADRO 4. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LA ROCA FOSFORICA

FUENTES	San Hilario, B.C.S.
CONTENIDOS DE P_2O_5 TOTAL	20.6%
GRANULOMETRIA	9.6% no pasó la malla de 100
	28.3% pasó la malla de 100 y no pasó la malla de 325
	62.1% pasó la malla de 325
COMPOSICION QUIMICA (%)	
P_2O_5	20.6
CaO	39.0
Fe_2O_3	1.2
AL_2O_3	1.4
F	2.2
Residuo I.A	26.3
CO_2	4.56

Residuo I.A. = Residuo insoluble en ácido

FUENTE: Adan (1980)

CUADRO 5, LISTA DE TRATAMIENTOS ENSAYADOS CICLO AGRICOLA
PV 82 / 82

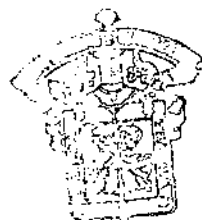
Número de tratamien- tos	N ¹ kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)		G ² ton/haplantas/ha.	Densidad de
		SS*	RF**		
1	100	0	0	0	40,000
2	100	50	0	0	40,000
3	100	100	0	0	40,000
4	100	150	0	0	40,000
5	100	200	0	0	40,000
6	100	0	50	0	40,000
7	100	0	100	0	40,000
8	100	0	150	0	40,000
9	100	0	200	0	40,000
10	100	0	0	4	40,000
11	100	0	100	4	40,000

1 = Nitrógeno

2 = Gallinaza

* = Super Fosfato de calcio simple

** = Roca fosfórica



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

corresponden a la matriz y los dos restantes son adicionales.

5.3.- Selección de los sitios experimentales

Para la selección de los sitios experimentales se platicó con agricultores de la región para detectar la tecnología local de producción de maíz. Los lotes experimentales se instalaron en las parcelas de los señores Primitivo Talavera del ejido de San Gregorio y Octavio Chávez del ejido Paso del Muerto cuyos terrenos se consideran que son representativos en cuanto a pendiente, profundidad y tecnología.

5.4.- Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones. Este diseño fue utilizado porque sostiene la variabilidad entre unidades experimentales, maximiza las diferencias entre bloques y es de fácil manejo e interpretación.

Las unidades experimentales estuvieron compuestas de cuatro surcos de 10 m. de largo por 80 cm. de ancho; su distribución en el campo puede verse en el Cuadro 6.

5.5.- Establecimiento y conducción del experimento.

Anteriormente a la siembra, se realizó un muestreo de suelo mediante el método de zig-zag en cada uno de los sitios experimentales. Se obtuvo una sub-muestra cada 30 pasos de 0 a 20 cm. y de 20 a 40 cm. de profundidad. Se mezclaron y se extrajo una muestra compuesta de cada extracto, misma que se enviaron al Laboratorio de Fertilidad del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados para su análisis.

La siembra se llevó a cabo en ambos sitios experimentales en la segunda quincena de marzo, por ser terrenos de humedad re-

CUADRO 6- DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO

44	**7	100 - 100SS	43
	2	100 - 200SS	42
	1	100 - 200RF	41
	6	100 - 50 RF	40
	4	100 - 0	39
	8	100-100 RF + 4G	38
	10	100-150 SS	37
	11	100- 150 RF	36
	3	100- 50 RF	35
	9	100- 100 RF	34
	5	100- 4 G	

23	6	100-150 RF	24
	1	100-200 SS	25
	10	100 - 0	26
	7	100 + 4G	27
	8	100 - 50 RF	28
	5	100 - 100 RF	29
	2	100 - 50 SS	30
	4	100-100 SS	31
	3	100-150 SS	32
	9	100-100RF+4G	33
	11	100-200RF	

22	9	100 - 100RF+4G	21
	11	100 - 200 SS	20
	4	100 - 100 SS	19
	3	100 - 150 SS	18
	2	100 -50 SS	17
	7	100 -200 SS	16
	6	100 -150 RF	15
	10	100 - 100 RF	14
	1	100 + 4 G	13
	5	100 - 0	12
	8	100 - 50 RF	

1	10	100 - 200 SS	2
	7	100 - 200 RF	3
	2	100 - 100 SS	4
	8	100-100RF+4G	5
	4	100 + 4 G	6
	11	100 - 150 RF	7
	1	100 - 150 SS	8
	6	100 - 50 RF	9
	9	100 - 0	10
	5	100 - 50 SS	11
	3	100 - 100 RF	

* = Número de tratamiento

** = Número general de la parcela

sidual. Primeramente se surcó con yunta, posteriormente se depositó la semilla en el fondo del surco a una distancia una de otra de 50 cm. La fertilización completa de fósforo y de la mitad del nitrógeno se hizo en banda y a un lado de la semilla. Conjuntamente con el fertilizante, se aplicaron 25 kg/ha de heptacloro para el control de las plagas del suelo, principalmente gallina ciega (Phylophage sp). Además hubo aplicaciones de maíz con estrignina para la prevención del ataque de las tuzas.

En la segunda quincena de mayo, se realizó la primera escarada para el control de las malezas y en la primera quincena de julio, se realizó la segunda; fué durante esta última cuando se aplicó el resto del fertilizante nitrogenado. En el transcurso del ciclo vegetativo del cultivo; se hicieron frecuentes visitas a los sitios para registrar el porcentaje de germinación, altura de plantas y detectar las respuestas vegetativas a los tratamientos.

5.6.- Cosecha

Una vez que los agricultores cooperantes consideraron oportuno, se procedió a cosechar los sitios experimentales. Estas labores, se realizaron el cuatro de diciembre (en Paso del Muerto) y el ocho de enero de 1983 (en San Gregorio). Se contó el número de plantas totales (estériles o con mazorca). Se cuantificó además el daño por falla de polinización, pudrición y por plagas. Así mismo, se obtuvo una muestra por parcela para determinar el factor de desgrane y el porcentaje de humedad del grano.

5.7.-Análisis realizados.

5.7.1.-Análisis químicos de los suelos.

Las características cuantificadas de las muestras de suelos fueron: la reacción del suelo (pH) se determinó en una solución

acuosa, con una relación agua-suelo de 2:1. Las lecturas se hicieron en un potenciómetro Sargent Welch modelo LS; la conductividad eléctrica se determinó mediante el procedimiento descrito por el Laboratorio de Salinidad de la USDA (1980) utilizándose una relación acuosa agua-suelo de 5:2; el contenido de materia orgánica se determinó por medio del método de combustión húmeda de Walkley y Black (Walkley 1974); el porcentaje de nitrógeno total se determinó por el método Kjeldahl, que utiliza el K_2SO_4 y $CuSO_4$ como catalizadores, de acuerdo con Bremner (1965); el fósforo por el método de Bray P-1 se utilizó debido a sus altas correlación con la absorción de fósforo en suelos de pH ácidos. Este método fue propuesto por Bray y Kurtz (1945); el fósforo con el método de Olsen tuvo como solución extractante al $NaHCO_3$ a 0.5 M y el potasio se determinó utilizándose el acetato de amonio 1N a pH 7.0 como solución extractante, de acuerdo con Bowen y Welcox (1965).

5.7.2.-Análisis estadístico.

El rendimiento experimental del grano de maíz se ajustó por humedad, daño por plagas, nutrición y polinización; fue convertido a kg/ha y finalmente a rendimiento comercial (multiplicándose por 0.8 como factor de ajuste). Una vez hecho lo anterior, se hicieron los análisis que se describen a continuación.

5.7.2.1.-Análisis de varianza

Con los rendimientos ajustados como se indicó anteriormente se practicó el análisis de varianza conforme al diseño experimental utilizado con el fin de conocer si existió alguna varianza en los tratamientos probados.

5.7.2.2.-Comprobación de medias (Prueba de Tukey)

Adicionalmente al análisis de varianza, se hizo necesario

aplicar una prueba de comparación de medias. Esto es debido a - que la prueba de F muestra diferencias en el conjunto pero no diferencias entre dos medias. La prueba de Tukey o diferencia significativamente honesta, es uno de los métodos que permiten detectar - con suficiente precisión, la diferencia entre medias (Reyes 1980).

La DSH (diferencia significativamente honesta) se calcula de la manera siguiente:

$$DSH = q_{\alpha, r, \eta} \sqrt{\frac{s^2}{r}}$$

donde s^2 = Cuadrado medio del error

r = Repeticiones.

donde $q_{\alpha, r, \eta}$ es el valor tabular del rango estudentizado al nivel α de significancia, con η grados de libertad, siendo -----
 $\eta = (r-1)(t-1)$; para los diseños de bloque completos al azar, esto es igual a los grados de libertad del error experimental.

Así para probar la hipótesis nula $H_0 = \mu_j - \mu_i = 0$ contra -----
 $H_1 = \mu_j - \mu_i \neq 0$, se comparan $(\bar{x}_j - \bar{x}_{ji})$ con la DSH y si ocurre $(\bar{x}_j - \bar{x}_{ji})$ mayor o igual que la DSH, se rechaza H_0 ; si ocurre el evento $(x_j - x_{ji})$ menor que la DSH calculada, entonces se acepta H_0 .

5.7.3.-Análisis económico.

Considerando que los aspectos económicos fundamentales en la agricultura son los costos de producción y la utilidad derivada de este, se procedió a realizar el análisis económico según el procedimiento sugerido por Perrin (1979). Este método es conveniente -- por permitir obtener de una manera sencilla, las respuestas económicas necesarias para llegar a una recomendación. De acuerdo con Volke (1982), este método consiste en estimar una tasa de retorno del incremento del ingreso neto en relación con el incremento del costo total de un tratamiento sobre otro con menor ingreso neto y

y costo total. De esta manera, resulta una comparación de dos tratamientos o más, pero en forma apareada en cuanto a que si la tasa de retorno marginal de un tratamiento sobre es aceptable como para considerarlo como mejor que este último. El procedimiento descrito por Perrin (1979), se describe a continuación.

Análisis de presupuesto parcial

Esta fase del análisis económico nos permitirá obtener el beneficio neto de cada uno de los tratamientos. Para ello se resta a los beneficios brutos los costos variables, siendo estos aquellos que el productor tendrá que realizar al decidirse por alguna alternativa propuesta en este trabajo. No se consideran los costos fijos tales como preparación del terreno, siembra, etc. ya que estos los realizará independientemente de la decisión que tome. Perrin (1979) considera que el término "Presupuesto Parcial" sirve para recordar que no todos los costos de producción y tal vez no todos los beneficios se incluyen en el presupuesto, sino solamente aquellos pertinentes a la decisión.

Para determinar los costos variables de los insumos utilizados, se tomaron en cuenta los precios siguientes al 1º de marzo de 1986, que son para el sulfato de amonio \$15,200.00/ton; para el super fosfato de calcio simple \$14,800.00/ton; para la roca fosfórica \$12,375.50/ton y para la gallinaza \$18,500.00/ton. Se aplicó una tasa de interés bancario del 37% durante el ciclo del cultivo mas una tasa del 10.5% como cobertura del seguro agrícola; de transporte se consideró un costo de \$2,000.00/ton, y de costo de aplicación, se consideraron tres y medio jornales/ha a razón de \$1,300.00/ha para la aplicación de la siembra y de la segunda labor. En el Cuadro 7, se presentan los costos variables calculados por unidad de producto. El precio real del maíz en el campo se estimó tomando en cuenta el precio de garantía vigente de \$53,300.00/ton, menos el costo de cinco jornales que se necesitan para cosechar dos toneladas por hectarea, menos el costo de \$2,000.00/ton, por acarreo, menos el costo de desgrane de \$2,450.

CUADRO 7 COSTO VARIABLE DE LOS INSUMOS UTILIZADOS

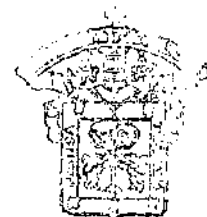
CONCEPTO	SS ¹ \$/ kg.	RF ² \$ / kg.	G ³ \$ / kg.
Precios unitarios	74.00	60.06	18.50
Costo de acarreo	10.00	9.71	4
Interes bancario	27.38	22.22	6.85
Seguro agricola	7.77	6.31	1.94
T O T A L	119.15	98.30	27.29

1= Super fosfaro de calcio simple

2= Roca fosf6rica

3= Gallinaza

4= Su costo incluye transporte hasta la parcela



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

por ton. En el Cuadro 3 se presenta el precio real del maíz.

Análisis marginal de beneficios netos.

El propósito del análisis marginal es el de revelar la manera en que los beneficios aumenten conforme crece la inversión. Por lo tanto, se define el beneficio neto marginal como el incremento en beneficio neto (beneficios brutos menos los costos variables) que se pueden obtener de un incremento dado de la inversión. Este análisis contempla dos fases: el análisis de dominancia y el análisis marginal propiamente dicho. Para la primera fase debe hacerse un listado con los tratamientos en orden decreciente en cuanto a beneficios netos. De este listado, se realiza una eliminación de todos aquellos tratamientos que hayan resultado con un costo variable mayor que alguno de los superiores. Los tratamientos eliminados se denominan dominados y no se consideran en la siguiente fase. Con los tratamientos restantes, se calcula el incremento de ingreso neto y costo total de cada uno con respecto al inmediatamente inferior. Con el incremento de ingreso neto y de costo total, se determina la tasa de retorno marginal de cada tratamiento en base a la siguiente relación:

$$TRM = \frac{MBN}{MCV} \times 100$$

donde TRM= Tasa de retorno marginal
 MBN= Incremento marginal en beneficio neto
 MCV= Incremento marginal en costo variable.

Criterio utilizado en la determinación de la tasa de retorno mínima.

Una vez obtenidas la tasa de retorno de los tratamientos que dominaron, se hace necesario establecer una tasa de retorno mínima aceptable desde el punto de vista de la inversión en la producción.

CUADRO 8 PRECIO REAL DEL MAIZ EN EL CAMPO

CONCEPTO	\$ / kg.
Precio de garantía	53.30
Costo de cosecha	3.25 -
Acarreo	2.00 -
Desgrane	2.45 -
PRECIO REAL	46.60

REPORTE DE ANOMALIAS

CUCBA

A LA TESIS:

LCUCBA03050

AUTOR:

MADRIGAL MERCADO LUIS ALEJANDRO

TIPO DE ANOMALIA:

Errores de Origen:

Falta folio No. 44

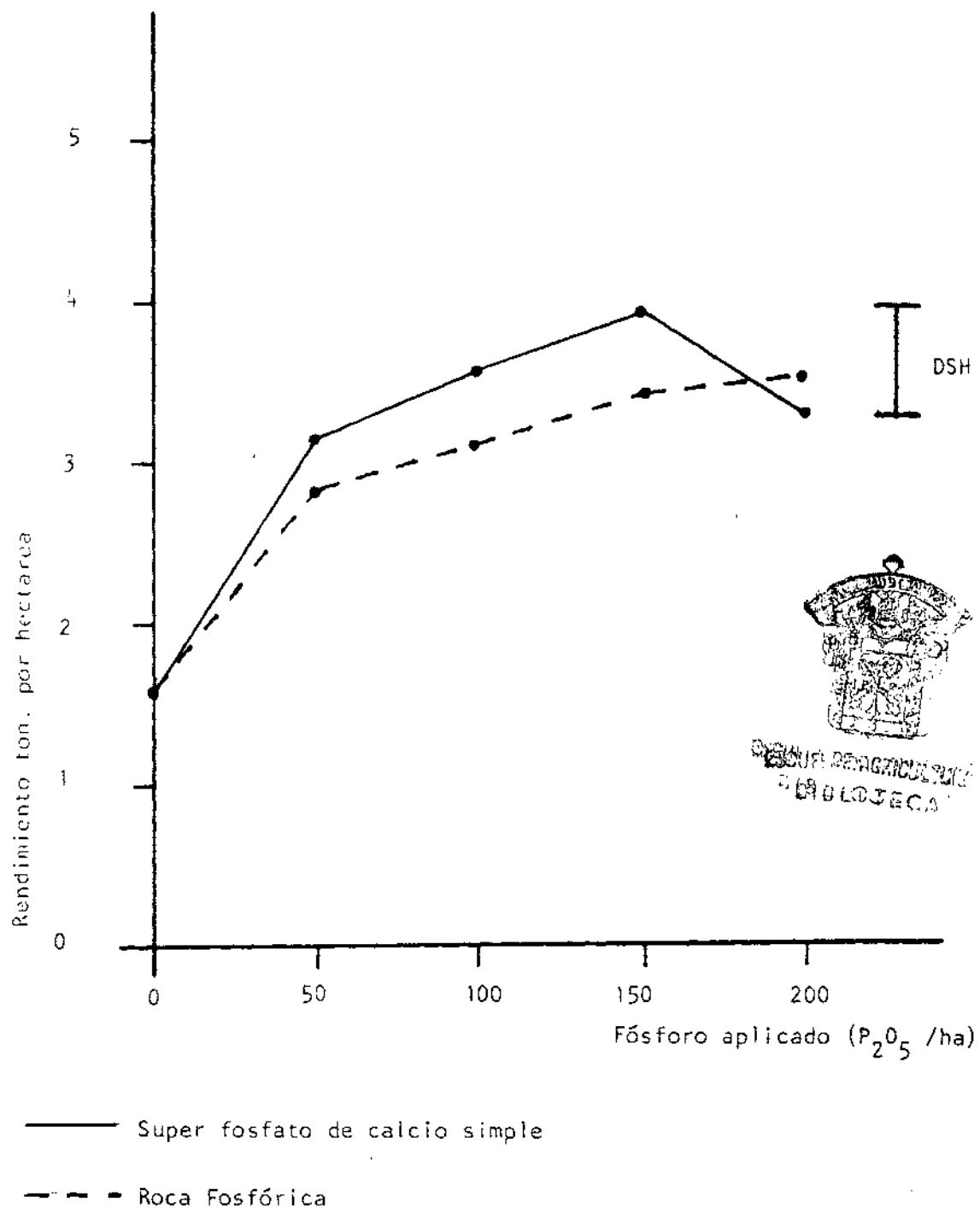


FIGURA 4- RENDIMIENTO PROMEDIO DE RESPUESTAS
A FOSFORO (Sitio San Gregorio)

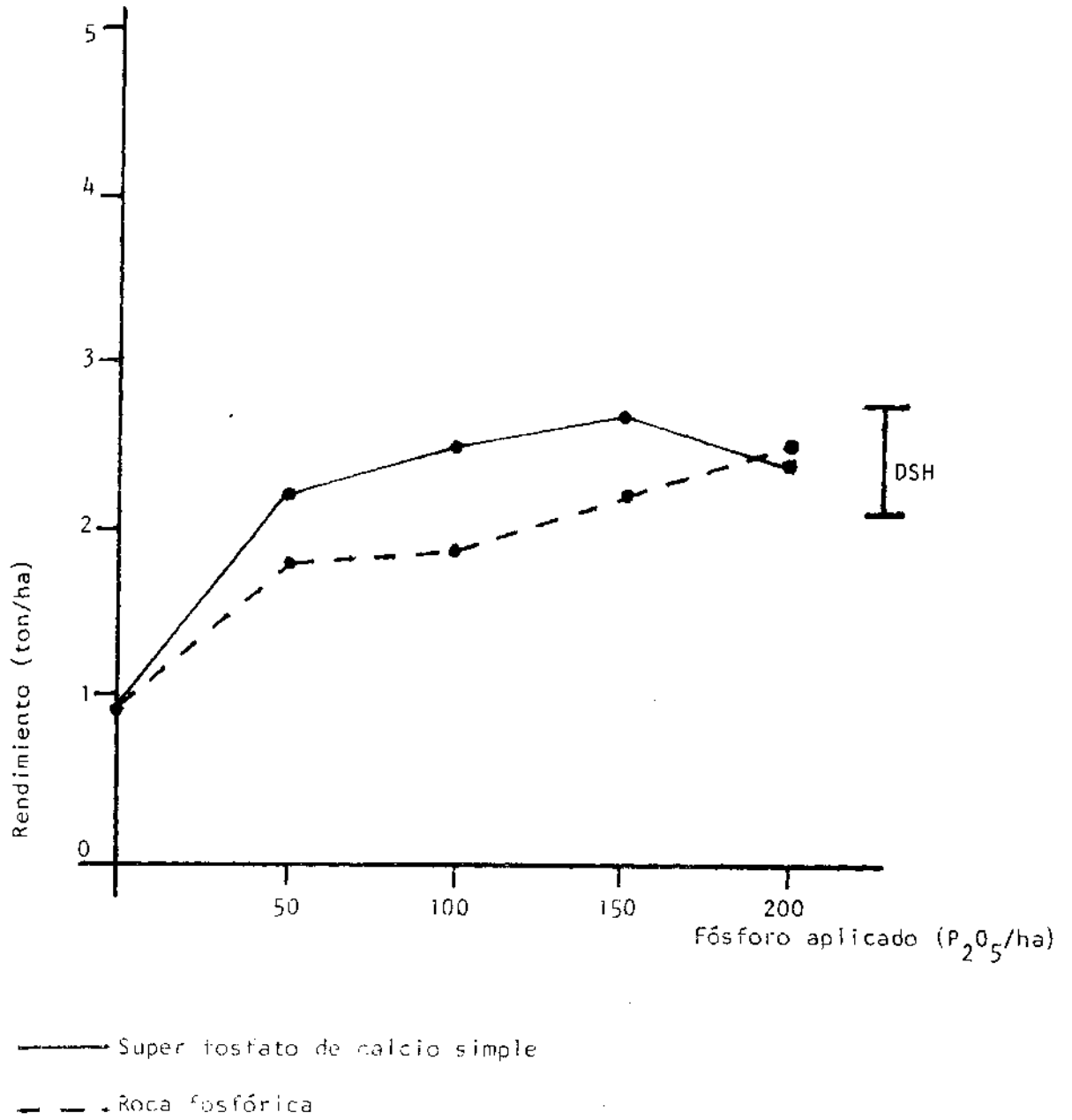


FIGURA 5. RENDIMIENTO PROMEDIO DE RESPUESTA DE FOSFORO (Sitio Paso del Muerto)

CUADRO 10. RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES AL 14% DE HUMEDAD

Número Tratamiento	N+ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)		G++ (ton/ha)	Sitio San Gregorio Rend. medio kg/ha	Sitio Paso del M. Rend. medio kg/ha
		SS ¹	RF ²			
1	100	0	0	0	1,594	970
2	100	50	0	0	3,080	2,255
3	100	100	0	0	3,592	2,500
4	100	150	0	0	3,956	2,732
5	100	200	0	0	3,343	2,484
6	100	0	50	0	2,849	1,856
7	100	0	100	0	3,136	1,893
8	100	0	150	0	3,407	2,241
9	100	0	200	0	3,567	2,489
10	100	0	0	4	3,693	3,764
11	100	0	100	4	3,846	3,730
M E D I A G E N E R A L					3,278	2,444

+N = Nitrógeno

++G = Gallinaza

¹SS = Super Fosfato de calcio simple

²RF = Roca fosfórica

CUADRO 11- ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DEPENDIENTE RENDIMIENTO DE GRANO
 Sitio San Gregorio

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft _{0.05}	Ft _{0.01}
Bloque	3	149966.5	49988.8	0.58	2.92	4.51 NS
Tratamientos	10	16954040.2	1695404.0	19.69	2.16	2.98 **
Error	30	2583303.8	86110.1			
Total	43	19687310.5				

Coefficiente de Variación = 8.95%

Sitio Paso del Muerto

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft _{0.05}	Ft _{0.01}
Bloques	3	533847.6	177949.2	2.26	2.26	4.51 NS
Tratamientos	10	2557394.1	2557394.1	32.49	2.16	2.98 **
Error	30	2361454.7	78715.1			
Total	43	28469243.5				

Coefficiente de variación = 11.48 %

NS = No Significativo

** = Altamente Significativo

precisión alcanzado durante todo el manejo de lo experimentos.

6.4.- Efecto entre fuentes de fósforo.

El efecto entre fuentes de fósforo se estimó mediante el procedimiento de la DSH (Prueba de Tukey), descrita en el capítulo de Materiales y Métodos. Para ello, se comparó en ambos sitios la media general de los tratamientos con SS contra la media general los tratamientos con RF,. Conforme a los señalado anteriormente, los valores calculados de DSH para los dos sitios fueron:

$$\text{SSG} \quad \text{DSH} = 4.92 \sqrt{\frac{86,110}{16}} = 361 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SPM} \quad \text{DSH} = 4.92 \sqrt{\frac{78,715}{16}} = 345 \text{ kg/ha}$$

De acuerdo con los resultados del Cuadro 10, en el SSG el rendimiento medio de los cuatro tratamientos con SS fué de 3,493 kg/ha que, comparados con los 3,340 kg/ha producto de la media de los cuatro tratamientos con RF, obtenemos una diferencia de - 253 kg/ha, cantidad que no rebasa la DSH para este sitio, que fue de 361 kg/ha. Se concluye entonces, que no hay diferencia estadística significativa entre fuentes de fósforo. Sin embargo, y procediendo de la misma manera para el SPM, se encontró que la diferencia entre las medias de los tratamientos con SS y con RF es de 373 kg/ha, cantidad que rebasa con 30.36 kg/ha a la DSH calculada. Puede concluirse que aunque es mínimo, el SS tiene un mayor efecto en el rendimiento de maíz que el causado por la RF

6.5.-Efecto entre niveles de fósforo.

Como se observa en el Cuadro 12, para el SSG, la diferencia en rendimiento de maíz al compararse los tratamientos de ambas fuentes con el mismo nivel de P_2O_5 , se encontró que no hubo respuesta estadística significativa por lo que se concluye que el -

CUADRO 12- COMPARACION DE MEDIAS

SITIO SAN GREGORIO				SITIO PASO DEL MUERTO			
A= Efecto entre fuentes de fósforo				B= Efecto entre fuentes de fósforo			
Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Diferencia kg/ha	DSH kg/ha	Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Diferencia kg/ha	DSH kg/ha
(2 + 3 + 4 + 5) ¹ x = 3,493 kg/ha	VS (6 + 7 + 8 + 9) ² x = 3,240 kg/ha	253 NS	361	(2 + 3 + 4 + 5) ¹ x = 2,493 kg/ha	VS (6 + 7 + 8 + 9) ² x = 2,120 kg/ha	373 S	345

C= Efecto entre niveles de fósforo

D= Efecto entre niveles de fósforo

Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Tratamientos (kg/ha P ₂ O ₅)	Diferencia kg/ha	DSH kg/ha	Tratamiento (kg/ha P ₂ O ₅)	Tratamiento (kg/ha P ₂ O ₅)	Diferencia kg/ha	DSH kg/ha
2-(100-50SS)	VS 6-(100-50RF)	231 NS	722	2-(100-50SS)	VS 6-(100-50RF)	399 NS	690
3-(100-100SS)	VS 7-(100-100RF)	456 NS	722	3-(100-100SS)	VS 7-(100-100RF)	607 NS	690
4-(100-150SS)	VS 8-(100-150RF)	549 NS	722	4-(100-150SS)	VS 8-(100-150RF)	491 NS	690
5-(100-200SS)	VS 9-(100-200RF)	-224 NS	722	5-(100-200RF)	VS 9-(100-200RF)	-4 NS	690
1-(100-0)	VS 10-(100-0+4G)	-2099 *	722	1-(100-0)	VS 10-(100-0+4G)	-2794 *	690
7-(100-100RF)	VS 11-(100-0+4G)	557 NS	722	7-(100-100RF)	VS 10-(100-0+4G)	-1871 NS	690
10-(100-0+4G)	VS 11-(100-100RF+4G)	-156 NS	722	10-(100-0+4G)	VS 11-(100-100RF+4G)	34 NS	690
1-(100-0)	VS 2-(100-50SS)	-1486 NS	722	1-(100-0)	VS 2-(100-50SS)	-1260 *	690
1-(100-0)	VS 3-(100-50RF)	-1555 NS	722	1-(100-0)	VS 6-(100-50RF)	-886 *	690

1 = Tratamiento con super fosfato de calcio simple

2 = Tratamiento con roca fosfórica

NS= No significativo

*= Significativo

SS= Super fosfato de calcio simple (kg de P₂O₅)

RF= Roca fosforica (kg de P₂O₅/ha)

G= Gallinaza (ton/ha)

mismo nivel de P_2O_5 , se encontro que no hubo respuesta estadística significativa por lo que se concluye que el efecto de ambas fuentes, al mismo nivel de fósforo no afectan el rendimiento de maíz. Al confrontarse los tratamientos 1 y 10 sin fertilización fosfórica, se encontró que el tratamiento 10 con cuatro toneladas de gallinaza incrementó el rendimiento de 2,099 kg/ha. Sin embargo, al compararse el efecto que causan 100 unidades de P_2O_5 con RF (trat.7), contra el fósforo y demás nutrientes que puedan aportar cuatro toneladas con gallinaza (trat.10), se encontró que el tratamiento con gallinaza supera en 557 kg/ha al tratamiento con solamente RF, cantidad que desde el punto de vista estadístico no resulta significativa por ser menor que la DMH calculada. Ahora bien, al compararse el efecto que causa sobre el rendimiento la incorporación de 100 unidades de P_2O_5 como RF y cuatro toneladas de gallinaza (trat.11), contra el rendimiento del tratamiento que considera la misma cantidad de gallinaza, pero sin fósforo (trat.10), se puede observar que esta adición de P_2O_5 solo causa un incremento en el rendimiento de 156 kg/ha, cantidad que no resulta significativa desde el punto de vista agrícola y económico. Por último, al comprarse el rendimiento del tratamiento sin fertilización fosforica (trat.1) contra los rendimientos de los tratamientosal primer nivel de P_2O_5 de las dos fuentes de fósforo (trat. 2 y 6), se encontró un incremento significativo en el rendimiento de 1,486 kg/ha con la aplicación de SS y de 1,255 kg/ha cuando se aplicó RF.

Similarmente para el SPM, no se encontró diferencia significativa al mismo nivel de P_2O_5 para ambas fuentes, ya que los contrastantes realizados no muestran diferencias mayores que la DSH que para este sitio es de 690 kg/ha. La diferencia encontrada entre el tratamiento sin fertilización fosforica (trat.1) y el tratamiento con gallinaza (trat.10) fué de 2,794 kg/ha a favor del segundo, por lo que se concluye que la aplicación adicional de cuatro toneladas de gallinza es significativa la diferencia en el rendimiento. Al compararel efecto del tratamiento con 100 unidades de P_2O_5 como RF (trat.7) contra el tratamiento 10, se observa una diferencia de 1,811 kg/ha de maíz, cantidad que rebasa amplia

mente la DSH de 690 kg/ha; concluyéndose por lo tanto que es significativamente mayor el efecto de la gallinaza que la RF para este sitio. El contraste realizado entre el tratamiento 10 y 11 muestra que no hay efecto estadístico en rendimiento de maíz al adicionarse a 100 unidades de P_2O_5 como RF, cuatro toneladas de gallinaza, ya que la diferencia entre ambos tratamientos es de solamente 34 kg/ha de maíz. Se encontró un efecto significativo al adicionarse 50 unidades de P_2O_5 tanto de SS como de RF al tratamiento sin fertilización fosfórica; se hace notar que es mayor el efecto del SS que de la RF.

6.6.- Análisis económico.

El análisis económico de ambos sitios experimentales se -- llevó a cabo siguiendo, como ya se dijo en el Capítulo de Materiales y Métodos, la metodología propuesta por Perrin (1979).

6.6.1.-Sitio San Gregorio.

Análisis del presupuesto parcial

Según los datos obtenidos en el Cuadro 13, se observa que el tratamiento 4-(100-150 SS) es el que tiene el mayor beneficio neto (BN) con \$157,697.50/ha, mientras que el tratamiento ----- 11-(100-100 RF más 4G), es el que tiene el menor con \$52,020.00

La media de los tratamientos con la fuente de fósforo SS, superan en un 6.21% de BN a los tratamientos con la fuente RF;-- porcentaje que no se considera significativo si se toma en cuenta el nivel de precisión alcanzado en la experimentación en el campo.

La media de los BN de la fuente SS es de \$139,700.25/ha. - con una desviación estandar de \$15,544.31; sin embargo, a pesar de que la media de los BN con la RF es de \$131,020.50/ha, su des

CUADRO 13.- PRESUPUESTO PARCIAL DE DATOS PROMEDIADOS (POR HECTAREA)

Sitio San Gregorio

	T	A	A	T	A	M	I	E	N	T	O
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Super Fosfato de calcio simple -SS- (20% de P ₂ O ₅ en kg/ha)	-	50	100	150	200	-	-	-	-	-	-
Roca Fosforica RF (20.6% de P ₂ O ₅ en kg/ha)	-	-	-	-	-	50	100	150	200	-	100
Gallinaza (ton/ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
Costos Monetarios Variables											
1.-Fósforo SS (\$119.15/ha de P ₂ O ₅)	-	5,957.50	11,915.00	17,872.50	23,830.00	-	-	-	-	-	9,830.00
2.-Fósforo RF (\$98.30/kg de P ₂ O ₅)	-	-	-	-	-	4,915.00	9,830.00	14,745.00	19,660.00	-	109,160.00
3.-Gallinaza (\$27.29/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109,160.00	109,160.00
4.-Total de costos Monetarios Variables (\$/HA)	-	5,957.50	11,915.00	17,972.50	23,830.00	4,915.00	9,830.00	14,745.00	19,660.00	109,160.00	118,990.00
Costo Variable de Oportunidad											
5.-Precio de Aplicación (3.5 litros a \$1,300.00/ha)	-	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00
6.-Rendimiento Propio (Ton/ha)	1.59	3.08	3.59	3.95	3.34	2.85	3.14	3.41	3.57	3.69	3.85
7.-Beneficio Bruto de C. (\$/ha a \$5,600.00/ton)	72,504.00	140,448.00	163,704.00	180,120.00	153,304.00	129,960.00	143,184.00	155,495.00	162,792.00	168,264.00	175,560.00
8.-Total de costos Variables (\$/HA)	-	10,507.50	16,465.00	22,422.00	28,380.00	9,465.00	14,380.00	19,295.00	24,210.00	113,710.00	123,540.00
9.- Beneficio N E T O (\$/HA)	72,504.00	129,940.50	147,239.00	157,637.50	124,924.00	120,495.00	128,804.00	136,201.00	138,582.00	54,554.00	52,020.00

ESUELA DE AGRICULTURA
DE BILLOTTICA



viación estandar es de \$8,159.10; lo que indica que son más consistentes o menos variables que su alternativa.

El cuadro mencionado nos muestra además que al compararse - los mismos niveles de P_2O_5 para ambas fuentes de fertilización - fosfórica, es solamente a 200 unidades de P_2O_5 que la fuente SS' - es superada por la RF.

Al hacerse la comparación entre el tratamiento 11-(100-100 RF más 4G) y el 7-(100-1-- RF). se observa que aunque el primero tiene un mayor rendimiento, los resultados económicos indican -- que la aplicación de cuatro toneladas de gallinaza aumenta los - costos en un 859.11% y el rendimiento en solamente 22.6%; se observa además que el tratamiento con gallinaza y RF alcanza solamente un 40.39% de BN que los alcanzados por el tratamiento con solamente RF.

Resultados similares se logran al hacerse la comparación de el tratamiento 10-(100 mas 4G) contra el tratamiento 11-(100-100 RF mas 4G), ya que al adicionarse la RF, los BN disminuyen en un 4.64%, aumentándose en 8.64% a los costos variables (CV). Se concluye entonces que debido a que el aumento en rendimiento de maíz es de solamente 4.34%, no se justifica económicamente aplicar una mezcla de RF y gallinaza.

Por último, es económicamente aconsejable hacer una inversión adicional de \$5,957.5-/ha en 50 unidades de P_2O_5 como SS, ya que el aumento en BN con respecto al tratamiento sin fertilizar - es de 79.22%; por el contrario, invertir \$4,915.00/ha en 50 unidades de P_2O_5 como RF, se obtiene un incremento de solo 66.19% en - BN.

Análisis de dominancia.

Una vez ordenados los tratamientos de mayor a menor benefi-

cios netos (Cuadro 14), se hace el análisis de dominancia con el procedimiento ya descrito en el capítulo de Materiales y Métodos.

Se observa en el cuadro mencionado que los tratamientos 10-(100 más 4G) y 11-(100-100RF más RF), son dominados por el tratamiento 1-(100-0) que tiene un mayor BN y un menor CV. De 7-(100-100 RF) y 5-(100-200SS) son superiores a los del tratamiento 2-(100-50SS) que tiene una mayor BN. Finalmente, encontramos a los tratamientos 8-(100-150RF) y 9-(100-200RF) que son dominados por el tratamiento 3 (100-100SS)

La relación gráfica de los tratamientos con respecto al BN y el CV, se muestra en la Figura 6 que representa a la "Curva de Beneficios Netos". Esta figura muestra que los BN tienden a una curva de incrementos crecientes, teniéndose en cuenta que como al tratamiento 4-(100-150SS). Al unir imaginariamente los tratamientos de la misma fuente, se observa que con el SS, los BN se elevan rápidamente, llega a su máximo a 150 unidades de $P_{2}O_{5}$ y descienden bruscamente a las 200 unidades; sin embargo, los tratamientos con RF elevan sus BN más lentamente y no llegan a un máximo, sino que una proyección a 200 unidades con RF nos indica un ápice más elevado. A la vez la figura muestra unidos con líneas sólidas, los tratamientos dominantes.

Análisis marginal de beneficios netos.

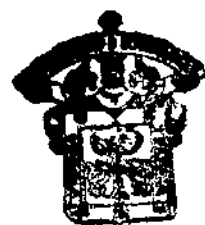
Al observarse la curva de beneficios netos (Figura 6), destaca la elevada tasa de retorno a la inversión en fertilizantes en los primeros segmentos de la curva. A continuación se analizarán la tasa de retorno de cada alternativa dominante a partir del tratamiento sin fertilización fosfatada, por considerar que es a partir de este punto en donde se origina el efecto de cada fuente de fósforo.

CUADRO 14 ANALISIS DE DOMINANCIA DE DATOS DE RESPUESTA A FERTI
LIZANTES

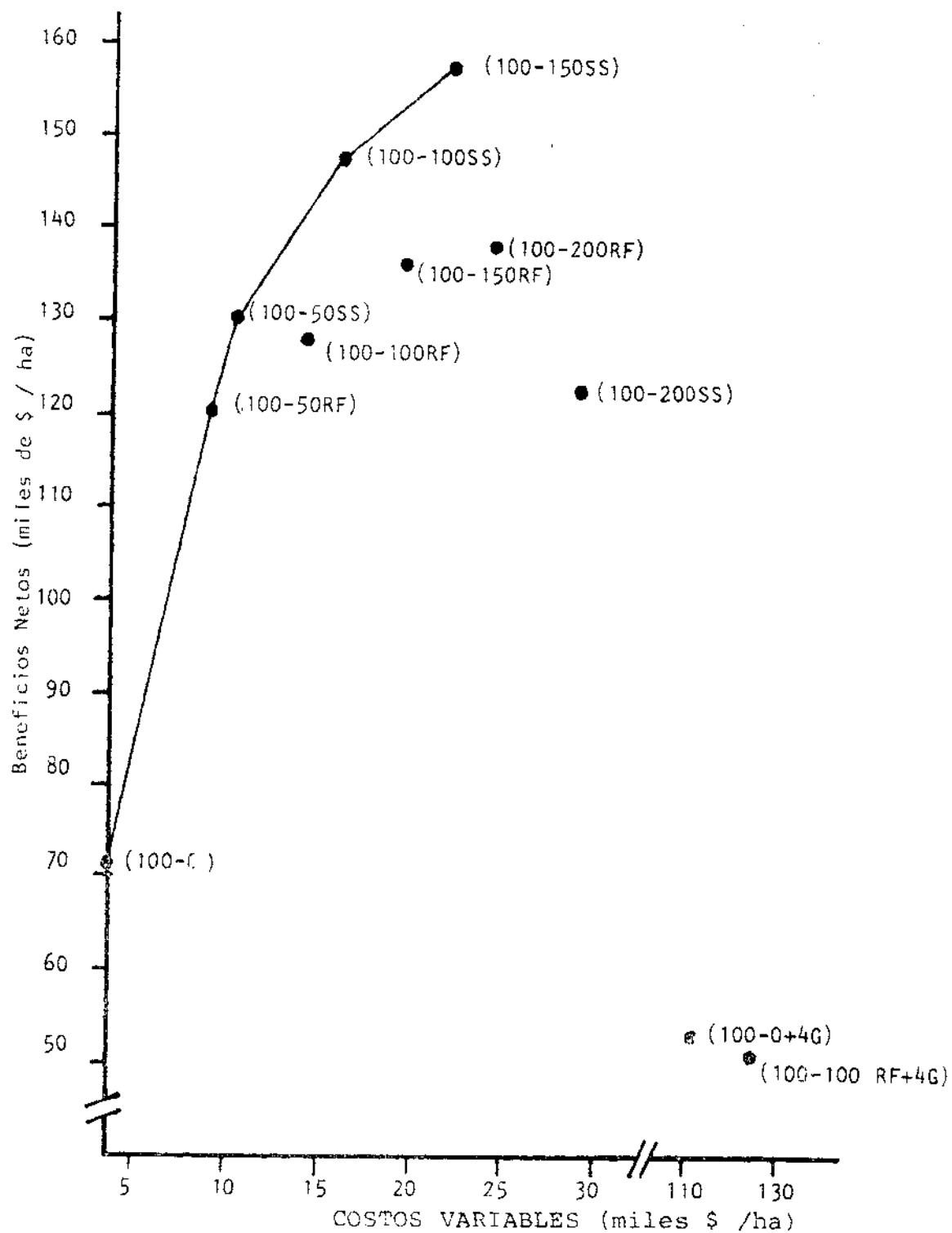
Sitio San Gregorio

Número de Tratamiento	N	P ₂ O ₅		G	Beneficios neto (\$ / HA)	Costo Variable (\$ / HA)	
		SS	RF				
4	100	150	-	-	157,697.50	22,422.50	
3	100	100	-	-	147,239.00	16,465.00	
9	100	-	200	-	138,528.00	24,210.00	*
8	100	-	150	-	136,210.00	19,295.00	*
2	100	50	-	-	129,940.50	10,507.50	
7	100	-	100	-	128,804.00	14,380.00	*
5	100	200	-	-	123,924.00	28,380.00	*
6	100	-	50	-	120,495.00	9,465.00	
1	100	-	-	-	72,504.00	-	
10	100	-	-	4	54,554.00	113,710.00	*
11	100	-	100	4	52,020.00	123,540.00	*

* = Tratamiento dominado



REGISTRADO DE AGRICULTORES
BIBLIOTECA



Sitio San Gregorio

Figura 6. Curva de Beneficios Netos

Tomando en cuenta el razonamiento anterior, se observa en el Cuadro 15, que las tasas marginales de los tratamientos 6 es de 507%, del 2 es de 547%, del 3 es de 554% y del cuatro de 380%. Con ello se confirma lo discutido en el análisis del presupuesto parcial, de que es económicamente aconsejable utilizar el nivel de 50 a 150 unidades de P_2O_5 con la fuente SS o con 50 unidades de P_2O_5 con la fuente RF. Ahora bien, para decir cual de los tratamientos anteriores, representa la mejor alternativa económica para productores con financiamiento oficial o con recursos propio se parte del criterio definido en el capítulo de Materiales y Métodos. De acuerdo al mismo, podemos ver que los cuatro tratamientos dominantes superan el límite del criterio definido, por lo que desde un punto de vista agronómico nos decidimos por aceptar al tratamiento 2-(100-50SS) como la mejor alternativa económica por presentar la TRM más alta y un costo variable menor y al tratamiento 6-(100-50RF) como segunda alternativa por tener la TRM inmediata inferior; sin descartar los tratamientos 3 y 4 que tienen tasas marginales superiores al límite por presentar la máxima ganancia o incremento marginal en beneficios netos, pero que tienen un mayor costo variable lo cual puede representar una alternativa adicional para aquellos productores sin restricciones económicas.

6.6.2.-Sitio paso del Muerto.

Análisis del presupuesto parcial.

Como se observa en el Cuadro 16, el tratamiento 4-(100-150SS) es el que obtuvo el mayor BN con \$101,792.00/ha y el menor, el tratamiento 1-(100-0) con \$44,135.00.

La media de los BN de los tratamientos con SS es de ----- \$93,623.75 con una desviación estandar de \$7,554.37, mientras que la media del BN de los tratamientos con RF es de \$79,622.50 con una desviación estandar de \$7,800.49. Por los cuales se concluye

CUADRO 15- ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION NO DOMINADOS (POR HECTAREA)

Sitio San Gregorio

Número de Tratamiento	N	P ₂ O ₅		G	Beneficio Neto \$	Costo Variable \$	Cambio con respecto al beneficio del trat. 1-(100-1)		
		SS	RF				Incremento marginal en beneficio neto	Incremento marginal en costo variable	tasa de retorno marginal %
4	100	150	-	-	157,697.50	22,422.50	85,193.50	22,422.50	380
3	100	100	-	-	157,697.50	16,465.00	74,735.00	16,465.00	454
2	100	50	-	-	129,940.50	10,507.50	57,436.50	10,507.50	547
6	100	-	50	-	120,495.00	9,465.00	47,991.00	9,465.00	507
1	100	-	-	-	72,504.00	-	-	-	-

CUADRO 16 - PRESUPUESTO PARCIAL DE DATOS PROMEDIADOS (POR HECTAREA)

Sitio Paso del Muerto

	T	R	A	T	A	M	I	E	N	T	O						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
Super Fosfato de Calcio Simple -SS- (20% de P ₂ O ₅ en kg/ha)	-	50	100	150	200	-	-	-	-	-	-						
Reducto Insuficiente -RF (20.6% de P ₂ O ₅ en kg/ha)	-	-	-	-	-	50	100	150	200	-	-						
Gallinaza (ton/ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Costo Monetarios Variables																	
1.-Fosforo SS (\$119.15/kg de P ₂ O ₅)	-	5,957.50	11,915.00	17,872.50	23,830.00	-	-	-	-	-	-						
2.-Fosforo RF (\$98.30/kg de P ₂ O ₅)	-	-	-	-	-	4,915.00	9,830.00	14,745.00	19,660.00	-	-						9,830.00
3.-Gallinaza (\$27.23/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						109,160.00
4.-Total de Costos Monetarios Variables (\$/ha)	-	5,957.00	11,915.00	17,872.50	23,830.00	4,915.00	9,830.00	14,745.00	19,660.00	109,160.00	118,990.00						
Costos Variables de Oportunidad																	
5.-Precio Aplicacion (3.5 Jornales a \$ 1,300/ha)	-	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00	4,550.00						
6.-Rendimiento Promedio (ton/ha)	0.97	2.23	2.50	2.73	2.48	1.86	1.89	2.24	2.48	3.76	3.76						
7.-Beneficios brutos de Campo (\$/ha a \$45,600/ton)	113,750.00	124,215.00	117,840.00	84,630.00	85,995.00	101,920.00	113,295.00	117,080.00	169,715.00	171,080.00	169,715.00						
8.-Total de Costos Variables (\$/ha)	-	10,507.50	16,465.00	22,422.50	28,380.00	9,465.00	14,380.00	19,295.00	24,210.00	113,710.00	123,540.00						
9.-Beneficio Neto (\$/ha)	44,135.00	97,958.00	97,285.00	101,792.00	84,460.00	75,165.00	71,615.00	82,625.00	89,085.00	57,370.00	46,175.00						

que en este sitio experimental, el SS además de mostrar un BN mayor, tuvo mas consistencia en sus respuestas que la RF.

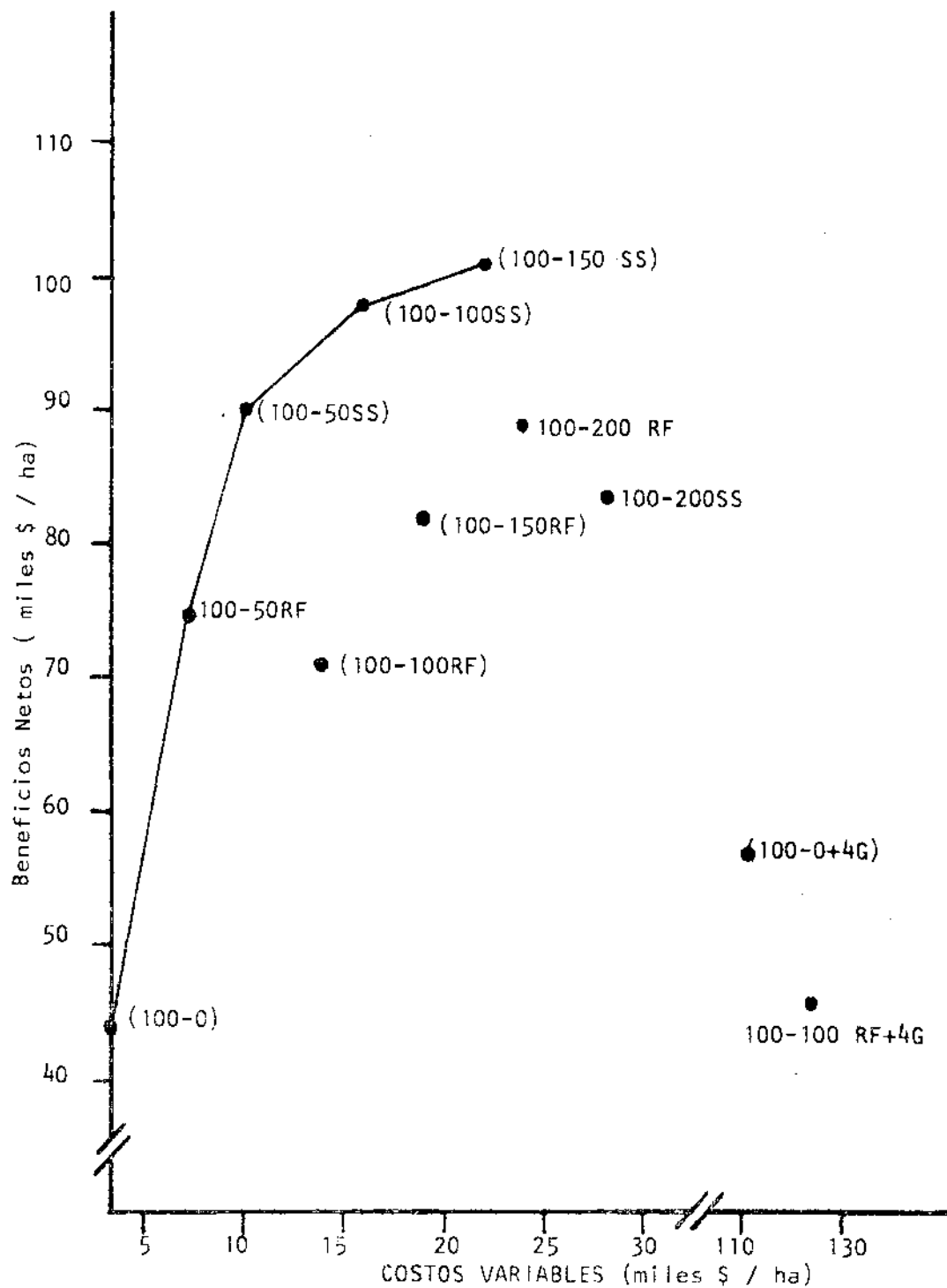
Similarmente al otro sitio experimental, al compararse el tratamiento 11-(100-100-RF más 4G) con los tratamientos 7-(100-100RF) y 10-(100 más 4G) se encontró que no es económicamente aconsejable aplicar una mezcla a los niveles señalados de RF y G, ya que los BN disminuyen. Se hace notar a este respecto que la adición de cuatro toneladas de gallinaza, impactó negativamente a los CV en mayor magnitud que la RF.

Analizándose la curva de beneficios netos (Figura 7), se manifiestan dos detalles importantes. Al único nivel al que la RF supera en BN al SS es a 200 unidades de P_2O_5 y, a 50 unidades de RF, se tiene una mejor respuesta económica que a 100 unidades con la misma fuente.

Análisis de dominancia

Utilizando la misma metodología que se siguió para el otro sitio experimental, se observa en el Cuadro 17 que los tratamientos 11-(100-100RF más 4G), 10-(100-mas 4G) y 7-(100-100RF) fueron dominados por el tratamiento 6-(100-50RF), mientras que los tratamientos 8-(100-150RF), 5-(100-200RF) y 9(100-200RF) fueron dominados por el tratamiento 2-(100-50RF). Por lo tanto, los tratamientos que se consideraran en la siguiente etapa, serán los mismos que para el otro sitio experimental.

Analizando la curva de beneficios netos (Figura 7), se observa que uniendo unicamente aquellos tratamientos con SS, se logra una curva similar al del SSG, es decir, se llega a un máximo a 150 unidades de P_2O_5 y desciende bruscamente. Sin embargo, para la fuente RF, su comportamiento es distinto, ya que al llegar a 50 unidades desciende, llega a 100 unidades y de ahí asciende hasta llegar al máximo nivel de fertilización y no muestra, al



Sitio Paso del Muerto

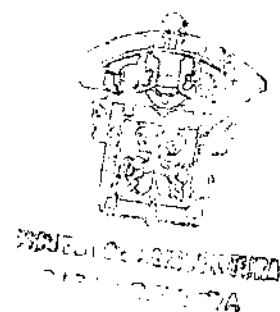
Figura 7. Curva de Beneficios Netos

CUADRO 17 ANALISIS DE DOMINANCIA DE DATOS DE RESPUESTA A FERTILIZANTES

Sitio Paso del Muerto

Número de Tratamiento	N	P ₂ O ₅		G	Beneficios netos (\$ / ha)	Costo Variable (\$ / ha)	
		SS	RF				
4	100	150	-	-	101,792.00	22,422.50	
3	100	100	-	-	97,285.00	16,465.00	
2	100	50	-	-	90,958.00	10,507.50	
9	100	-	200	-	89,085.00	24,210.00	*
5	100	200	-	-	84,460.00	28,380.00	*
8	100	-	150	-	82,625.00	19,295.00	*
6	100	-	50	-	75,165.00	9,465.00	
7	100	-	100	-	71,615.00	14,380.00	*
10	100	-	-	4	57,370.00	113,710.00	*
11	100	-	100	4	46,175.00	123,540.00	*
1	100	-	-	-	44,135.00	-	

* = Tratamiento dominado



igual que el otro sitio, un ápice.

Análisis marginal de beneficios netos.

Para esta etapa, se consideró el mismo razonamiento que para el SPM. Es así, como se observara en el Cuadro 18, que las tasas marginales de los tratamientos dominantes es el siguiente: Para el tratamiento 6-(100-50RF) es de 328%; del 2-(100-50SS) es de 445%; del 3-(100-100SS) es de 323% y del 4-(100-150SS) es de 257%.

Considerando la tasa de retorno mínima establecida en el capítulo de Materiales y Métodos, se observa con los datos anteriores que los cuatro tratamientos dominantes superan este límite. Sin embargo, la decisión de cual de estas alternativas es la recomendada se establecerá de la manera siguiente: La mejor alternativa es el tratamiento 2-(100-50SS), ya que presenta la TRM mas alta y se considerarán para este sitio experimental, dos segundas alternativas que son el tratamiento 6-(100-50RF) y 3-(100-100SS) por tener las TRM inmediatas inferior. No se descarta, sin embargo, el tratamiento 4-(100-150SS) ya que con esta alternativa se logran los mayores beneficios netos.

6.6.3.-Tratamientos optimos economicos.

Una vez realizado el análisis económico, se llega a la conclusión de que el tratamiento 2-(100-50SS) en ambos sitios, es la mejor alternativa de producción desde le punto de vista económico. El tratamiento 6-(100-50RF), nuevamente en ambos sitios, representa la segunda alternativa conjuntamente con el tratamiento 3-(100-100SS) para el SPM.

Finalmente, se sugiere que se continúe el estudio de la roca fosforica cruda como una fuente alternativa de fósforo, ya que el país cuenta con un enorme potencial de este material, represen

CUADRO 18. ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION NO DOMINADOS (POR HECTAREA)

Sitio Paso del Muerto

Número de Tratamiento	N	P ₂ O ₅		G	Beneficios netos	Costo Variable \$	CAMBIO CON RESPECTO AL BENEFICIO DEL TRATA 1-(100-0)		
		SS	RF				Incremento marginal en beneficio neto	Incremento marginal en costo variable	Tasa de retorno %
4	100	150	-	-	101,792.00	22,422.50	56,657.00	22,422.50	257
3	100	100	-	-	97,285.00	16,465.00	53,150.00	16,465.00	323
2	100	50	-	-	90,958.00	10,507.50	46,823.00	10,507.50	446
6	100	-	50	-	75,165.00	9,465.00	31,030.00	9,465.00	328
1	100	-	-	-	44,135.00	-	-	-	-

tando por lo tanto un abaratamiento en los costos por su menor precio con respecto a los fertilizantes convencionales y por su poder residual en el suelo.

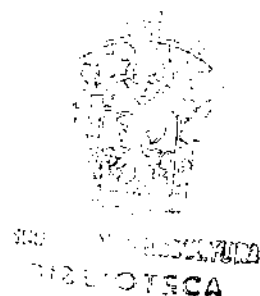
VII.-CONCLUSIONES.

Una vez realizados los análisis de los capítulos anteriores en el presente trabajo de investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.-En relación con el primer objetivo de determinar el efecto de la roca fosfórica cruda en el cultivo del maíz como una fuente alternativa de fósforo bajo condiciones de suelos de Ando, se puede afirmar que se cumplió debido a que se midió el efecto que esta fuente tiene a distintos niveles de P_2O_5 en rendimiento de grano de maíz.
- 2.-El segundo objetivo de evaluar la respuesta económica de la roca fosfórica se cumplió debido a que al realizarse la evaluación se pudo comprobar que el tratamiento 6 con 50 unidades de P_2O_5 por ha. con la fuente roca fosfórica (291 kg/ha) representa una alternativa económicamente viable para el productor.
- 3.-En relación a la primera hipótesis que dice que el efecto de la roca fosfórica cruda en el rendimiento del maíz es semejante al del super fosfato de calcio simple no se puede rechazar del todo, debido a que en el sitio San Gregorio, no hubo diferencias entre fuentes y en el sitio Paso del Muerto, la diferencia en el rendimiento favorable a la fuente super fosfato de calcio simple, esta cercana al valor obtenido con el criterio estadístico. Esto es, que la diferencia que mostraron ambas fuentes no es de tal magnitud que se concluya que una fuente sea sustancialmente mejor que la otra.
- 4.-En relación a la segunda hipótesis de que será favorable la respuesta económica del maíz el efecto de la roca fosfórica, no se rechaza debido a que en ambos sitios expe-

rimentales encontramos que el tratamiento 6-(100-100RF), representan una alternativa para el productor.

- 5.-En cuanto al primer supuesto de que el fósforo es un factor limitantes en la producción del maíz, este fué adecuado ya que al aplicar el primer nivel de P_2O_5 , tanto de roca fosfórica como de super fosfato de calcio simple, se incrementaron los rendimientos del maíz en un 198% como promedio.
- 6.-En cuanto al segundo supuesto de que las diferencias se pueden corregir con la aplicación al cultivo del maíz de roca fosfórica y super fosfato de calcio simple. También fué acertado ya que al aplicar este nutriente con las fuentes mencionadas se incrementó el rendimiento en los dos sitios experimentales.
- 7.-Se sugiere que se continuen los trabajos de investigación sobre el uso de la roca fosfórica en suelos de Ando ya que representan una fuente alternativa de fósforo que permite abaratar el costo del productor dado que de este material existen reservas abundantes y disponibles a bajo costo que desde un punto de vista comercial, resulta mas barato que los fertilizantes convencionales. Además debido a las características químicas de la roca fosfórica, se le debe considerar como un producto amortizable a mediano plazo; sin embargo, en la zona de estudio esta característica no ha sido suficientemente estudiada.



VIII.-RESUMEN

En el ciclo primavera-verano de 1982, se establecieron dos experimentos de maíz bajo condiciones de temporal en el municipio de Salvador Escalante. Este municipio forma parte del Plan Tarasco bajo el Programa Nacional de Desarrollo Agrícola en Areas de Temporal (PRONDAAT).

En el área de estudio la actividad principal de sus habitantes es la agricultura; sin embargo; debido a los bajos ingresos - que reciben los productores por esta actividad, tienen que trabajar de jornaleros en huertas frutícolas, actividades forestales, artesanales, etc.

Las características químicas y físicas especiales de los suelos de Ando no permite alcanzar altos rendimientos en el cultivo del maíz - que es el cultivo de mayor importancia- debido a que - múltiples factores, de entre los cuales podemos mencionar la fijación de fósforo, lo impide.

Para resolver lo anterior, en este trabajo de investigación se plantea como objetivo, estimar el efecto de la roca fosfórica cruda sobre el rendimiento del maíz como una fuente alternativa - de fósforo bajo condiciones de suelos de Ando. Además como segundo objetivo, se tiene la evaluación de la respuesta económica de la roca fosfórica.

Las hipótesis de este trabajo experimental fueron que el efecto de la roca fosfórica cruda en el rendimiento del maíz será semejante al del super fosfato de calcio simple y además, como segunda hipótesis de que será mayor la respuesta económica del maíz al efecto de la roca fosfórica.

Para ello se parte de los supuestos: A) El fósforo es un -- factor limitante en la producción del maíz en la zona de estudio,

B) Las deficiencias de fósforo en el maíz se puede conseguir con la aplicación de roca fosfórica y super fosfato de calcio simple.
C) Los sitios experimentales son representativos de la región y D) La metodología seguida en este trabajo es la adecuada.

Para el logro de los objetivos y comprobaciones de las hipótesis, se establecieron dos experimentos de campo en el área. Los factores de estudio fueron: el nitrógeno y densidad de población. De estos, se mantuvo a nivel constante. el nitrógeno en 100 kg/ha teniendo como fuente al sulfato de amonio y la densidad de población en 40,000 plantas/ha.

Las fuentes de fósforo fueron la roca fosfórica proveniente de San Hilario, B.C.S. con 20.6% de P_2O_5 y el super fosfato de calcio simple con un 20% de P_2O_5 . Los espacios de exploración fueron: 0,50, 100, 150 y 200 kg/ha de P_2O_5 .

El diseño de tratamientos fue la matriz baconiana, con la se definieron 9 tratamientos más dos adicionales. Las variables de respuesta a los factores de estudio fueron el rendimiento de grano de maíz en kg/ha y la respuesta económica.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Para el análisis económico, se utilizó el criterio de la tasa de rendimiento de retorno marginal.

Resultados:

En ambos sitios experimentales, se cumplió con los dos objetivos debido a que la metodología seguida permitió lograr una evaluación del efecto de la roca fosforica en el cultivo del maíz además de que uno de los tratamientos de roca fosfórica mostró resultados economicos favorables.

La primera hipótesis no se pudo rechazar, debido a que en un sitio experimental, no hubo diferencias entre fuentes y en los otros sitios, la diferencia encontrada fué mínima con respecto al criterio estadístico.

La segunda hipótesis no se rechazó, debido a que en ambos sitios uno de los tratamientos con roca fosfórica representa una alternativa agronómica y económicamente viable para el agricultor.

Todos los supuestos planteados fueron adecuados.

Los análisis estadísticos y económicos, además del criterio agronómico, indican que la mejor alternativa es el tratamiento -- 100-50 con super fosfato de calcio simple como fuente de fertilización.

Como segunda alternativa, se estableció que el tratamiento 100-50 con roca fosfórica para ambos sitios, y para el Sitio Paso del Muerto solamente el tratamiento 100-100 con super simple.

Además para productores sin restricciones económicas, se definió el tratamiento 100-150 con super simple para ambos sitios experimentales.

Se recomienda que se continúe el estudio de la roca fosfórica como una alternativa de fertilizante fosfatado en estos suelos debido a las perspectivas económicas y agronómicas que presenta.



BIBLIOGRAFIA IX

- 1.-ADAN-G.J. 1980.-Caracterización química, mineralogía y evaluación agronómica de roca fosfórica de diferentes depositos. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 2.-BAUS P.J. 1980.-Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la dinámica del fósforo en un suelo de Ando. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 3.-BOUL S.W., F.D. HOLE, R.J. McCracken 1981.-Génesis y Clasificación de suelos Editorial Trillas 1ª Edición. México. D.F.
- 4.- BOWER C.A. AND L.V. WILCOX. 1965.- SOLUBLE SALTS IN C.A. BLACK (ed). Methods of soil analysis. Part.2. American Society of Agronomy Madison Wisconsin Agronomy 9.
- 5.-BRAY R.H. AND L.T. KURTZ 1945.- Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil. Sci. 5.9.
- 6.-BREMNER J.M. 1965.-Total Nitrogen IN C.A. Black (ed) Method of soil analysis. Part 2. American Society
- 7.- CAJUSTE L.J. 1977.-Química de suelos como un enfoque agrícola. Rama de Suelos. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- 8.-DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 1974.- 6ª Edición en español. Editorial Limusa. México.
- 9.- DEPARTAMENTO DE SUELOS DE ENIA 1970.-Análisis de suelos: parámetros de clasificación. Documento de archivo, Plan Tarasco. Pátzcuaro, Mich. México
- 10.-DOCUMENTOS DE ARCHIVO DEL PLAN TARASCO 1984.-Estudio Socioeconomico del Plan Tarasco. Pátzcuaro. Mich.
- 11.-DUCHAFOUR P. 1977.-Edafología 1ª Edición. Editorial Toray-Mason, Barcelona, España.
- 12.-EGAWA T. 1980.- Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas IN y Ishizuka y C.A. Black (ed) Suelos derivados de cenizas volcanicas en Japón. CIMMYT 1980.
- 13.- ESPARZA S.J.R. 1985.- Generación de Tecnología de producción para el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal en la parte este della Mixteca alta oaxaqueña. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. México.
- 14.-ETCHEVERS D.J., R. NUÑEZ, I? MONTES Y A TRINIDAD 1986. Investigación agronómica con roca fosfórica en México. serie Cuadernos de Edafología. (Sin pue

blicar) Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

15.-FASSBENDER H.W. 1982.-Químicas de suelos con énfasis en suelos de América latina. 3ª reimposición. Editorial IICA. San José. Costa Rica.

16.-FIELDES M. Y G.G. CLARIDGE 1975.-Inorganic componenets IN E.J. Giesekian Inorganic Componenet. Editorial Springe. Verlag New York.

17.-GARCIA E. 1973.-Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía UNAM México.

18.-GUANOS Y FERTILIZANTES 1973.-Boletín de Informacion no. 28 México, D.F.

19.-GUERRERO M.S. 1984.-El levantamiento fisiográfico y sus composición en la tecnología de producción de maíz en el Noreste de la Sierra Tarasca. Tesis de ingeniero agronomo UACH. México.

20.- GUTIERREZ R.E. 1976.- Efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo de Ando. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

21.-KARDOS L.T. 1964.-Soil fixtation of plant nutrients IN, F.E. Bear (ed) -- Chemistri of soil.

22.-REYES C.P. 1980. Bivestadística aplicada. Agronomía, biología, química. -- 1ª Edición. Editorial Trillas. México.

23.- RZEDOWSKY J. 1978.- Vegetación de México. Editorial Limusa. México.

24.-SHOYI S.Y., I. FUJIWARA, I.YAMADA Y M. SAIGUSA 1982. Chemistri and day minerology onf ando soils, brown forest and podsolic soil formed from necet Towada ashes north eastrn Japa. Soil. science 82-6986.

25.-TANAKA A. 1980.-Problemas nutricionales y el suelo de fertilizantes IN y Ishizuka y C.A. Black (ed) Suelos derivados de cenizas volcanicas en Japón. CIMMYT 1980. México.

26.- TISDALE S.L. y W.L. NELSON 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes 1ª Edición. Editorial Montamer y Simosn. S.A. Barcelona. España.

27.-TRINIDAD S.A. , G. MORFIN y R. NUÑEZ 1980.-Evaluación de la roca fosfórica como fertilizqnte en el cultivo de maíz en los andosoles de la Sierrra Tarasca. Avances en la enseñanza y la investigación. Colegio de Postgraduados. Chapinog. México.

28.-TURRENT F.A. 1978.- Uso de la matriz para la optimización de cinco a ocho factores controlables; escritos sobre la metodología de investigación en productividad por agrosistemas. Rama de suelos. Colegio de Postgraduados. México.

29.-VOLKE H.V. 1982.-Optimización de insumos en la producción en la agricultura. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, México.