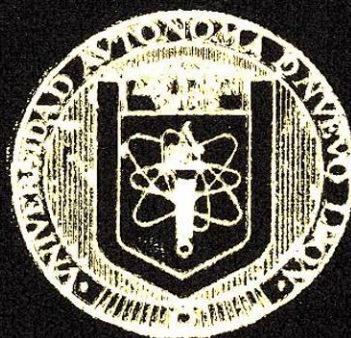


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**CORRELACION Y CALIBRACION DE DIFERENTES METODOS
QUIMICOS PARA DETERMINAR FOSFORO APROVECHABLE
PARA LOS SUELOS DEL NORTE DE NUEVO LEON.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA**

RAUL LOPEZ GONZALEZ

MARIN, N. L.

ENERO DE 1992

F
S593
L66
C.1



1080062119

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



CORRELACION Y CALIBRACION DE DIFERENTES METODOS
QUIMICOS PARA DETERMINAR FOSFORO APROVECHABLE
PARA LOS SUELOS DEL NORTE DE NUEVO LEON.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

RAUL LOPEZ GONZALEZ

MARIN, N. L.

ENERO DE 1992

10939m

T
S 593
L 66

040631
FA2
1992
C.5



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. tesis



BURAU Rangel Files
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

CORRELACION Y CALIBRACION DE DIFE-
RENTES METODOS QUIMICOS PARA DETER-
MINAR FOSFORO APROVECHABLE PARA --
LOS SUELOS DEL NORTE DE NUEVO LEON.

TESIS
QUE COMO OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA EL PASANTE
R A U L L O P E Z G O N Z A L E Z

MARIN, N. L.

ENERO DE 1992.

A MIS PADRES:

Sr. Feliciano López Gutiérrez
Sra. Micaela González de López

Con cariño y respeto por el apoyo
y la paciencia que me brindaron
durante el desarrollo de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Ramón
Guillermo
Manuel
Félix
Alicia
Hermenegilda
Javier

Por su apoyo y ayuda cuando
los necesité.

A MI ESPOSA MERCEDES Y

A MIS HIJOS RAUL Y RUBEN:

Por su gran amor el que me-
ha impulsado para alcanzar -
una meta más en mi vida.

A TODOS MIS FAMILIARES.

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

A MIS ASESORES:

ING. M. C. CECILIO ESCAREÑO RODRIGUEZ.
Por su gran apoyo y orientación para la
realización de este trabajo.

ING. M.S. GILDARDO CARMONA RUIZ.
Por sus valiosos consejos y ayuda desinteresada,
así como, por la revisión que hizo a este trabajo.

AL LABORATORIO DE SUELOS DE LA F.A.U.A.N.L.
Por las facilidades prestadas para la realización
de este trabajo.

A LA Q.F.B. BLANCA A. HERNANDEZ DE E.
AL TECNICO ROBERTO MIRELES.
Porque me brindaron su experiencia y su amistad
durante el desarrollo de este trabajo.

AL INSTITUTO MEXICANO DEL CAFE
Delegación Regional: Puebla-Huastecas.

A LA SECCION No.7 DEL SINDICATO NACIONAL DE TRABAJADORES
DEL INSTITUTO MEXICANO DEL CAFE.

A todos mis amigos y
compañeros que me --
ayudaron dentro de -
sus limitaciones.

I N D I C E

PAGINA

Introducción.....	1
Literatura Revisada.....	3
Materiales y Métodos.....	8
Resultados y Discusión.....	23
Conclusiones.....	36
Resumen.....	38
Bibliografía Consultada.....	40

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA No.		PAGINA
1	Características químicas y físicas de las muestras de suelo en estudio, de 11 diferentes localidades del norte del Estado - de Nuevo León.....	10
2	Cantidades de agua en gramos para llevar los 2,400 gr. de suelo en cada muestra a su capacidad de campo.....	12
3	Peso de las macetas en gramos de cada - muestra de suelo tomando en cuenta la - maceta, el suelo y el agua.....	14
4	Rendimiento del cultivo del maíz en base a peso seco expresado en gramos/maceta. (Promedio de tres repeticiones).....	24
5	Rendimiento del cultivo del maíz y fósforo aprovechable en los suelos extraído - por los métodos químicos en estudio.....	29
FIGURA No.		
1	Localización de los sitios muestreados en la zona norte del Estado de Nuevo León...	9
2	Distribución física del experimento en el invernadero de la F.A.U.A.N.L., en Marín, N. L. Abril 1983.....	15
3	Curva de calibración para el método químico Olsen original.....	20

FIGURA No.		PAGINA
4	Curva de calibración para el método químico Olsen modificado.....	20
5	Curva de calibración para el método químico Bray 1.....	21
	Respuestas de las 11 muestras de suelo a los tratamientos de fósforo aplicados.....	25
6	Muestra No. 1	
7	Muestra No. 2	
8	Muestra No. 3	
9	Muestra No. 4	
10	Muestra No. 5.....	26
11	Muestra No. 6	
12	Muestra No. 7	
13	Muestra No. 8	
14	Muestra No. 9.....	27
15	Muestra No. 10	
16	Muestra No. 11	
17	Nivel crítico del P aprovechable determinado por el método Olsen original.....	31
18	Nivel crítico del P aprovechable determinado por el método Olsen modificado.....	32
19	Nivel crítico del P aprovechable determinado por el método Bray 1.....	33

FIGURA No.		PAGINA
20	Correlación entre el rendimiento relativo del maíz y el fósforo aprovechable determinado por el método químico Olsen modificado.....	34
21	Correlación entre el rendimiento relativo del maíz y el fósforo aprovechable del --suelo determinado por el método químico --Olsen original.....	34
22	Correlación entre el rendimiento relativo del maíz y el fósforo aprovechable del --suelo determinado por el método químico --Bray 1.....	35

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

En vista de la importancia que tiene la fertilización -- fosfatada en el rendimiento de los cultivos y el aumento cong tante de valor de los fertilizantes fosfóricos, además de que no existen en la actualidad recomendaciones de fertilización adecuada dado que provienen de datos obtenidos en experimen-- tos efectuados en otras regiones, debe correlacionarse con -- las experiencias obtenidas en las zonas de interés para una -- mejor utilización, ya que los suelos difieren en sus caracte-- rísticas físicas y químicas, además de las condiciones climá-- ticas que son factores determinantes en el incremento de la -- producción.

En el Estado de Nuevo León se cuenta predominantemente -- con suelos de pH alcalino debido al clima árido, esto ocasio-- na la fijación del fósforo o transformación del fósforo a for mas insolubles; debido a lo anterior se tienen que realizar -- fuertes aplicaciones de fósforo para obtener una respuesta -- aceptable por parte de las plantas respecto a este elemento.

Los análisis químicos del suelo, se han venido simplifi-- cando hasta llegar a las llamadas pruebas químicas rápidas, -- que permiten en corto tiempo caracterizar algunas propiedades físicas y químicas de los suelos; las cuales pueden asociarse con los resultados obtenidos en la experimentación de inverna-- dero y/o campo, para así poder establecer su grado de correla-- ción y posteriormente ser calibrados con los resultados de la investigación en el campo, a fin de establecer límites de res-- puesta de un cultivo, los cuales, además de ser parte de la -- información requerida para las recomendaciones de fertiliza--

ción, sirven para predecir deficiencias nutricionales.

Los estudios de correlación y calibración de métodos químicos para determinar fósforo aprovechable en el suelo se han llevado a cabo en diversas zonas del país, principalmente en la zona central, otros estudios se han realizado en el Noroeste de México; también se tiene conocimiento de estudios elaborados en el Estado de Coahuila, y probablemente en otros Estados, pero en el Estado de Nuevo León y particularmente para la zona de influencia de la F.A.U.A.N.L. actualmente no se tienen informes de algún estudio de esta naturaleza.

El objetivo que se persigue con esta clase de estudios es lograr una mayor precisión en las recomendaciones que se hacen para la aplicación de fertilizantes.

Por todo lo anteriormente citado, se consideró que era necesario efectuar un estudio de correlación y calibración de diferentes métodos químicos para determinar fósforo aprovechable en el suelo, para la zona de influencia de la F.A.U.A.N.L. persiguiendo los siguientes objetivos:

- 1.- Seleccionar el método químico de determinación de fósforo aprovechable más adecuado para los suelos del Norte de Nuevo León.
- 2.- Obtener el "nivel crítico de respuesta" de cada uno de los métodos bajo estudio y especialmente el del método seleccionado.
- 3.- Obtener información para posteriores investigaciones.

LITERATURA REVISADA

Laird, R.J. (1977), menciona que la mayoría de los laboratorios de servicio para análisis de suelos en México carecen de encargados con basta experiencia agronómica. Por lo tanto, a menudo sus decisiones se han basado sobre -- "cuanto" fertilizante debe aplicarse según recomendaciones pu**bl**icadas para otras regiones, muchas de éstas con poca similitud con la región de interés. Por lo que respecta a la defini**ci**ón de las categorías de niveles de nutrimentos no se han -- basado en estudios de calibración, hechos para los cultivos y suelos de la región donde se espera usar los resultados de -- los análisis.

Del alto Hernández (1978), indica que la correlación expresa; la relación que hay entre las cantidades de nutrientes analizadas en el laboratorio y la cantidad que toman las plan**tas** del suelo.

La calibración es la relación entre los valores de nu**tri**entes reportados en el laboratorio y la respuesta dada en el campo por los nutrientes incrementándolos proporcionalmente.

Cate y Nelson (1965), señalan que uno de los principales problemas en el análisis de suelo es la interpretación de los resultados obtenidos y la cual es necesaria antes de poder -- darle buen uso al método químico que se adopte. Para la cali**br**ación del análisis de suelo usan la correlación de los re**sult**ados con el aumento en rendimiento de las plantas que han sido provistas con el nutriente bajo estudio. También indican

que uno de los principales objetivos en tratar de relacionar el porcentaje de rendimiento a los valores del análisis de --suelo, es encontrar el punto de inflexión en la curva (denominada "nivel crítico" del análisis de suelo), debajo del cual la probabilidad de una respuesta económica a la adición de --fertilizantes es alta y por encima del cual la probabilidad --es baja.

Ortega, T.E. (1972), considera 4 fases de desarrollo de las pruebas químicas, primero sobre el método químico señala que deberá reunir los siguientes requisitos:

- a) La cantidad de un elemento dado, extraída por el método químico, ha de ser de acuerdo con la experiencia de campo o invernadero, Esto es, la prueba química rápida debe indicar la presencia de cantidades pequeñas de un elemento dado, en suelos que responden a la fertilización con dicho elemento bajo condiciones de campo; y asimismo, debe indicar la presencia de cantidades grandes, en suelos que no presenten respuesta a dicha fertilización.
- b) La cantidad de nutrimento extraído deberá ser medida con exactitud y rapidez.

La calibración y la correlación de una prueba química deberá hacerse relacionando; a) el incremento en el rendimiento obtenido en el campo por la adición de un nutrimento dado, y b) la cantidad de ese elemento obtenida por la prueba química en el laboratorio, en una muestra del suelo o de la planta de la misma área.

Para efectuar trabajos de correlación y calibración es--

tos deberán hacerse en el invernadero y en el campo. Para esto, bastará con seleccionar suelos representativos de las condiciones variables de fertilidad (desde bajo hasta alto contenido del elemento en estudio).

Los datos de Chang y Juo (1963) citados por Khasawneh, Sample y Kamprath (1980), indican que la proporción de varias formas del P presente en el suelo influyen en la correlación entre el P extraído por un método conocido y la forma del P en el suelo. Generalmente se ha dicho que las soluciones ácidas y el NH_4F preferentemente extraen Al-P y las soluciones alcalinas extraen de preferencia Ca-P.

Según Khasawneh, Sample y Kamprath (1980), las soluciones usadas por Olsen (NaHCO_3) y Bray 1 (0.025 N HCl + 0.03N NH_4F) han sido estudiadas mucho más que otras soluciones extractoras. El método Olsen ha dado buenos resultados aún en amplios rangos de condiciones del suelo para la estimación de fósforo aprovechable. El método Bray 1 ha respondido favorablemente en la estimación de la aprovechabilidad del fósforo excepto en ciertos casos con suelos calcáreos.

Por otra parte Pratt y Garber (1964) citados por Khasawneh, Sample y Kamprath (1980), aseguran que los suelos con gran contenido de arcilla y óxido de Fe tienden a neutralizar la solución ácida extractora y reducen la cantidad de fósforo extraído.

Torres Bernal y Ortega (1972), relacionando el fósforo aprovechable en el suelo determinado por los métodos químicos de Bray 1 y el de Peech-Morgan con el rendimiento relativo --

del cultivo de la lechuga bajo condiciones de invernadero presentaron los coeficientes de correlación más altos (0.98 y -- 0.74) y pueden detectar con buenos resultados las deficien-- cias de fósforo asimilable en el suelo.

Mascareño y Villarreal (1972), encontraron a nivel de -- campo, al relacionar el fósforo detectado en el suelo y el -- porcentaje de rendimiento relativo del algodón que con el -- método de Olsen se obtuvo la más alta correlación ($r=0.831$) -- significativa al 1%. Por lo tanto para diagnosticar deficien-- cias de fósforo en suelos de reacción alcalina de la Comarca Lagunera, se recomienda utilizar el método de Olsen.

Rone Puello y Cajuste (1980), reportan que las cantida-- des de fósforo extraídas del suelo por el método Olsen modifi-- cado, dieron la más alta correlación con el rendimiento de ma-- teria seca ($r=0.71$), resultando ser éste altamente significa-- tivo a un nivel de probabilidad del 1%. También este método -- dió la más alta correlación entre el fósforo extraído del sue-- lo y el fósforo absorbido por la planta ($r=0.82$).

Chien, S.H. (1977), encontró que las cantidades de fósfo-- ro extraíble por el método Bray 1 en el suelo tratado con ro-- cas fosfóricas, antes y después de la incubación, correlacio-- naron muy bien ($r=0.97$) con el fósforo soluble en citrato de la roca fosfórica.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren clara-- mente que el fósforo extraído por Bray 1 de los suelos ácidos tratados con rocas fosfóricas es parcialmente derivado de la roca fosfórica que no reaccionó, así como de los productos de

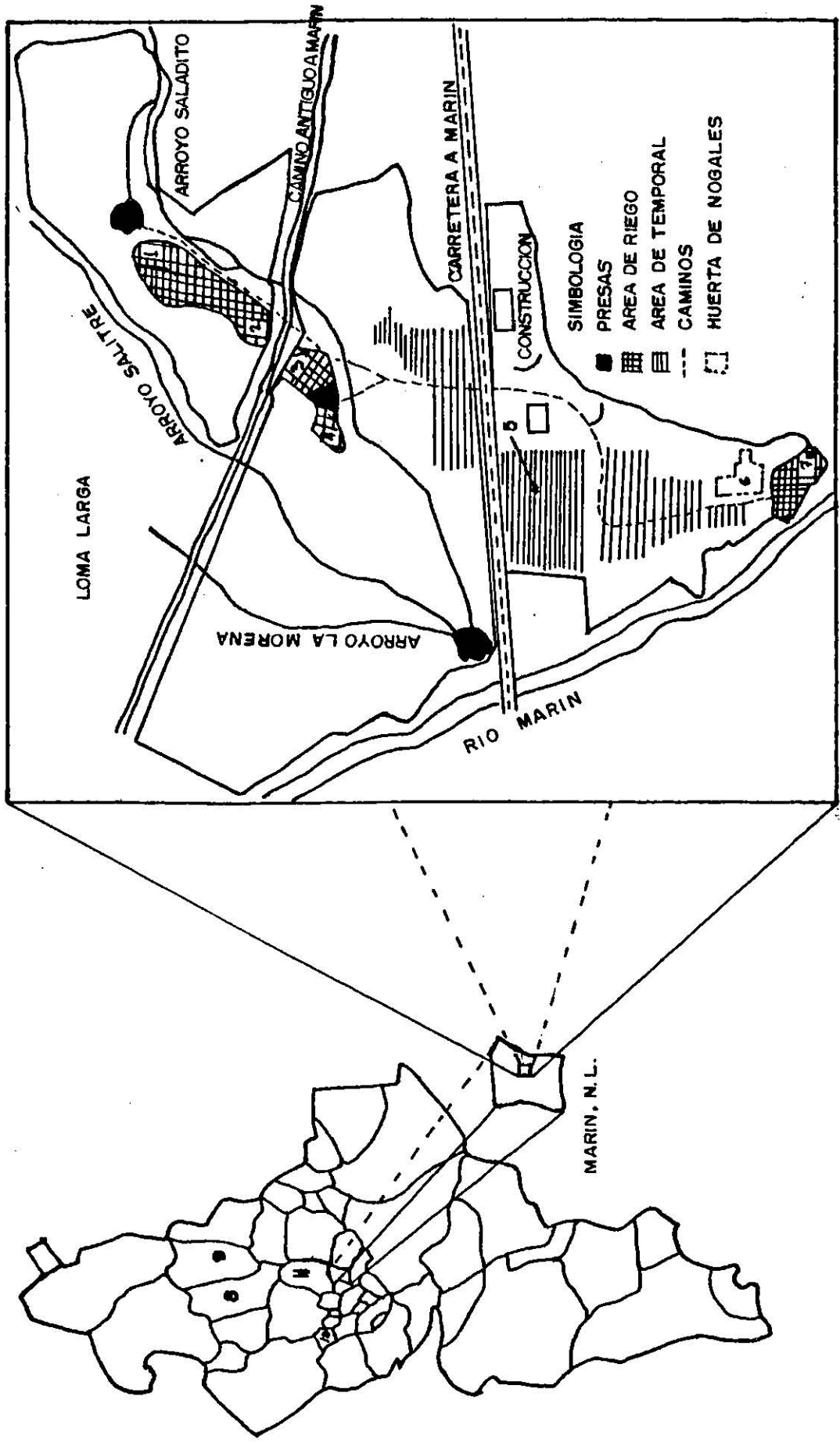
las reacciones y ambas fuentes pueden suministrar fósforo asimilables para las plantas.

Fernández y Velázquez (1981), estudiando la correlación y calibración de cinco métodos distintos para la extracción del fósforo aprovechable en el suelo, bajo condiciones de campo y de invernadero y utilizando los cultivos de maíz y sorgo forrajero respectivamente, encontraron que de los cinco métodos probados el que tuvo el mayor coeficiente de correlación fué el método Bray 1 (0.79) para nivel de campo en 1980, para nivel de invernadero fué de (0.79) para 1979 y de (0.74) para 1980.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en dos fases: la primera se efectuó en el invernadero del campo agrícola experimental de la F.A.U.A.N.L. en el Municipio de Marín, N. L., primero se recolectaron 11 muestras de suelo, de las cuales 7 corresponden al campo agrícola de la F.A.U.A.N.L. y las 4 restantes de sitios localizados en los Municipios de Hidalgo, Sabinas Hidalgo, Vallecillo e Higueras, N. L. No se utilizó un criterio específico para la selección de los sitios muestreados; realizándose la colecta al azar y procurando que los sitios muestreados estuvieran en la zona norte del Estado. Unicamente se muestreó a una profundidad de 0-30 cm., utilizando bolsas de plástico, costales, etiquetas, pala y una cinta métrica. En la fig. No. 1 se muestran los sitios en los que se realizó el muestreo de suelo.

Enseguida se procedió a secar las muestras de suelo al aire libre, para después tamizarlas, utilizando un tamiz de 2 mm; después se determinaron las siguientes características químicas y físicas de los suelos. El porcentaje de carbonato de calcio se evaluó por el método 23 C contenido en el manual No. 60 (Richards, 1973). El pH se determinó en una suspensión de agua y suelo con una relación de 2:1, mediante un potenciómetro photovolt modelo 115. La materia orgánica se determinó por el método de combustión húmeda de Walkley y Black. La textura se determinó por el método del hidrómetro descrito por Bouyoucos, 1951. La capacidad de intercambio catiónico se determinó mediante el método del acetato de amonio. En la Tabla No. 1 se presentan los resultados obtenidos de estas determinaciones.



CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL DE LA FA. U. A. N. L.

FIG. N.º 1 LOCALIZACION DE LOS SITIOS MUESTREADOS EN LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE NUEVO LEON

TABLA No. 1 Características químicas y físicas de las muestras de suelo en estudio, de 11 diferentes localidades del norte del Estado de Nuevo León.

No. DE MUESTRA	LOCALIDAD DE LA MUESTRA	pH	M.O. (%)	CaCO ₃ (%) ³	T E X T U R A			CLASIFICACION AGRONOMICA		C.I.C. m.e/100 gr.
					ARENA(%)	LIMO(%)	ARCILLA(%)			
1	Presa Grande Marín, N.L.	7.7	1.10	24.50	11.72	28.72	59.56	Arcilloso	23.0	
2	Presa Grande Marín, N.L.	7.9	1.38	24.70	17.72	36.72	45.56	Arcilloso	25.0	
3	Presa Chica Marín, N.L.	7.7	2.90	24.70	17.72	38.72	43.56	Arcillo limoso	20.0	
4	Presa Chica Marín, N.L.	7.4	2.55	24.60	11.72	32.72	55.56	Arcilloso	19.0	
5	Temporal Marín, N.L.	7.6	1.10	24.60	15.72	36.72	47.56	Arcilloso	24.8	
6	Nogales Marín, N.L.	7.2	0.55	24.70	15.72	40.72	43.56	Arcillo limoso	29.5	
7	Ancón Río Marín, N.L.	7.7	1.24	22.60	33.72	52.72	13.56	Migajón limoso	10.0	
8	Sabinas Hidalgo, N.L.	8.0	1.79	24.70	15.72	34.72	49.56	Arcilloso	23.5	
9	Vallecillo, N.L.	8.1	0.69	24.60	21.72	30.72	47.56	Arcilloso	14.5	
10	Hidalgo, N.L.	7.6	1.03	24.40	9.72	36.72	53.56	Arcilloso	24.0	
11	Higueras, N.L.	7.6	2.35	24.70	47.72	22.72	29.56	Migajón Arcilloso Arenoso	24.5	

Para el establecimiento del experimento en el invernadero, se utilizaron macetas de plástico, a las que se les tapó las aberturas que tienen en la base, para evitar perder suelo y fertilizante mezclado con el agua al momento del riego. Enseguida se llenaron las macetas con 2.4 Kg. de suelo previamente secado y tamizado. El total de macetas utilizadas fué de 132, correspondiendo 12 macetas para cada muestra del suelo.

El diseño utilizado fué el de completamente al azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos de fósforo aplicado al suelo fueron los siguientes:

T1 = 0 p.p.m. de P

T2 = 50 p.p.m. de P

T3 = 100 p.p.m. de P

T4 = 150 p.p.m. de P

Para aplicar estas dosis se usó como fertilizante fosforado el superfosfato de calcio triple, material granulado con 46% de P_2O_5 (gránulos de 0.5 a 1 mm de diámetro). Se obtuvieron los equivalentes de cada tratamiento en gramos de S.F.T. por maceta. Las macetas se sembraron con maíz (Zea mays L) - H-415, para observar la respuesta del cultivo a los diferentes tratamientos aplicados.

Se utilizó agua destilada para los riegos necesarios, cuidando que no faltara agua para el buen desarrollo del cultivo, trayendo como consecuencia una buena solubilización del fertilizante fosforado. Al momento de asignar el tratamiento correspondiente a cada maceta se procedió de la siguiente manera: primero se sacó una capa de suelo de 5 cm de grosor de

la superficie, después se procedió a la aplicación del fertilizante con la capa de suelo que se había obtenido anteriormente, a continuación se sembró depositando 4 semillas por maceta a una profundidad de 3 cm., enseguida se aplicó el primer riego tomando en cuenta la capacidad de campo de cada muestra de suelo, esta se determinó por medio del método de las columnas de suelo (Pulido y del Valle, 1979). Enseguida se calculó el agua necesaria para llevar a capacidad de campo cada una de las muestras de suelo obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla No. 2.

TABLA No. 2 Cantidades de agua en gr para llevar los 2,400 gr de suelo en cada muestra a su capacidad de campo.

MUESTRA DE SUELO No.	C.C. (%)	AGUA NECESARIA PARA LLEGAR A C.C. (gr.)
1	25.82	619.68
2	31.40	753.60
3	27.79	666.96
4	27.37	656.88
5	24.36	584.64
6	28.73	689.52
7	13.31	319.44
8	24.76	594.24
9	23.83	571.92
10	24.80	595.20
11	24.74	593.76

También se obtuvo el P.M.P. de cada suelo muestreado, es

te se determinó tomando en cuenta que:

$$P.M.P. = \frac{C.C.}{1.84}$$

Enseguida se obtuvo la humedad disponible para cada muestra de suelo mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ H.D.} = C.C. - P.M.P.$$

donde: % H.D. = porcentaje de humedad disponible

C.C. = capacidad de campo de la muestra de suelo.

P.M.P. = punto de marchitamiento permanente.

Utilizando el porcentaje de humedad a C.C. se calculó el porcentaje de humedad con un 50% de abatimiento, ya que este nivel fué elegido para aplicar los riegos, estos se efectuaron de la siguiente manera: primero se obtuvo el peso total de la maceta con el suelo más los gramos de agua necesarios para llegar a capacidad de campo de cada muestra de suelo, el momento del riego se llegaba cuando se abatía el nivel de humedad disponible en un 50%, esto se observó al pesar 3 macetas de cada muestra de suelo, se pesaron las macetas que presentaban signos de falta de agua, si sus pesos correspondían a los calculados ± 10 gr al 50% de abatimiento, se procedía a aplicar el riego necesario para llegar a capacidad de campo de cada muestra, para efectuar estas operaciones se utilizó una balanza de reloj.

En la Tabla No. 3 se presenta el peso de las macetas en gr., de cada muestra de suelo tomando en cuenta la maceta, el suelo y el agua.

TABLA No. 3 Peso de las macetas en gr., de cada muestra de --
suelo tomando en cuenta la maceta, el suelo y el
agua.

MUESTRA DE SUELO No.	PESO DE LAS MACETAS (gr) A C.C. CON 50% DE ABATIMIENTO	
1	3125	2986
2	3250	3088
3	3175	3022
4	3150	3014
5	3100	2959
6	3200	3040
7	2825	2754
8	3100	2966
9	3075	2949
10	3100	2967
11	3100	2966

A los 10 días después de la siembra se realizó un aclareo dejando solo una planta de maíz por maceta.

La distribución y acomodo de las macetas en las mesas del invernadero se realizó según el croquis del experimento, este se presenta en la fig. No. 2.

En esta figura se muestra el experimento con las 11 -- muestras de suelo, cada una de estas bajo el diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

La cosecha se efectuó a los 40 días después de la siem--

FIG. N° 2 DISTRIBUCION FISICA DEL EXPERIMENTO EN EL INVERNADERO DE LA F.A.U.A.N.L EN MARIN, N.L. ABRIL 1983

	S2	S4	S6	S8	S10	
④	①	①	①	④	②	①
①	③	④	④	③	③	②
②	④	①	①	②	①	③
②	④	②	④	①	①	③
						S11
						①
						②
						③
						④
						⑤
						⑥
						⑦
						⑧
						⑨
						⑩
						S12
						①
						②
						③
						④
						⑤
						⑥
						⑦
						⑧
						⑨
						⑩

bra, cortándose toda la planta de maíz, se pesaron utilizando una balanza granataria para obtener su peso fresco, enseguida se colocaron en bolsas de papel para proceder a su secado, este se realizó utilizando una estufa en la que se mantuvieron las plantas hasta obtener su peso seco constante, a una temperatura de 70°C.

Con el fin de poder correlacionar el fósforo asimilable extraído por cada método de análisis en estudio con el rendimiento del maíz, se utilizó el concepto de Rendimiento Relativo, el cual consiste en dividir el rendimiento obtenido por el Testigo entre el rendimiento obtenido por el tratamiento de fósforo con mayor significancia, todo esto multiplicado por 100.

La segunda fase de este estudio se realizó en el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L., tomando en cuenta las características físicas y químicas previamente determinadas, así como la información con la que se contaba, se seleccionaron los siguientes métodos químicos, para determinar el P asimilable en los suelos: Olsen original, Olsen modificado y Bray 1.

Las ecuaciones para obtener el P asimilable en los suelos bajo estudio fueron las siguientes.

Para el método Olsen original:

$$\text{p.p.m. de P en el suelo} = \text{p.p.m. de P en el patron} \times \frac{50 \text{ mls}}{2.5 \text{ gr}} \times \frac{50 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} *$$

donde: 50 ml es el volúmen de la solución extractora.

2.5 son los gramos de la muestra de suelo

50 son los ml de la solución final *

10 son los ml de extracto de suelo

Para el método Olsen modificado:

$$\text{p.p.m. de P en el suelo} = \text{p.p.m. de P en el patrón} \times \frac{25 \text{ ml} \times 50 \text{ ml}}{5 \text{ ml} \times 2.5}$$

donde: 25 son los ml de la solución final.

50 ml son el volúmen de la solución extractora

2.5 son los gramos de la muestra de suelo

5 son los ml de extracto del suelo.

Para el método Bray 1:

$$\text{p.p.m. de P en el suelo} = \text{p.p.m. de P en el patrón} \times \frac{5 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} \times \frac{10 \text{ ml}}{1 \text{ gr}}$$

donde: 5 ml son los que se obtienen en la solución final.

5 ml son los que se toman del extracto de suelo *

10 ml son los que se utilizan de solución extractora

1 gr es la cantidad de suelo de la muestra.

El método Olsen original usa como solución extractora el Bicarbonato de sodio (Na HCO_3) y un tiempo de agitación de 30 minutos. Durante el desarrollo de este método se hicieron algunas transformaciones, guardando la proporción, en lugar de usar 5 gr de suelo se usaron 2.5 gr y los ml de la solución extractora se disminuyeron de 100 ml a 50 ml al tomar la alícuota del extracto de suelo se tomaron 10 ml en lugar de 5 ml y por lo tanto el aforó final se hizo a 50 ml.

Para obtener las lecturas de absorbancia se usó una longitud de onda de 660 milimicrones en el espectrofotómetro marca Spectronic 20.

Una vez que se obtuvo la curva de calibración para este método, se procedió al análisis del contenido de P aprovechable de las 11 muestras de suelo en estudio.

Durante el desarrollo del método Olsen modificado se utilizó como solución extractora el Na HCO_3 0.5M, pH 8.5 la misma que la usada en el método Olsen original (Olsen y Cole, 1954), la modificación consistió en utilizar una solución ácida de molibdato de amonio que contiene ácido ascórbico y pequeñas cantidades de antimonio. También se utilizó un espectrofotómetro con el fototubo apropiado para medir a una longitud de onda de 880 milimicrones. Después que se obtuvo la curva de calibración para este método, se procedió a determinar el fósforo aprovechable de cada una de las 11 muestras de suelo.

Para determinar el fósforo aprovechable de las muestras de suelo en estudio, por medio del método químico Bray 1 se utilizó la solución extractora, HCl 0.025N + NH_4F 0.03N midiendo la absorbancia de la muestra en un espectrofotómetro, con una longitud de onda de 660 milimicrones. Previamente se obtuvo la curva de calibración correspondiente.

Como se señaló, para cada método químico bajo estudio se construyó una curva de calibración, la que se obtuvo por medio de diferentes concentraciones conocidas de fósforo, las que variaron de una concentración menor a otra concentración mayor, esto dió por resultado que se obtuvieron lecturas ascendentes de absorbancia al leerlas en el espectrofotómetro marca Spectronic 20.

Las lecturas de las concentraciones se repitieron de 3 a 4 veces, para obtener un promedio de absorbancias las que se graficaron con las concentraciones conocidas de P, hasta obtener la curva de calibración.

Las curvas de calibración de los tres métodos químicos se presentan en las figuras No. 3, 4 y 5.

Las concentraciones conocidas están dadas en p.p.m. de P, utilizando dicha curva se transforma la absorbancia a p.p.m. de P en la muestra analizada. Para obtener la cantidad de fósforo aprovechable en el suelo, se multiplicará la cantidad de P obtenida por medio de la curva por un factor, diferente según el método químico que se esté usando.

Después de que se evaluó el rendimiento relativo, el fósforo aprovechable en el suelo, determinado por cada uno de los métodos químicos en estudio, se procedió a establecer su relación por medio de un análisis de regresión lineal simple y correlación lineal simple.

Al establecer el experimento en el invernadero se utilizó el diseño experimental completamente al azar, por lo tanto para medir la respuesta del cultivo a los tratamientos de fósforo aplicados, el modelo estadístico utilizado fué el siguiente :

$$Y_{ij} = \bar{Y} + T_i + e_{ij}$$

donde: Y_{ij} es el valor observado

\bar{Y} es la media general

T_i es el efecto del tratamiento

e_{ij} es el error aleatorio.

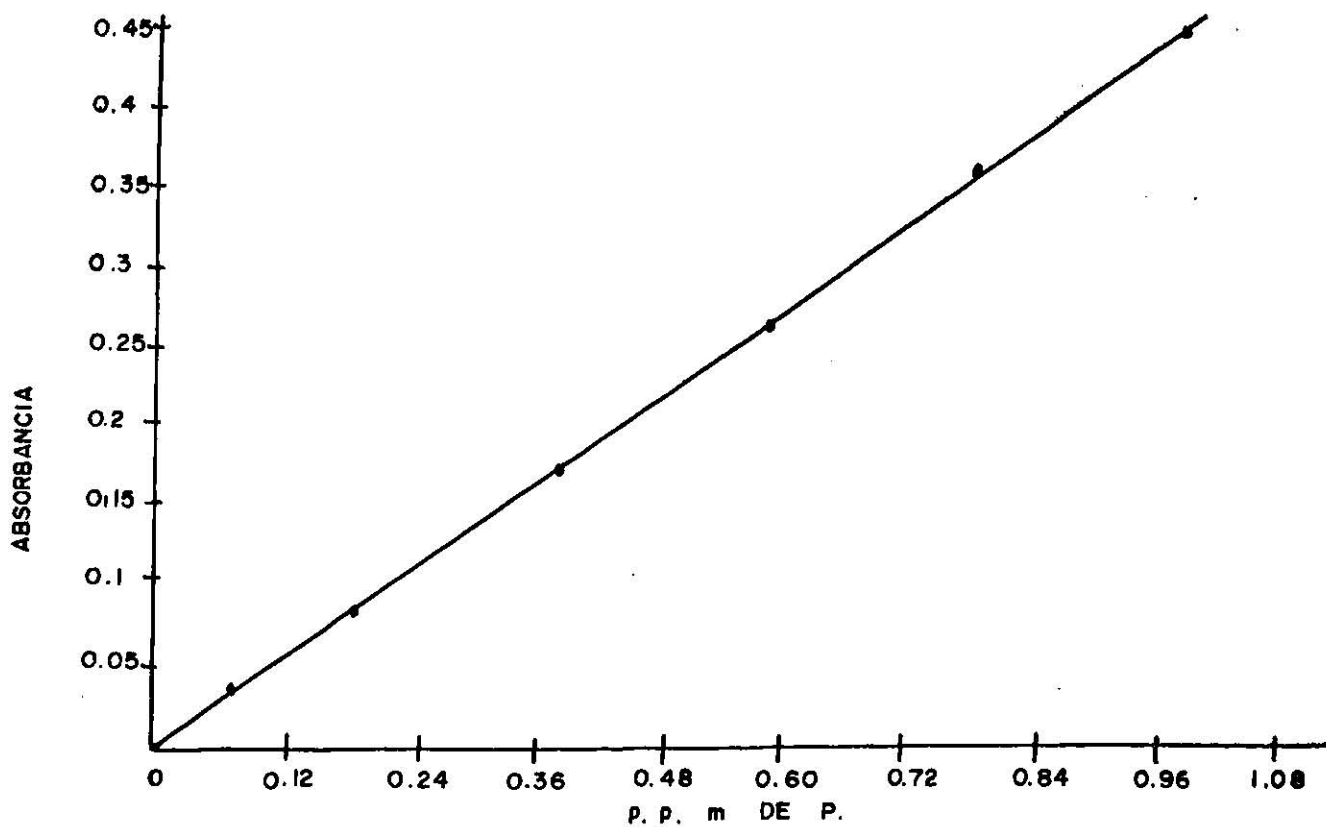


FIG. N° 3 CURVA DE CALIBRACION PARA EL METODO QUIMICO OLSEN ORIGINAL

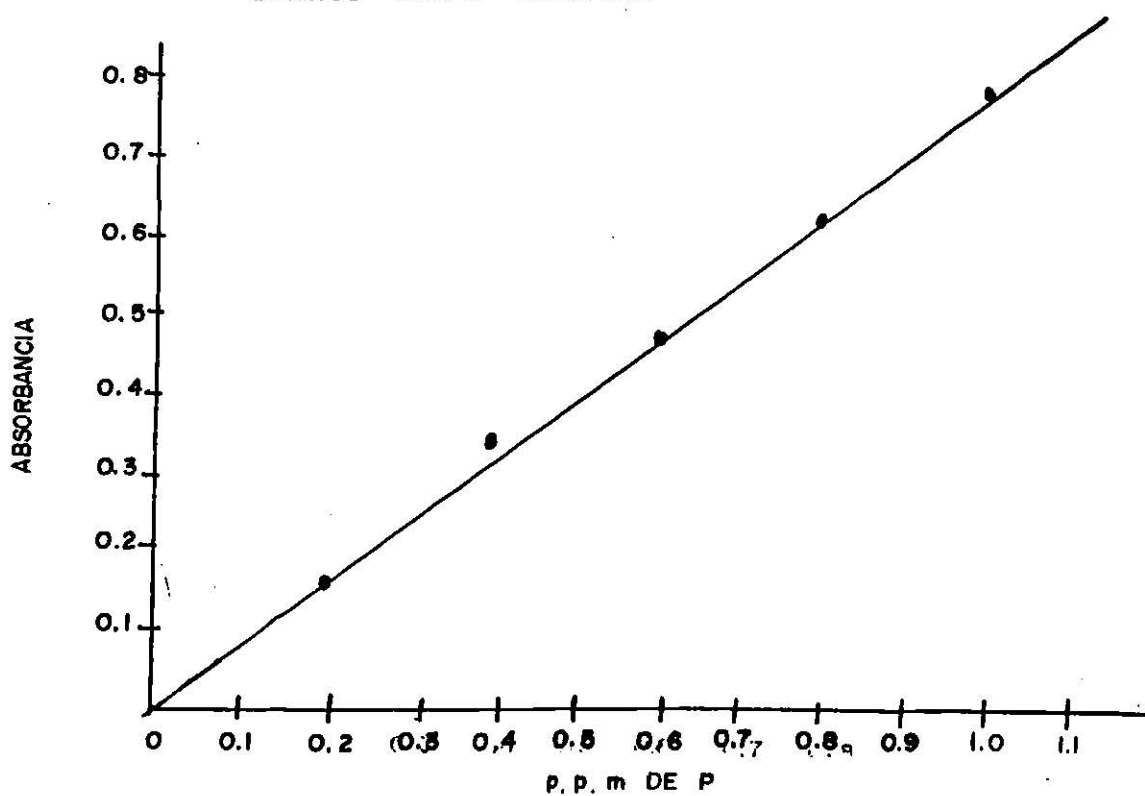


FIG. N° 4 CURVA DE CALIBRACION PARA EL METODO QUIMICO OLSEN MODIFICADO

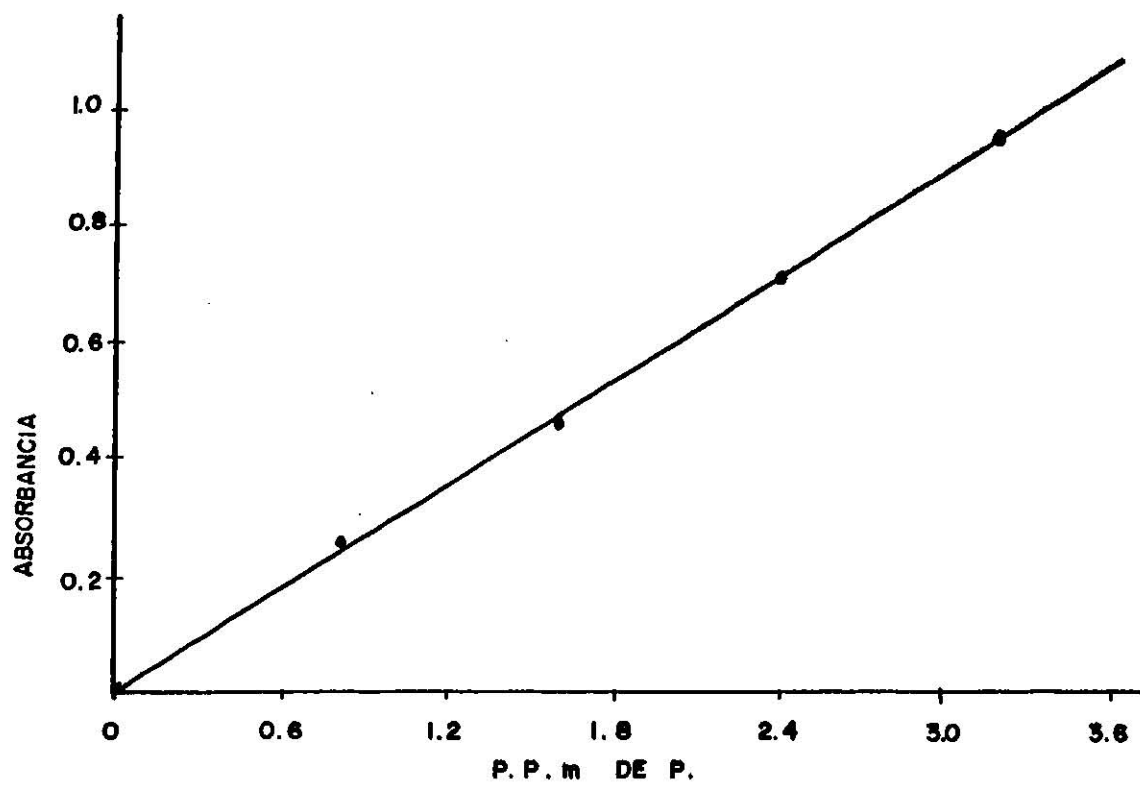


FIG. Nº 5 CURVA DE CALIBRACION PARA EL
METODO QUIMICO Bray I

La calibración de los diferentes métodos químicos se obtuvo empleando los diagramas dispersos, en los cuales se graficó en el eje Y el rendimiento relativo del cultivo empleado; en este caso fué el maíz H-415; y en el eje X se graficaron las cantidades de fósforo aprovechable en el suelo, determinadas por cada uno de los métodos químicos involucrados en el estudio, siguiendo el procedimiento descrito por Cate y Nelson (1965), se encontró el "nivel crítico" del análisis de suelo para los métodos químicos de extracción del fósforo aprovechable en el suelo: Olsen original, Olsen modificado y Bray 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla No. 1 de la página No.10 se presentaron los resultados de los análisis de las características físicas y químicas de los suelos involucrados en el estudio, se encontró que el pH varió de neutro a moderadamente alcalino (7.2 a 8.1), el porcentaje de materia orgánica estuvo contenido dentro de un rango de extremadamente pobre a medianamente rico, el contenido de Ca CO_3 resultó muy uniforme en todas las muestras analizadas obteniéndose un valor medio de 24% para todas las muestras. En cuanto a la textura estos suelos resultaron ser de textura arcillosa hasta migajón arcillo-arenoso, por lo que respecta a la capacidad de intercambio catiónico se obtuvieron cantidades desde 10 me/100 gr hasta 29.5 me/100 gr.

Los rendimientos de tres plantas de maíz de 40 días en base a su peso seco se presentan en la Tabla No. 4, en esta se puede observar la respuesta del maíz a los diferentes tratamientos de fósforo aplicados, en cada uno de los suelos estudiados se obtuvo una respuesta diferente dependiendo de las características físicas y químicas de los suelos, así como de su contenido de fósforo aprovechable, en las figuras No. 6,7, 8,9,10,11,12,13,14,15,16 se observa claramente la respuesta de las plantas de maíz a la fertilización fosfatada, pero cabe mencionar que de las 11 muestras de suelo solamente 6 muestras de suelo presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de fósforo aplicados, las muestras de suelo que no presentaron diferencias significativas fueron las siguientes: la No. 2, la No. 3, la No. 4, la No. 8 y la No. 9.

TABLA No. 4 Rendimiento de plantas de maíz en base a peso - seco expresado en gr/Maceta. (Promedio de 3 -- Repeticiones).

MUESTRA DE SUELO No.	TRATAMIENTOS DE P, EN p.p.m.			
	0	50	100	150
1	0.97	1.53	1.26	2.00
2	1.13	2.96	3.06	3.50
3	3.40	3.60	3.60	3.30
4	0.70	1.80	2.16	1.66
5	0.80	1.60	2.76	3.30
6	0.60	2.30	2.87	3.20
7	1.20	2.47	2.30	3.13
8	1.97	2.70	2.80	3.30
9	1.17	2.13	2.10	2.27
10	0.93	1.10	1.57	1.83
11	0.93	1.13	2.40	1.80

RESPUESTAS DE LAS 11 MUESTRAS DE SUELO A LOS
TRATAMIENTOS DE FOSFORO APLICADOS

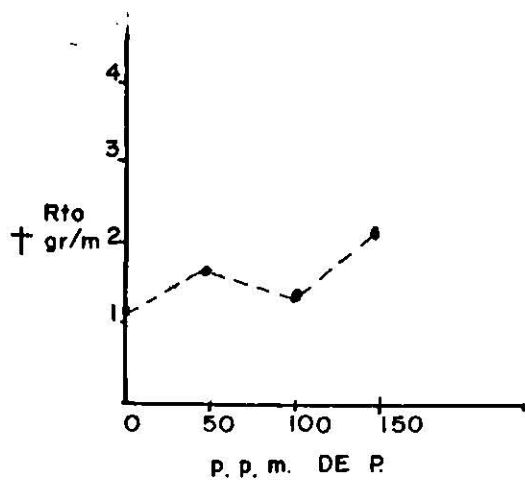


FIG. N° 6 MUESTRA N° 1

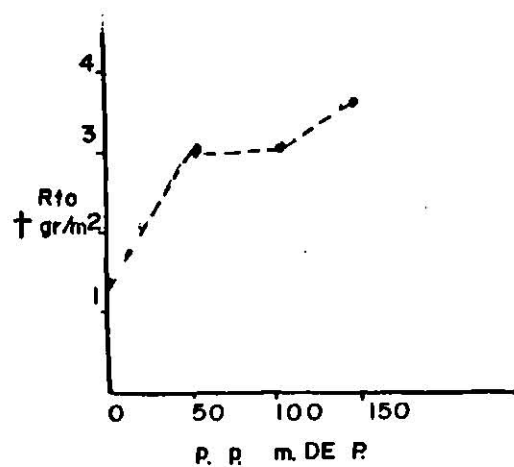


FIG. N° 7 MUESTRA N° 2

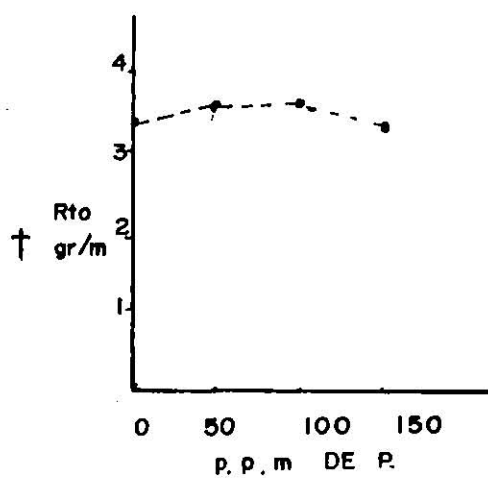


FIG. N° 8 MUESTRA N° 3

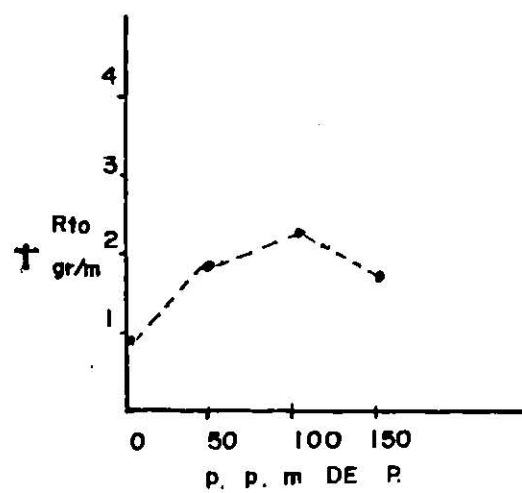


FIG. N° 9 MUESTRA N° 4

† RENDIMIENTO EN GRAMOS / MACETA

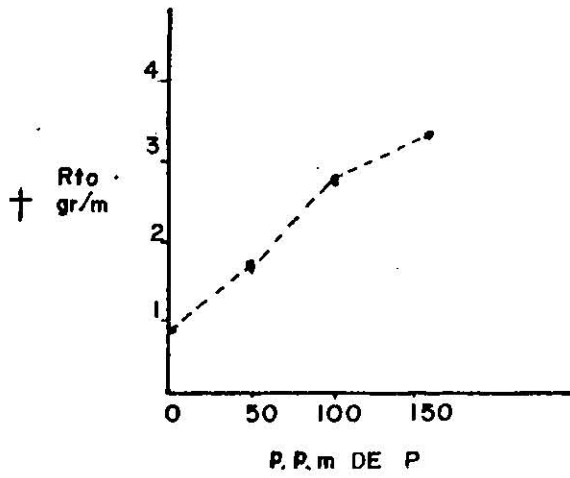


FIG. N° 10 MUESTRA N° 5

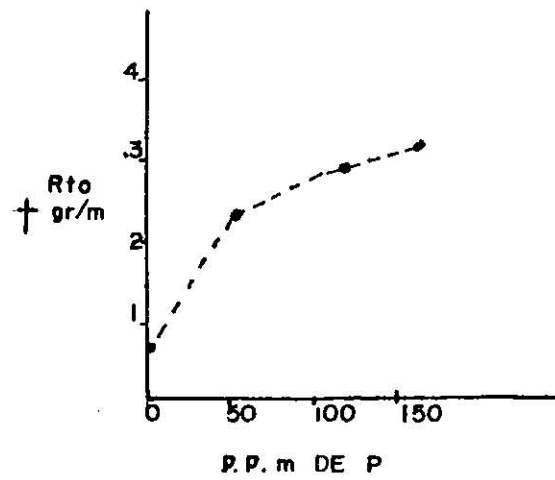


FIG. N° 11 MUESTRA N° 6

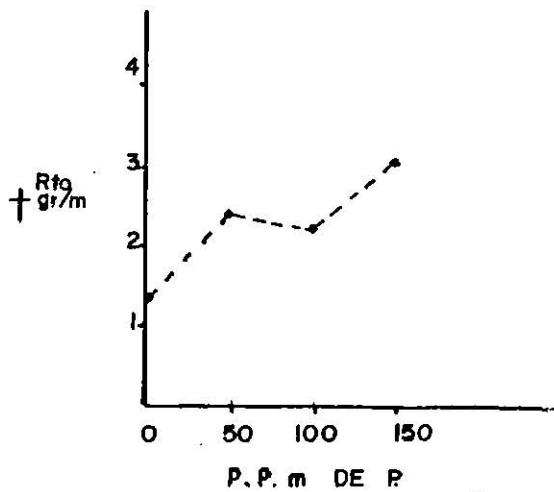


FIG. N° 12 MUESTRA N° 7

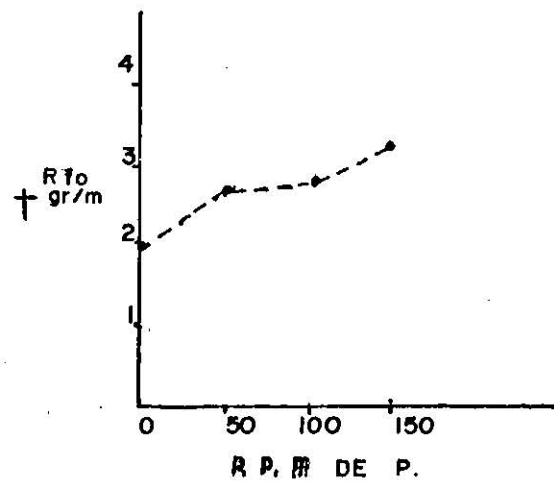


FIG. N° 13 MUESTRA N° 8

† RENDIMIENTO EN GRAMOS/MACETA

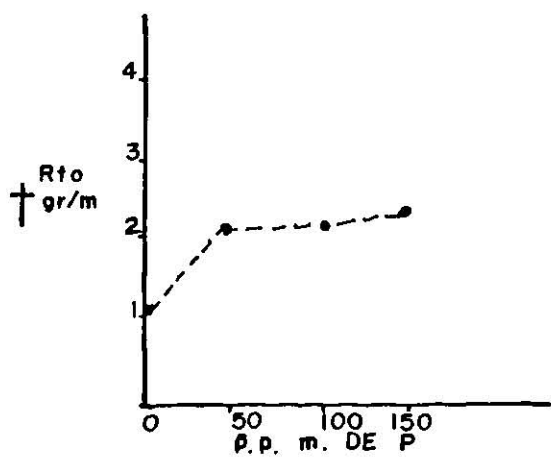


FIG. N° 14 MUESTRA N° 9

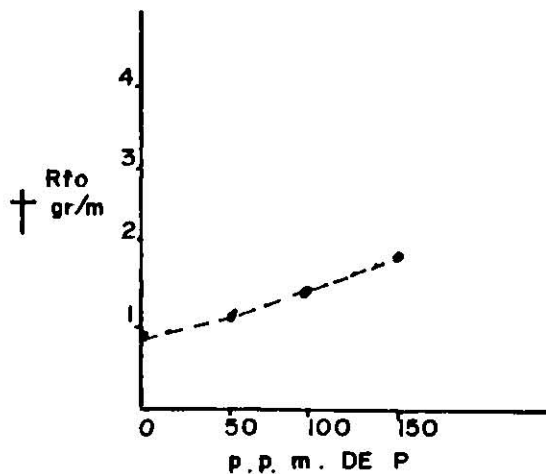


FIG. N° 15 MUESTRA N° 10

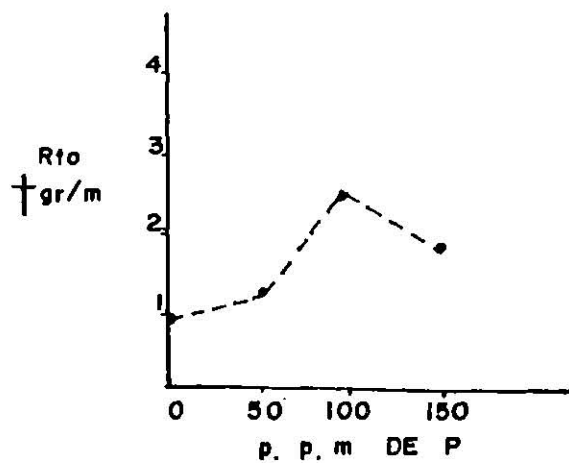


FIG. N° 16 MUESTRA N° 11

† RENDIMIENTO EN GRAMOS / MACETA

En la tabla No. 4 y en las figuras Nos. 8 y 11 se aprecia la diferencia en cuanto a la respuesta de las muestras de suelo No. 3 y No. 6 a los tratamientos de fósforo aplicados, en la muestra No. 3 se observa un ligero incremento del rendimiento al aplicar el tratamiento No. 2 a la muestra de suelo, en cambio en la muestra No. 6 se presenta un incremento del rendimiento muy considerable al ser aplicado el tratamiento No. 2 y el rendimiento siguió incrementándose conforme se aplicaban los tratamientos contemplados en este estudio.

Por lo que respecta al rendimiento relativo del maíz en los diferentes suelos, este se presenta en la Tabla No. 5 junto con las cantidades de fósforo aprovechable determinadas por los tres métodos químicos en estudio, en esta tabla también se puede observar que el rango de concentración de fósforo para el método Olsen original fue de 40.8 a 167 p.p.m. de P en el suelo, para el método Olsen modificado el rango varió de 3.5 a 101 p.p.m. de P, para el método Bray 1 el rango fluctuó de 0 a 1.45 p.p.m. de P.

En la muestra de suelo No. 3 se presenta el mayor rendimiento relativo comparativamente con las demás muestras de suelo, por el contrario en la muestra de suelo No. 6 se presenta el menor rendimiento relativo, esto se puede explicar si se observa la tabla No. 1 de la página No. 10 donde se aprecia que en la muestra de suelo No. 3 se obtuvo el mayor contenido de materia orgánica, y en la muestra de suelo No. 6 se obtuvo el menor contenido de materia orgánica en comparación con las demás muestras de suelo, lo anterior concuerda con el hecho de que en un suelo con gran contenido de materia orgánica se obtendrá un mayor rendimiento que en un suelo con un pobre contenido de materia orgánica.

TABLA No. 5 Rendimiento del Cultivo del Maiz, y P Aprovechable en los Suelos Extraído por los Métodos Químicos en Estudio.

MUESTRA DE SUELO No.	RENDIMIENTO RELATIVO.	P APROVECHABLE EN LOS SUELOS, EN OLSEN ORIGINAL	EN OLSEN MODIFICADO	EN p.p.m. BRAY 1
1	48.33	76.4	25.5	0.45
2	32.28	67.6	21.5	1.45
3	94.44	167.0	101.0	1.30
4	32.41	45.2	11.0	0.30
5	24.24	40.8	17.0	0.45
6	18.75	52.0	16.0	0.00
7	38.34	58.4	3.5	1.45
8	59.70	52.0	14.5	0.90
9	51.54	45.2	20.0	0.22
10	50.82	40.8	14.0	1.00
11	38.75	47.6	20.0	0.30

Al proceder a la calibración de los métodos químicos en estudio se obtuvieron los siguientes niveles críticos a nivel de invernadero: Olsen original (76.5 p.p.m.), Olsen modificado (25.5 p.p.m.) y Bray 1 (0.45 p.p.m.).

En las figuras Nos. 17, 18 y 19 se observan estos niveles críticos para cada método químico.

En las figuras Nos. 20, 21 y 22 se puede apreciar claramente la correlación existente entre el rendimiento relativo del maíz y el fósforo aprovechable del suelo determinado por cada uno de los métodos químicos en estudio, asimismo, se observa que los métodos químicos Olsen original y Olsen modificado -- obtuvieron los mas altos coeficientes de correlación (0.78 y - 0.79) altamente significativos a un nivel de probabilidad del 1%.

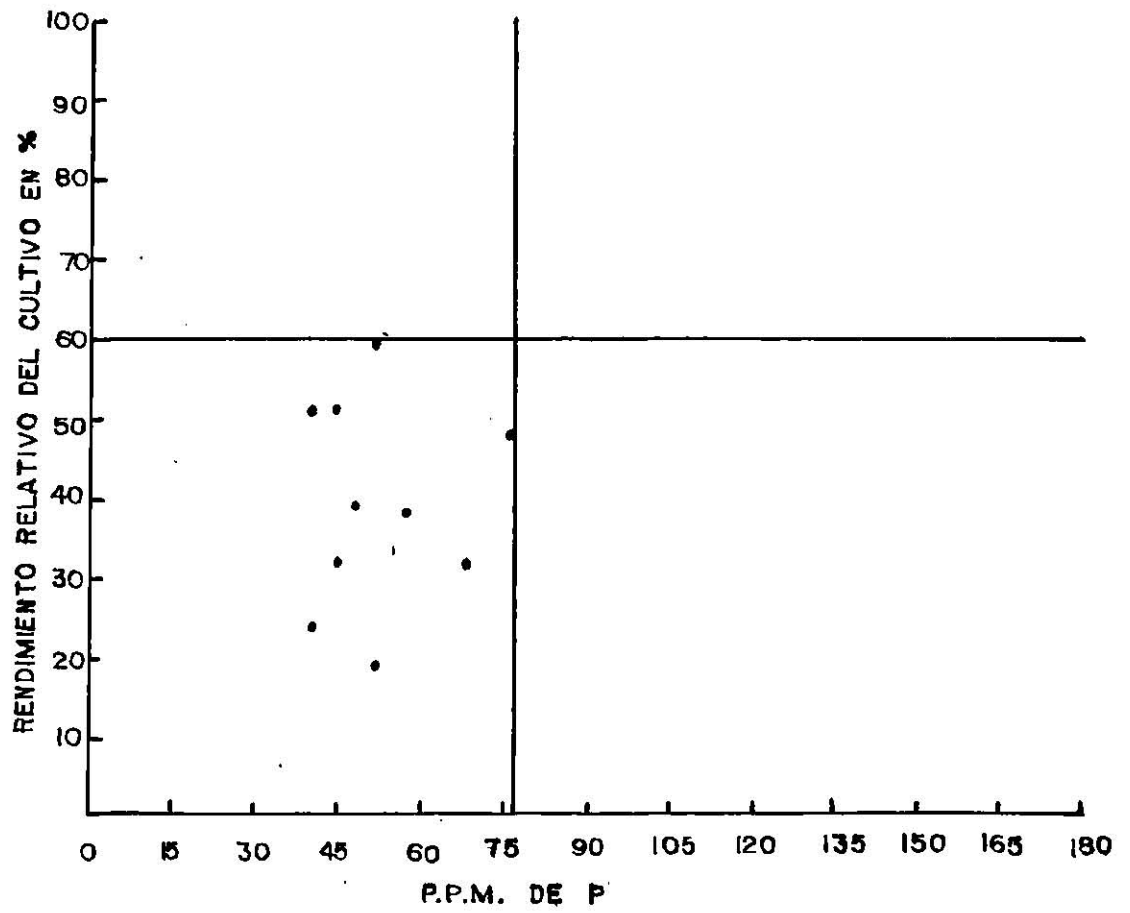


FIG. N° 17 NIVEL CRÍTICO DEL P APROVECHABLE DETERMINADO POR EL METODO OLSEN ORIGINAL

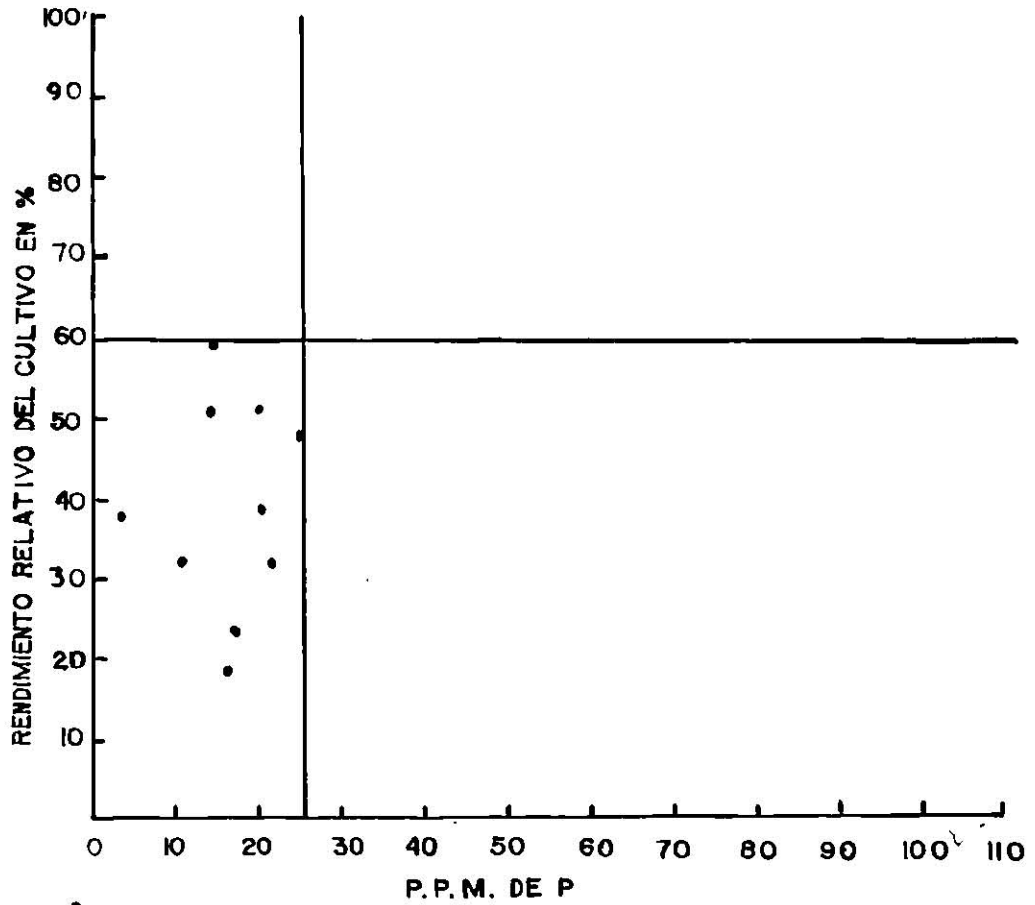


FIG. N.º 18 NIVEL CRITICO DEL P APROVECHABLE DETERMINADO POR EL METODO OLSEN MODIFICADO

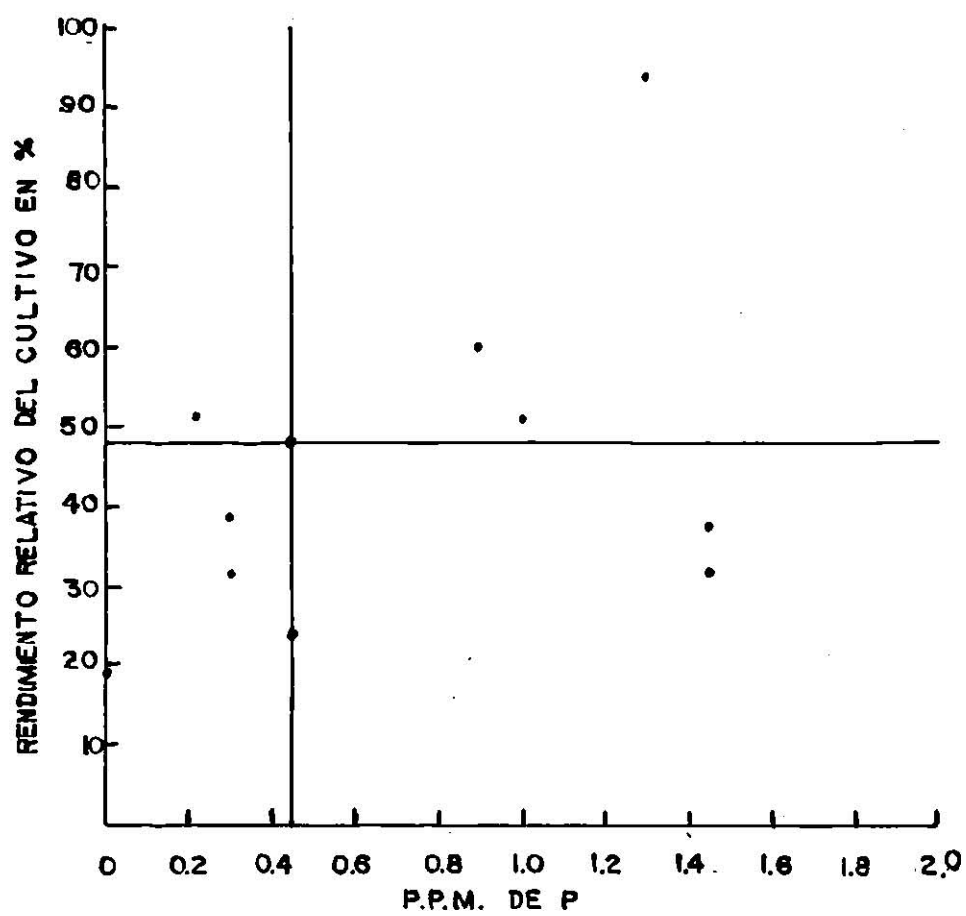


FIG. N° 19 NIVEL CRITICO DEL P APROVECHABLE DETERMINADO POR EL MÉTODO BRAY I

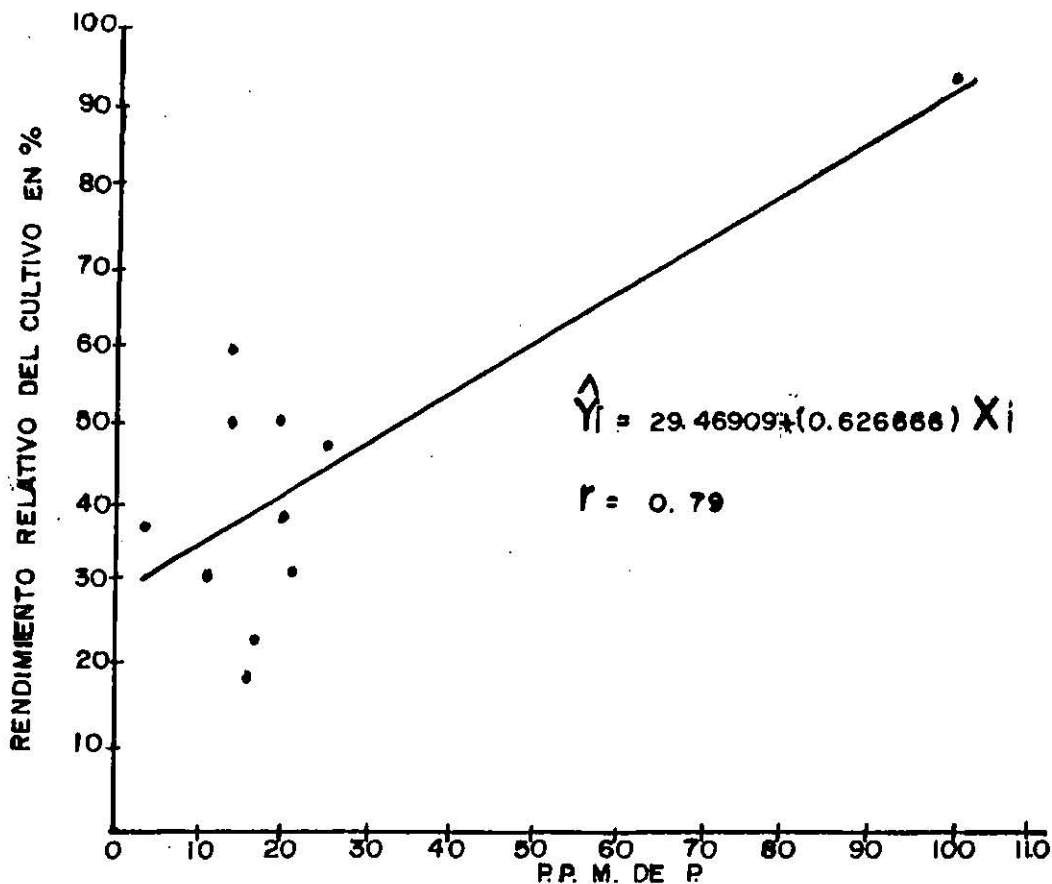


FIG. Nº 20 CORRELACION ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DEL MAIZ Y EL FOSFORO APROVECHABLE DEL SUELO DETERMINADO POR EL METODO QUIMICO OLSEN MODIFICADO

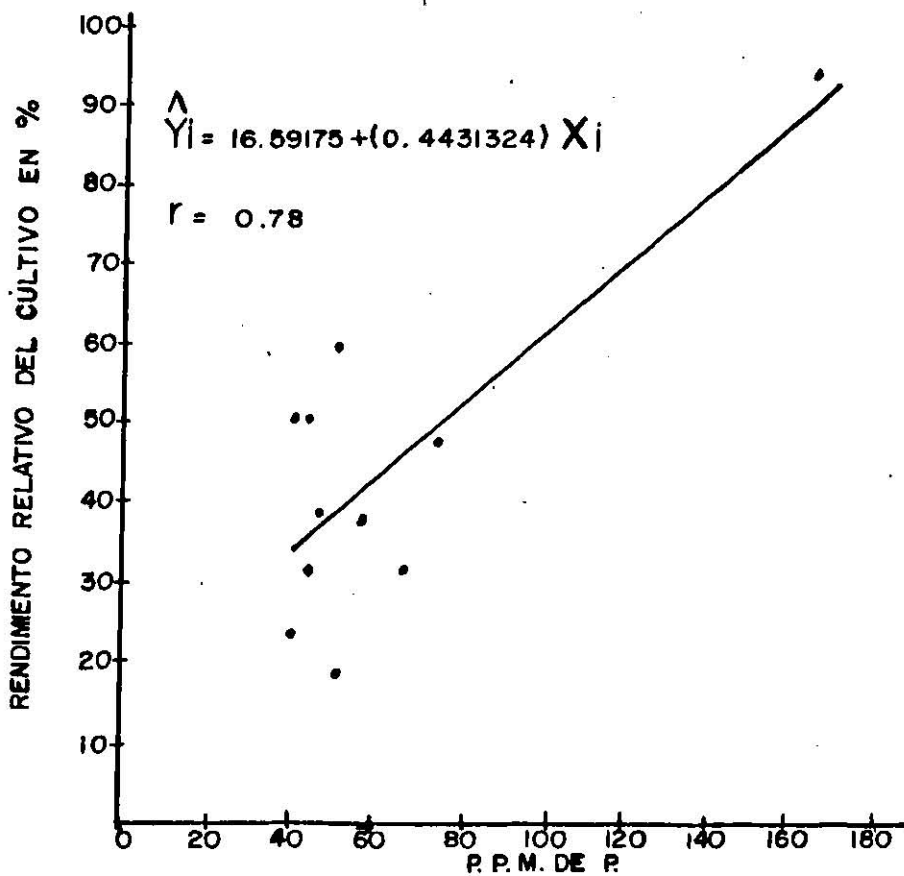


FIG. Nº 21 CORRELACION ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DEL MAIZ Y EL FOSFORO APROVECHABLE DEL SUELO DETERMINADO POR EL METODO QUIMICO OLSEN ORIGINAL

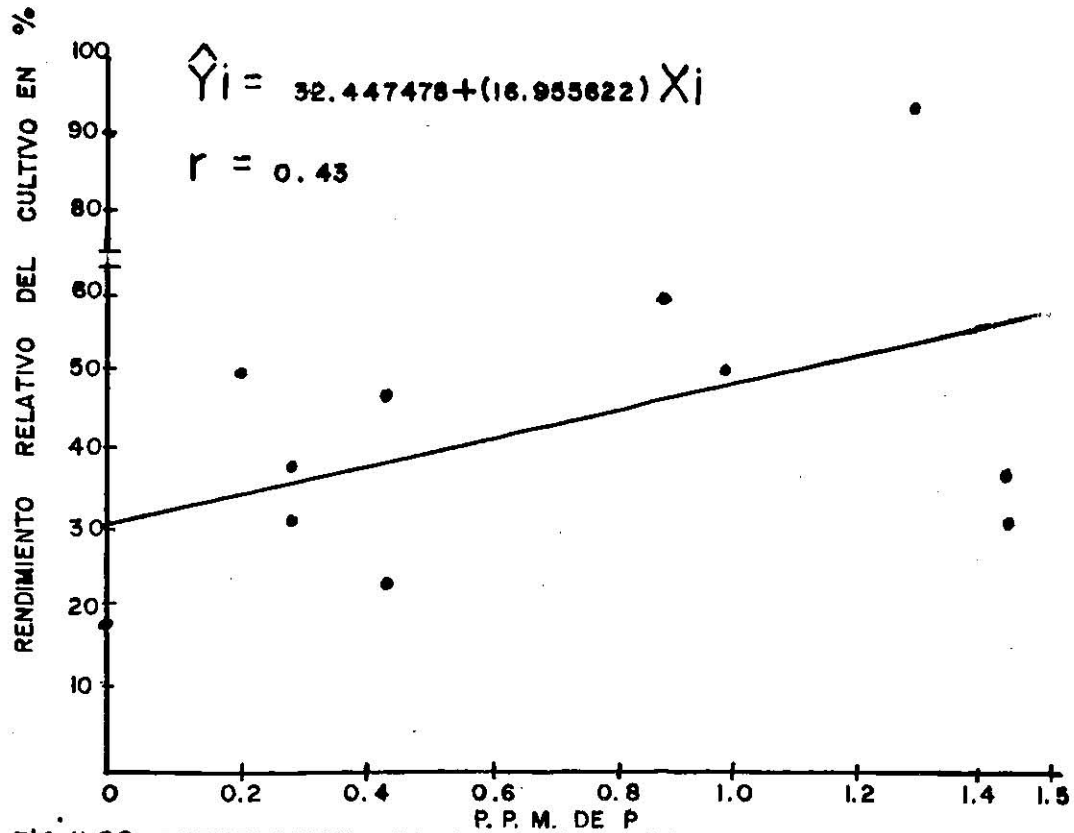


FIG. N.22 CORRELACION ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DEL MAIZ Y EL FOSFORO APROVECHABLE DEL SUELO DETERMINADO POR EL METODO QUIMICO BRAY I

C O N C L U S I O N E S

Considerando los resultados de este estudio se establecen las siguientes conclusiones:

1.- El cultivo del maíz respondió favorablemente a la fertilización fosfatada en 6 de las 11 muestras de suelo en estudio.

2.- Los métodos químicos en estudio determinaron diferentes cantidades de fósforo aprovechable en el suelo, el que cuantifico mayor cantidad fué el Olsen Original y el Bray 1 determinó los valores más bajos.

3.- Los métodos Olsen original y Olsen modificado fueron los que presentaron los coeficientes de correlación más altos (0.78 y 0.79) al relacionar el fósforo aprovechable en el suelo con el rendimiento relativo del maíz, por lo tanto, pueden considerarse como los más confiables para cuantificar el fósforo aprovechable del suelo, en suelos con las mismas características que los suelos utilizados en este estudio.

4.- Los niveles críticos obtenidos mediante la calibración de los métodos químicos estudiados fueron: para Olsen original 76.5 p.p.m., para Olsen modificado 25.5 p.p.m. y para Bray 1 0.45 p.p.m., por lo tanto para los 2 primeros métodos un valor por abajo del nivel crítico significa una alta probabilidad de respuesta.

5.- Este estudio se realizó a nivel de invernadero, por lo que se recomienda continuar con este tipo de estudios pero a nivel de campo, para complementar los resultados obtenidos en este estudio.

R E S U M E N

Este estudio se realizó en dos fases: la primera se efectuó en el invernadero del campo agrícola experimental de la F.A.U.A.N.L. en Marín, N.L., se recolectaron 11 muestras de suelo que se colocaron en macetas para después aplicar los tratamientos de fósforo (0,50,100 y 150 p.p.m. de P), enseguida se sembró con maíz H-415 a los 40 días después de la siembra se cosechó para evaluar la respuesta del cultivo (rendimiento relativo) a la fertilización fosfatada.

La segunda fase de este estudio se realizó en el laboratorio de suelos de la F.A.U.A.N.L., para determinar el fósforo aprovechable en los suelos se seleccionaron los siguientes métodos químicos: Olsen original, Olsen modificado y Bray 1.

Los rendimientos del maíz en base a su peso seco muestran una respuesta diferente de cada uno de los suelos estudiados a los diferentes tratamientos de fósforo aplicados.

Las cantidades de fósforo aprovechable determinadas por los tres métodos químicos en estudio presentaron un rango de concentración de fósforo para el método Olsen original de 40.8 a 167 p.p.m. de P en el suelo, para el método Olsen modificado el rango varió de 3.5 a 101 p.p.m. de P, para el método Bray 1 el rango fluctuó de 0 a 1.45 p.p.m. de P.

Los métodos químicos Olsen original y Olsen modificado - obtuvieron los más altos coeficientes de correlación (0.78 y 0.79) al correlacionar el rendimiento relativo del maíz con el P aprovechable en el suelo determinado por los métodos en estudio.

Los niveles críticos que se obtuvieron al realizar la -- calibración de cada método químico en estudio fueron los si - guientes: Olsen original (76.5 p.p.m.), Olsen modificado --- (25.5 p.p.m.) y Bray I (0.45 p,p.m.).

El cultivo del maíz (H-415) respondió favorablemente a - la fertilización fosfatada aún en 6 de las 11 muestras de -- suelo.

Los métodos Olsen original y Olsen modificado presenta -- ron los coeficientes de correlación más altos (0.78 y 0.79) - al correlacionar el P aprovechable en el suelo con el rendimiento relativo. Por lo tanto ambos métodos pueden considerarse como los más confiables para cuantificar el fósforo aprovechable - en el suelo, para los suelos con las mismas características - físicas y químicas que los utilizados en este estudio.

Este estudio se realizó a nivel de invernadero, por lo -- que, se recomienda continuar con este tipo de estudios pero a nivel de campo para complementar los resultados abtenidos en el presente trabajo.

B I B L I O G R A F I A

- CARMONA, R.G. 1966. Manual de laboratorio para edafología y fertilidad del suelo. Facultad de Agronomía. U.A.N.L.
- CATE, R.B. y L.A. NELSON. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data North Carolina State Univ. Agr. Exp. Sta. Raleigh. Inter soil testing series. Tech Bull. 1.
- DEL ALTO HERNANDEZ, J.A. 1978. Importancia del análisis de suelo y correlación con pruebas de campo. Seminario. F.A.U.A.N.L. Monterrey, N. L. México. pp.8-11.
- DUCH GARY, J. 1972. Eficiencia de tres fuentes de fósforo en tres suelos de México. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de suelos. Tesis profesional.
- FERNANDEZ, P.Y.L. y A. VELAZQUEZ, H. 1981. Correlación y calibración de diferentes métodos de análisis químico de fósforo asimilable en siete unidades de suelo S.M.C.S. Memorias del XIV congreso nacional de la ciencia del suelo, Tomo I. San Luis Potosí, S.L.P. México. pp. 384-400.
- GALLEGOS DEL TEJO, A. 1978. Estudio de correlación y calibración de tres métodos químicos de análisis de fósforo asimilable en el suelo y rendimientos de trigo en tres tipos de suelos. U.A.A.A.N. Avances de investigación 1978. Buena Vista, Saltillo, Coah. pág. 76.
- CHIEN, S.H. 1977. Interpretation of Bray 1-Extractable phosphorus from acid soil treated with phosphate rocks. Soil Science vol. 126, No. 1. (U.S.A.) pp. 34-39.

- KHASAWNEH, F.E., E.C. SAMPLE y E.J. KAMPRATH. 1980. The Role Of phosphorus in agriculture. ASA. CSSA. (U.S.A) pp. -- 433-470.
- LAIRD, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Rama de suelos. Escuela - Nacional de Agricultura. Colegio de postgraduados, Cha-- pingo, México. pp. 45-56.
- LITTLE, MT. y F.J. HILLS. 1979. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 2a. impresión. Ed. Tri-- llas. México. pp. 145-163.
- MASCAREÑO, C.F. y E. VILLARREAL, F 1971. Estudio de correla-- ción y calibración de tres métodos de análisis químico - de fósforo asimilable en suelos y rendimiento de algodo-- nero en la comarca lagunera. Informe de investigación -- agrícola CIANE -INIA-SAG comarca lagunera. Primavera-ve-- rano 1971. pp. 15. 1-15.19.
- OLSEN, R.S. y COLE, V.C. 1954. Estimation of available phos-- phorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Washington, D.C. Circular 939: 1-19.
- ORTEGA, T.E. 1973. Análisis de suelos y plantas para diagnos-- tificar deficiencias nutritivas IMPA. II Convención nacio-- nal de técnicos azucareros de México. 2, Cordoba, Ver., Memorias. pp. 39.53.
- ORTEGA, T.E. y J. URIOSTEGUI, R. 1971. Estudio de correlación y calibración de un método de análisis químico de fósfo-- ro en suelos del Valle de Mexicali, B.C. Memorias V con-- greso nacional de la ciencia del suelo. Tomo III. pp. 438-441.

- OZUZ, T. y J.J. HANWAY. 1966. Comparisons of laboratory and -- greenhouse test for Nitrogen and Phosphorus availability in soils. Soil Sci. Am. Proc. Vol. 30: 224-228.
- PALMER, R.G. y F.R. TROEH. 1979. Introducción a la ciencia -- del suelo. Manual de laboratorio. 2a. Edición. Libros y editoriales, S.A. México. pp. 107-111.
- PULIDO, A.R. y H. DEL VALLE, F. 1979. Instructivo para el aná -- lisis de suelos y aguas para riego. Departamento de irri -- gación sección de riego y drenaje. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 15-16.
- QUICK, J. HANDBOOK of soil analysis methods. Phosphorus (Ol -- sen's sodium bicarbonate extraction method). University of California, Davis, C.A. Method s:12.0.
- RICHARDS, L.A. (editor). 1973. Diagnóstico y rehabilitación -- de suelos salinos y sódicos. USDA. 6a. Edición. Ed. Limu -- sa. México, D.F. pág. 112.
- RONE, P.J.L. y L.J. CAJUSTE. 1980. Evaluación de la fertili -- dad fosfatada para el cultivo de la caña en algunos sue -- los calcáreos del Estado de Puebla, Parte 1 (laboratorio e invernadero). Memorias del XII congreso nacional de la ciencia del suelo, Tomo I. Toluca, Edo. de México. pp. -- 347-370.
- RUEHR, T. y S.D. ROMSDAL. 1966. Determination of available -- soil phosphorus. Soil fertility management. Laboratory -- manual. Colorado State University. Fort Collins, Co. -- Agronomy 355. pp. 25-26.

- SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN. 1975. Métodos estadísticos 3a. impresión. C.E.C.S.A. México, D.F. pp. 175-187.
- TORRES, B.M. y E. ORTEGA T. 1972. Correlación y calibración de diferentes métodos de análisis químico de fósforo asimilable para los suelos de la zona de influencia de Chapingo, México. Agrociencia. Serie C. No. 7 pp. 47-63.
- VELASCO, M.H.A. 1969. Influencia de pH y el CaCO_3 en la fijación de fosfatos en algunos suelos del norte de México. IV congreso nacional de la sociedad mexicana de la ciencia del suelo. Monterrey, N. L. Vol. I. pp. 347-348.
- VOSS, R.E., J.J. HANWAY y W.A. Fuller. 1970. Influence of - - soil, management, and climatic factors on the yield response of corn (Zea mays L.) to N, P and K fertilizer. Agron. J. 62:736-740.

