



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES IZTACALA**

**EFFECTO DE LA PORQUERAZA SOBRE
LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO
PARA LAS PLANTAS EN UN SUELO
DE ANDO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

BIOLOGO

PRESENTA

DIANA Ma. M. AGUILAR MANJARREZ

LOS REYES, IZTACALA, 1992





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA - U.N.A.M.
BIOLOGIA

EFFECTO DE LA PORQUERAZA SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO PARA LAS
PLANTAS EN UN SUELO DE ANDO.

T E S I S P R O F E S I O N A L
DIANA Ma. M. AGUILAR MANJARREZ


Los Reyes Iztacala, México, 1992.

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Dr. Antonio Trinidad Santos, ha sido aprobada por el mismo y el Jurado Examinador de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) Iztacala, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como requisito parcial para obtener el título de :

BIOLOGO

Los Reyes Iztacala, Edo. de México, Junio de 1992.

JURADO




DR. ANTONIO TRINIDAD SANTOS




M. en C. DANIEL MUÑOZ INIESTRA



BIOL. FRANCISCO LOPEZ GALINDO



BIOL. ALBERTO ARRIAGA FRIAS



BIOL. AGUSTIN VARGAS VERA

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, y a la ENEP Iztacala por el apoyo económico brindado para culminar mis estudios profesionales.

Al Lic. Javier Aguilar Escalona por conducirme a terminar mi carrera y por su valioso apoyo moral.

Al Dr. Antonio Trinidad Santos por ser mi amigo, por su sabia orientación, dirección y conocimientos transmitidos para la realización de este trabajo.

Al Dr. Jesús Chávez Cruz por las facilidades otorgadas para introducirme al campo de la investigación en el Colegio de Postgraduados.

Al Dr. Carlos Ortiz Solorio por el apoyo y sugerencias para iniciar mis estudios en el Centro de Edafología.

Al Dr. Jorge D. Etchevers por las facilidades prestadas en el laboratorio de la Sección de Fertilidad de Suelos.

Al Dr. Heriberto Cuanalo de la C., por su fé en mí.

Al Ingeniero Fernando Ureña Castellanos por su orientación y valiosas aportaciones para la realización de este trabajo.

Al M.C. Francisco Gavi Reyes por su apoyo en el desarrollo del experimento de invernadero.

Al Ingeniero César Merino por su colaboración en el análisis de Laboratorio.

Al M.C. Abdul Khalil Gardezi por sus sugerencias para la realización de esta investigación.

Al M.C. Armando Gómez por las facilidades brindadas en la elaboración de gráficas de este trabajo.

Al M.C. David Chávez Olayo por sus asesorías que amablemente me brindo.

A la Química Rosa Ma. López por sus consejos, amistad y el interés prestado para el análisis de laboratorio.

A la Química Claudia Hidalgo por las facilidades otorgadas en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos.

A la Sra. Celia Ortiz Candia por su apoyo moral y el interés que demostró para que culminara mis estudios profesionales y su excelente aportación en la mecanografía de este trabajo.

Al Sr. Mario Reyes por la colaboración en la edición computarizada de esta investigación.

A todo el personal del CEDAF por su apreciable amistad y participación en el desarrollo del análisis de laboratorio.

A los señores Edmundo Velázquez G. y Filiberto Sánchez L. por su estimación, compañerismo y atenta colaboración en el desarrollo del experimento de invernadero.

A todo el personal de campo que me auxiliaron desde su inicio hasta la terminación del experimento de invernadero

A los señores Ignacio Blancas Díaz y Pedro Trujano Espejel, del Laboratorio de Fertilidad de Suelos, por la transmisión de sus conocimientos, estimación y amistad a lo largo de esta investigación.

A todas aquellas personas que de algún modo aportaron en mí sus beneficios.

DEDICATORIA

A mis padres Prof. Benjamín Aguilar Talavera y Profesora. Margarita Escalona de Aguilar por su sacrificio, preocupación, su apoyo para concluir mis estudios y entregarme sus mejores tesoros: tiempo, el amor, mi carrera y convertirme en una mujer de provecho.

A mi madre Sra. Irene Manjarrez de Aguilar por representar a la fortaleza, el cariño, la comprensión y seguridad en mis momentos de flaqueza.

A mi padre Lic. Angel Aguilar Escalona por inculcarme la honestidad, el respeto hacia uno mismo y por su apoyo para superarme en todo.

A mis hermanos Juan Angel y Flor de María por su cariño sincero y por compartir el deseo de ser mejor cada día.

A mi cuñado Julio César por su preocupación y especial estimación y por la ayuda brindada en la elaboración de los mapas y en el trabajo de fotocopiado para realizar esta investigación.

A mi cuñada Gabriela porque con su entusiasmo, amistad y cariño disfruté mis momentos de alegría.

A mis tíos Ing. Fernando Ureña C. y Sra. Aída Aguilar de J. por su paciencia y porque siempre me dirigieron con sus sabios consejos hacia el camino del bien.

A mis tíos Prof. Manuel Bernardo L. y Sra. Myrna Aguilar de B. porque me dedicaron parte de su tiempo cuando era solo estudiante.

A mis primos.

A mis sobrinos.

Pensamiento.

"La experiencia me enseñó que no hay que cometer el mismo error dos veces, pero errar es de humanos y es de sabios reconocerlo".

"La experiencia me demostró que quien es humilde con el ignorante, enriquece más su alma y lo enaltece".

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	<i>vii</i>
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	4
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1. Caracterización de suelos de Ando	5
3.2. Problemas nutricionales de suelos de Ando	9
3.3. Fijación de fósforo en suelos de Ando	11
3.4. Productividad de suelos de Ando	14
3.5. El efecto de abonos orgánicos en los suelos de Ando	16
3.6. Experimentos de incubación en suelos de Ando ..	19
IV. MATERIALES Y METODOS	22
4.1. Descripción de la zona de estudio	22
4.2. Experimento de invernadero	24
4.3. Experimento de incubación	29
V. RESULTADOS Y DISCUSION	34
5.1. Peso de humedad de la planta (PHP)	34
5.2. Peso seco de la planta (PSP)	37
5.3. Altura de la planta (AP)	39
5.4. Diámetro de la planta (DP)	42
5.5. Area foliar de la planta (AF)	43

5.6.	Peso seco de raíz (PSR)	45
5.7.	Fósforo extraído del suelo (F_1 , F_2 , F_3)	47
5.8.	Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio	53
VI.	INCUBACION EN LABORATORIO	63
VII.	CONCLUSIONES	76
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78
IX.	APENDICE	87
9.1.	Principio del método de extracción Bray P-2	88
9.2.	Cálculos para el ensayo de invernadero	92
9.2.1.	Cálculos para el nitrógeno usando como fuente el sulfato de amonio al 20.5%	92
9.2.2.	Cálculos para el fósforo usando como fuente el superfosfato de calcio simple al 20% de P_2O_5	94
9.2.3.	Cálculos de la porqueraza en dosis de 2, 4 y 6 ton/ha para el experimento de invernadero	96
9.3.	Cálculos para las incubaciones en laboratorio	99
9.3.1.	Cálculos para los tratamientos sometidos a incubación en el laboratorio usando el fosfato de calcio monobásico	99
9.3.2.	Cálculos de la porqueraza en niveles de 2, 4 y 6 ton/ha para el experimento de incubación en laboratorio	101

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Tratamientos de invernadero	26
2	Distribución de los tratamientos en bloques al azar en el invernadero.	27
3	Tratamientos de incubación.	31
4	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el peso húme- do de la planta de maíz (PHP) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.	36
5	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el peso seco de la planta de maíz (PSP) desarrollada bajo condi- ciones de invernadero en 1989.	38
6	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre la altura de la planta de maíz (AP) desarrollada bajo condicio- nes de invernadero en 1989.	40
7	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el diámetro de la planta de maíz (DP) desarrollada bajo condi- ciones de invernadero en 1989.	43
8	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el área fo- liar de la planta de maíz (AF) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.	45
9	Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el peso seco de raíz de la planta de maíz (PSR) desarrollada ba- jo condiciones de invernadero en 1989.	46
10	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósfo- ro en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en Mi- choacán.	48
11	Concentración de nitrógeno (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de ando.	54
12	Nitrógeno absorbido por la planta bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de ando	54

Cuadro No.		Pág.
13	Concentración de fósforo (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P ₂ O ₅ en un suelo de ando.	58
14	Fósforo absorbido por la planta bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P ₂ O ₅ en un suelo de ando.	59
15	Concentración de potasio (‰) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P ₂ O ₅ en un suelo de ando.	59
16	Concentración de calcio (‰) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P ₂ O ₅ en un suelo de ando.	60
17	Concentración de magnesio (‰) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P ₂ O ₅ en un suelo de ando.	61
18	Resultados de fósforo extractable (ppm) en los tratamientos de incubación en laboratorio.	64

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Efecto de la porqueraza sobre la altura de la planta de maíz desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989	41
2	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán	49
3	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán	50
4	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán	51
5	Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán	52
6	Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 24 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero ...	55
7	Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 48 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero ..	56
8	Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 72 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero ..	57
9	Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado sin porqueraza.	65
10	Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado con 2 ton/ha de porqueraza	67

Figura No.		Pág.
11	Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado con 4 ton/ha de porqueraza ..	68
12	Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada sin porqueraza en diferentes tiempos de incubación	70
13	Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada con 2 ton/ha de porqueraza en diferentes tiempos de incubación	72
14	Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada con 4 ton/ha de porqueraza en diferentes tiempos de incubación	74

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro No.		Pág.
1A	Efecto de los diferentes tratamientos de porquera y fósforo sobre la respuesta de maíz desarrollado en un suelo de ando bajo condiciones de invernadero en 1989.	104
2A	Análisis de varianza para el peso húmedo de la planta (PHP).	105
3A	Análisis de varianza para el peso seco de la planta (PSP).	105
4A	Análisis de varianza para la altura de la planta (AP).	106
5A	Análisis de varianza para el diámetro de la planta (DP).	106
6A	Análisis de varianza para el área foliar de la planta (AF).	107
7A	Análisis de varianza para el peso seco de raíz (PSR).	107
8A	Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 24 días después de la siembra (F_1)	108
9A	Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 48 días de la siembra (F_2).	108
10A	Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 72 días después de la siembra (F_3).	109
11A	Análisis de varianza para la concentración de nitrógeno (%) en tejido vegetal de maíz.	109
12A	Análisis de varianza para la concentración de fósforo (%) en tejido vegetal de maíz.	110

Cuadro No.		Pág.
13A	Análisis de varianza para la concentración de potasio (%) en tejido vegetal de maíz.	110
14A	Análisis de varianza para la concentración de calcio (%) en tejido vegetal de maíz.	111
15A	Análisis de varianza para la concentración de magnesio (%) en tejido vegetal de maíz.	111

I. INTRODUCCION

En la Sierra Tarasca del Estado de Michoacán dominan suelos derivados de cenizas volcánicas sobre elevaciones de 2,200 a 2,500 msnm y se utilizan fundamentalmente para el cultivo de maíz. Estos suelos se clasifican como Andosoles húmicos, mólicos y ócricos (FAO, 1974).

Laird (1979), citado por Guerrero (1987), señala que los Andosoles de la Sierra Tarasca son de texturas ligeras a medianas, desde migajón arenosos hasta migajón limosos; la estructura es granular, con peso volumétrico bajo y muy permeable, siendo posible ararlas a pocas horas después de una lluvia fuerte; el pH determinado en agua, varía de 5.2 en las partes altas a 6.4 en las partes bajas; el contenido de materia orgánica es alto, y varía desde un 2 a 3% en los límites de la Sierra hasta 15 a 20% en los suelos arriba de 2,500 msnm. La CIC es elevada, varía desde un 25 hasta 46 meq/100 g de suelo. La fracción arcillosa está dominada por alofano, un silicato de aluminio hidratado, que gracias a su estado amorfo posee una gran superficie activa, y una alta capacidad de retención de fosfatos, boratos, sulfatos, cloruros y nitratos. Son susceptibles también a las erosiones hídrica y eólica.

Ortiz (1981), citado por Etchevers (1985), indica que los suelos derivados de cenizas volcánicas o Andosoles ocupan una extensión de 83,730 Km² que es equivalente aproximadamente a un 4.3% de la totali-

dad territorial de la República Mexicana, y se ubican en zonas áridas, semiáridas, templadas y tropicales.

Los estudios edafológicos realizados en la Meseta Tarasca muestran el problema de la deficiencia de fósforo y nitrógeno e indican que estos suelos fijan altas cantidades de fósforo aplicado como fertilizante, siendo uno de los principales factores limitantes de la productividad agrícola. Sin embargo se obtienen incrementos significativos de rendimiento al añadir fertilizantes fosfatados (Moncada, 1960; Navarro *et al.*, 1962; Sánchez y Pérez, 1959).

Como una posible solución a la baja disponibilidad de fósforo, Moncada (1960), propone la adición de materia orgánica para acomplejar al hierro y aluminio que se encuentran combinados con el fósforo. De esta forma aumenta la cantidad disponible de este elemento en el suelo para que las plantas lo aprovechen. Contreras (1984), Guerrero (1987) y Peto (1991), señalan que el uso de estiércoles beneficia al suelo en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y nutrimentales aumentando los rendimientos de las cosechas; de ahí que los abonos orgánicos hayan tomado tanta importancia que los mismos fertilizantes químicos.

Los estudios sobre el abastecimiento de fósforo revelan la importancia de seguir analizando en detalle los efectos de los estiércoles sobre la disponibilidad de fósforo en los suelos de Ando de la Sierra Tarasca. El objetivo principal del presente estudio fue observar el efecto de la aplicación de porqueraza sobre la disponibilidad de fós

foro, en los suelos derivados de cenizas volcánicas de la Sierra Tarasca. El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero y laboratorio para evaluar la cantidad de fósforo absorbido por la planta de maíz desarrollada en 72 días y relacionarlo con la cantidad de fósforo extraído del suelo químicamente tanto en muestras de invernadero como en muestras sujetas a procesos de incubación.

II. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.

Objetivo.

- 1.- Estudiar el efecto de la porqueraza en la disponibilidad de fósforo sobre el desarrollo de la planta de maíz en un suelo de Ando de la Sierra Tarasca.

Hipótesis.

- 1.- El rendimiento de la planta de maíz aumenta al aplicar porqueraza en un suelo de Ando.
- 2.- El contenido de fósforo en la planta de maíz y la cantidad total extraída aumenta con la aplicación de porqueraza,
- 3.- Hay diferencias en disponibilidad de fósforo al aplicar porqueraza en un suelo de Ando.

Supuestos.

- 1.- Los métodos y materiales que se utilizaron en la investigación son los adecuados para realizar el presente trabajo.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Caracterización de Suelos de Ando.

Aguilera (1979), describe que el origen de la palabra Andosol, proviene de dos vocablos japoneses: AN, que significa oscuro y DO, que significa suelo, de tal forma que esta palabra especifica las propiedades de los suelos de Ando. Estos suelos cubren aproximadamente un 25% del territorio mexicano, siendo su distribución más amplia en las zonas occidental y central, y relativamente pequeña, a lo largo de la Sierra Madre Oriental, específicamente en las regiones del Cofre de Perote y Pico de Orizaba, las provincias fisiográficas que integran al Eje Neovolcánico están cubiertas por suelos de Ando que influyen sobre suelos adyacentes. El mismo autor señala que estos suelos contienen dentro de su material parental, minerales con altos porcentajes de vidrio volcánico, sílice, labradorita, riolita, augita y hornblenda en la roca basáltica y andesítica. En los horizontes de diagnóstico de los Andosoles con menor grado de intemperización hay acumulación de material amorfo de alofano y arcilloso como haloisita. También señala que estos suelos al presentar mayor alteración intempérica o cuando son más viejos, acumulan alofano, gibsita y caolinita, disminuyendo los contenidos de haloisita y metahaloisita.

Baus (1980) especifica que los Andosoles están definidos de acuerdo a la clasificación FAO (1974), y presentan un horizonte (A) mólico

o umbricosobrepuesto a un horizonte cámbico, o bien un horizonte ócrico y cámbico cumpliendo con los requisitos siguientes:

- 1.- Densidad aparente baja, menor o igual a 0.85 g/cm^3 medida a $1/3$ de bar de retención de agua.
- 2.- Complejo de intercambio constituido principalmente por materiales amorfos.
- 3.- Con un 60% ó más de contenido de cenizas volcánicas u otros materiales piroclásticos en las fracciones de limo, arena y grava.
- 4.- Que no presente características de vertisoles.

Sin embargo el mismo autor enfatiza la importancia de la presencia de alofano para distinguir a los suelos Andosoles.

Contreras (1984) menciona que Buring (1979) explica que en los suelos de Ando existe alta acumulación de materia orgánica, valores bajos de pH , alta porosidad, con un nivel bajo de estructura (solo microagregados), densidad aparente con valores bajos, alto contenido de material amorfo (alofano principalmente) y gran capacidad de retención de humedad.

Los Andosoles fueron incluidos en la nomenclatura pedológica por Thorp y Smith en 1954, y en la Reunión de Correlación de Suelos de Cenizas Volcánicas de 1964 se adoptó la definición de Andosoles como suelos minerales en la cual la fracción activa está dominada por material amorfo, 50% por lo menos, Wada (1972).

Ortiz (1981) hizo un estudio para determinar la distribución de las unidades de suelos en el país, reportando que los Andosoles cubren una superficie de 8, 373,000 ha, correspondiendo 292,100 ha (3.48%) para Andosoles ócricos; 746,600 ha (8,91%) para Andosoles húmicos y 7, 334, 300 ha (87.59%) para los Andosoles Víttricos.

Gutiérrez (1980) cita que varios autores mencionan que las cenizas volcánicas son el material formador de una gran variedad o diversidad de suelos, algunos de los cuales pueden originarse a su vez, de otros materiales parentales, siempre y cuando las condiciones pedogenéticas de clima, topografía, vegetación y el tiempo sean propicias. Los suelos de Ando reciben diferentes nombres en distintos países. En América Central, por ejemplo, se llaman: Latosol, pardo forestal y andosol; en América del Sur, suelos volcánico, negro andino, suelo de páramo, trumao alofánico y andosol; en E.U.A., pardo forestal, suelo de pradera, andosol, andepts, latosol húmico e hidrólico; en Japón, suelo volcánico negro, pardo forestal, kurotsuchi, kuroboku y andosol; en Nueva Zelandia, suelo franco, pardo amarillento, suelo amórfico y alvisol; y en Indonesia, suelo de montaña y andosol. Sin embargo, en todos ellos existe un común denominador que es la presencia de materiales amorfos, y que en condiciones pedogenéticas especiales han permitido una mayor expresión del suelo típico Andosol.

Kanno (1962), citado por Gutiérrez (1980), explica que las cenizas originadas por las erupciones volcánicas contienen materiales ígneos, andesíticos, basálticos o riolíticos más o menos finamente divididos y que al ser depositados poco a poco entran en proceso de intemperización.

Al depositarse las cenizas volcánicas, ocurren cambios graduales de este material formador del suelo, iniciándose el proceso de desarrollo de un suelo de Ando.

Los depósitos de cenizas volcánicas se caracterizan por su alta porosidad y permeabilidad, por lo que bajo condiciones de alta precipitación ocurren fuertes lixiviaciones, debasificación y pérdida parcial de sílice, impidiendo la formación de arcillas cristalinas y favoreciendo la presencia de amorfos.

Los suelos de Ando son derivados de cenizas volcánicas recientes, ligeros en peso por volumen, con alta capacidad de fijación de fósforo y alta capacidad de retención de agua y nutrientes (FAO, 1970). De acuerdo a la clasificación FAO (1970), se reconocen cuatro subunidades: Ocrícos, Húmicos, Mólicos y Vítricos. En la taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 1975), los suelos derivados de cenizas volcánicas, se clasifican dentro del Orden Inceptisol, Subórden Andepts y Aquepts. Los primeros se caracterizan por presentar material amorfo dominante en el complejo de intercambio, densidad aparente inferior a 0.85 g/cm^3 en el horizonte cámbico; 60% o más de ceniza volcánica vítrica y escorias u otros materiales vítricos piroclásticos.

Etchevers *et al.*, (1985a) probaron los criterios expuestos por ICOMAND para algunos suelos volcánicos de México, concluyendo que dichos criterios funcionan para la mayoría de los suelos clasificados como Andosoles, por DETENAL (1979), requiriendo solo pequeños ajustes.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas se les puede encontrar en México desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta 5,747 m de altitud; por lo tanto existen en climas fríos, templados, semiáridos, áridos, tropicales y de trópico húmedo (Aguilera, 1969). Su distribución está ubicada en regiones que han tenido una intensa actividad volcánica, tal como el Eje Neovolcánico.

3.2. Problemas nutricionales de suelos de Ando.

Cervantes (1965) señala que las cenizas volcánicas, al intemperizarse, se caracterizan por la producción de grandes cantidades de alofano y aluminio libre, siendo ellos responsables de la fijación de fósforo y retención de humus.

En los suelos de la Meseta Tarasca se presenta un problema nutricional diferente al de otros suelos de otras regiones. Además de la retención de fósforos, los Andosoles poseen la capacidad de retener en menor escala a los boratos, potasio, zinc, cloruros, sulfatos, nitratos, cobre, magnesio y aniones orgánicos como benzoato, salicilato y fitolato, ocurriendo también la deficiencia de azufre en estos suelos. En algunos, donde la materia orgánica está fuertemente asociada con el alofano, no ocurre mineralización de ésta, observándose baja liberación de azufre y otros macro y micronutrientes. La deficiencia de micronutrientes como el molibdeno también se presenta en Andosoles, específicamente en suelos más evolucionados en su intemperización (López, (1980).

Dudal (1980) menciona que en los Andosoles puede presentarse toxicidad de aluminio y deficiencia de manganeso.

Egawa (1977), citado por Baus (1980), añade que los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por retener el fósforo particularmente bajo condiciones ácidas, y gracias a ellos los fosfatos solubles agregados no se pierden del sistema, sino que permanecen almacenados en el suelo, de tal manera que sólo aproximadamente un 10% del fósforo soluble aplicado, es utilizado por las plantas.

Fassbender (1966) reporta que en los suelos derivados de cenizas volcánicas existe una baja capacidad para abastecer de fósforo aprovechable a los cultivos, y lo interpreta como el efecto de las interacciones del ión fosfato con algunos componentes del suelo, como hidróxidos de aluminio y fierro amorfos, produciéndose así su adsorción en el complejo coloidal o su precipitación en fosfatos menos solubles.

Gardezi *et al.*, (1989) proponen como una solución a la baja disponibilidad de fósforo en los suelos de Ando, en el Estado de Michoacán, el uso de la micorriza para suministrarle a la planta suficiente fósforo, estimulando así, el crecimiento de algunos cultivos de la región como el maíz, plátano y algodón.

Bear (1964) define la fijación de fósforo como un proceso en el cual las formas fácilmente solubles de fósforo, son transformadas a formas menos solubles por reacciones con compuestos inorgánicos del suelo, dando por resultado la limitación en la movilidad de este ele-

mento, con la cual se disminuye su disponibilidad para las plantas.

Moncada (1960), explica que una estrategia para solucionar los bajos niveles de fósforo disponible, sería la adición de materia orgánica para acomplejar el fierro y aluminio que se encuentran asociados con el fósforo en compuestos de escasa o nula aprovechabilidad por la planta. Otras formas de atacar el problema de la baja disponibilidad de fósforo en suelos de Ando, han sido las adiciones de cal y silicio, pero no se han obtenido resultados consistentes.

Peto (1991) indica que los suelos de Ando tienen una alta capacidad de reacción de fósforo en altas cantidades, de manera que la disponibilidad de fósforo de los fertilizantes fosfatados solubles para las plantas se ve reducida fuertemente y sólo alrededor del 10% del fósforo aplicado lo aprovechan los cultivos.

Wada y Harward (1974) señalan que la fuerte adsorción de fosfatos en los Andosoles, se asocia con la presencia de aluminosilicatos amorfos e hidróxidos de fierro y aluminio.

3.3. Fijación de Fósforo en Suelos de Ando.

La fijación de fósforo ocurre en mayor o menor grado en todos los suelos agrícolas, pero en algunos tipos de suelos, este fenómeno se manifiesta en forma extrema como sucede en los suelos ricos en materiales amorfos de aluminio como los Andosoles, en suelos con alto contenido de carbonato de calcio (Ca CO_3) y los suelos constituídos princij

palmente de óxidos de fierro y aluminio. Aguilar, Etchevers y Castellanos (1987), definen la fijación de fósforo como el fenómeno que se presenta cuando, a causa de diversos tipos de interacciones con componentes del suelo, una forma soluble del fósforo queda retenida en la fase sólida y por lo tanto no puede ser absorbida por las raíces de la plantas.

Bear (1964), define la fijación de fósforo como un proceso en el cual las formas fácilmente solubles, en las que se encuentra el fósforo, son transformadas a formas menos solubles por reacciones con compuestos inorgánicos u orgánicos del suelo, dando por resultado la limitación en la movilidad del elemento, con la cual se disminuye su disponibilidad para las plantas.

Cervantes (1965) al estudiar el proceso de intemperismo de las cenizas volcánicas, encontró que éstas se caracterizan por la producción de grandes cantidades de alofano y aluminio libre que son responsables de la fijación de fósforo.

Contreras (1984) indica que la deficiencia de fósforo es el problema agronómico más frecuente después de la acidez del suelo. En los suelos Andosoles se necesitan grandes cantidades de fósforo porque es insuficiente para el buen crecimiento de las plantas.

Fassbender (1966) explica que la retención o fijación de los fosfatos es un proceso por el cual los fosfatos solubles, generalmente aplicados en forma de fertilizantes, pasan a formas menos disponibles

a través de la reacción con las partículas inorgánicas del suelo. Así mismo, la baja capacidad de los suelos derivados de cenizas volcánicas para sustituir el fósforo que necesitan los cultivos, se traduce como el efecto de las interacciones del ión fosfato y otros componentes del suelo, produciéndose la adsorción en el complejo coloidal o su precipitación en fosfatos menos solubles. La importancia de la retención de fósforo es evidente porque una gran parte de los fertilizantes aplicados son menos disponibles para las plantas al ser fijados, causando una gran pérdida económica en la agricultura.

Gutiérrez (1980) cita a Wada y Harward (1974), quienes señalan que la fuerte adsorción de aniones, como los fosfatos, se asocian con la presencia de aluminosilicatos amorfos e hidróxidos de fierro y aluminio, donde la reacción es atribuida principalmente a los átomos de fierro y aluminio presentes en la superficie arcillosa y a la alta reactividad de los constituyentes amorfos del suelo.

En la Sierra Tarasca la capacidad de fijación de fósforo que presentan los suelos es alta. Navarro *et al.*, (1962) reportan que el porcentaje de fijación de fósforo aplicado al suelo como P_2O_5 fue del 97%, mientras que Etchevers *et al.*, (1985b) al realizar un levantamiento nutricional del maíz, encontraron un promedio de fijación del 70% para los 102 sitios muestreados. Esto confirma lo reportado por Ishizuka y Black (1980), señalando que la cantidad total de fertilizante fosfatado soluble aplicado al suelo, sólo un 10% es aprovechable por las plantas.

Sánchez y Cochrane (1980) mencionan que la fijación de fósforo ocurre cuando la fracción arcillosa de la superficie del suelo está

dominada por minerales amorfos o tienen más del 20% de la fracción arcillosa en forma de óxidos de fierro y aluminio.

3.4. Productividad de Suelos de Ando.

En el Eje Neovolcánico predominan los suelos de Ando, que están ocupados por bosques de coníferas y hojosas (encino, roble y aile) y áreas agrícolas. Estas últimas son potencialmente productivas mediante aplicaciones de materia orgánica, fertilizantes nitrogenados y fosfatos y enmendantes como la cal (Aguilera, 1979). Se reporta que en esta región abundan los cultivos anuales como el maíz, trigo, cebada, alfalfa, frijol, chile, papa y algunas otras plantas hortícolas. Entre los cultivos perennes se cita el café, aguacate, cacao y cítricos. Dentro de las áreas boscosas es posible encontrar otros beneficios además de la madera y resina, como son los hongos comestibles y alucinógenos, muchos de los cuales son de importancia medicinal

Varios estudios señalan que para obtener mejores incrementos en los suelos de Ando es necesario el uso de abonos orgánicos como la gallinaza, porqueraza y estiércol bovino complementados con fertilizantes químicos (Baeyens, 1970; Leenher, 1977; Tamhane *et al.*, 1978; Guerrero, 1987).

Contreras (1984) señala que los rendimientos de maíz fueron muy superiores al aplicar gallinaza, que los rendimientos obtenidos solo con aplicación de fertilizantes químicos. Además, indica que el desarrollo vegetativo del maíz fertilizado con gallinaza fue mucho más

vigoroso que el del maíz sin gallinaza.

En ensayos de aplicación de porqueraza en combinación con nitrógeno y fósforo en el rendimiento de maíz en los Andosoles de la Sierra Tarasca, se encontró, que los mayores rendimientos se obtuvieron con tratamientos que llevaron las mayores dosis de porqueraza (Contreras, 1984; Guerrero, 1987).

En otros trabajos también se reporta que el estiércol complementado con los fertilizantes químicos aumenta los rendimientos de los cultivos (Ginard, 1969; Martínez *et al.*, 1978).

Guerrero (1987) en su trabajo señala que los **bajos rendimien-**tos de los suelos derivados de cenizas volcánicas de la **Sierra Tarasca** pueden elevarse con el uso racional de abonos orgánicos (estiércoles) mejorando así las propiedades físicas, químicas, biológicas y nutricionales de los suelos; además recomienda que es necesario encontrar una buena combinación del abono orgánico con los fertilizantes químicos para lograr un mayor rendimiento en el cultivo de maíz. Los mayores rendimientos de maíz se lograron con aplicaciones de 2 y 3 ton/ha de porqueraza y 90 kg de nitrógeno/ha. En relación a la aplicación de P_2O_5 y porqueraza se observó que se obtiene un mayor rendimiento de maíz al aplicar ambos abonos, que en alguna forma indica que la porqueraza favorece la disponibilidad de fósforo para la planta. Con aplicaciones de 10 ton/ha de gallinaza u 8 ton/ha de porqueraza bajo condiciones de campo se han logrado rendimientos hasta de 5.5 ton/ha de maíz en grano (Gutiérrez y Alcalde, 1979; Peña, 1979).

Trinidad *et al.*, (1986) comentan que los estiércoles como la gallinaza y porqueraza han incrementado los rendimientos de maíz en los suelos de Ando, pues los ensayos de campo han demostrado que al aplicar la primera tonelada de porqueraza, los rendimientos se incrementan hasta en un 300% con respecto al testigo absoluto cuyo rendimiento es de 500 a 600 kg/ha.

Peña (1979), para encontrar una mejor respuesta del maíz a la aplicación de estiércol vacuno y de gallinaza solos o mezclados con fertilizante químico, estudió los métodos de aplicación de fósforo en forma mateado, banda y voleo en 4 sitios de la Sierra Tarasca, encontrando que el mejor método de aplicación de fertilizante fosfórico, fue al voleo.

3.5. El Efecto de Abonos Orgánicos en los Suelos de Ando.

Villalpando (1979) obtuvo resultados experimentales de aplicación de gallinaza durante los años de 1970 a 1976, indicando que el rendimiento medio del tratamiento que recibió solamente 150 kg/ha de nitrógeno todos los años, fue de 1.3 ton/ha; el rendimiento medio del tratamiento que recibió 150 kg/ha de nitrógeno todos los años más 20 ton/ha de gallinaza en 1970 fue de 5.0 ton/ha; el aumento acumulativo durante los 7 años debido a la aplicación de 400 kg/ha de P_2O_5 en 1970 fue 4.7 veces más que el aumento observado en el primer año y el aumento acumulativo durante los 7 años debido a la aplicación de 20 ton/ha de gallinaza en 1970 fue 6.9 veces más que el aumento reportado en el primer año.

Con respecto a los efectos que el estiércol ocasiona al suelo, se ha encontrado que con las aplicaciones de estiércol bovino se incrementó el contenido de carbono y nitrógeno del suelo, permaneciendo constantes la relación C/N, y la densidad aparente disminuyó a medida que se incrementó la adición de estiércol. En otro trabajo se reportó que el carbono y nitrógeno del suelo aumentaron de 4.47 a 5.08%, y de 0.58 a 0.71% respectivamente, después de 8 años de la aplicación de 212 m³ de estiércol porcino fresco ha⁻¹ año⁻¹ a 15 cm de profundidad. Uno de los efectos a largo plazo de la aplicación de estiércoles al suelo es la migración de fósforo para el subsuelo. La migración de fósforo fue mayor cuando se aplicó estiércol que cuando se aplicaron cantidades equivalentes de fósforo soluble inorgánico (Dormaar y Sommerfeldt (1986); Peto (1991) y Pratt *et al.*, (1976)).

Navarro *et al.*, (1962), realizando estudios de campo, encontraron que los rendimientos de maíz producidos con la aplicación de 20 ton/ha de gallinaza se incrementaron, en relación a los rendimientos obtenidos con fertilizantes químicos solos. Las aplicaciones de fósforo en los experimentos situados en San Gregorio, Casas Blancas, La Cruz Gorda y La Cantera, Estado de Michoacán, aumentaron los rendimientos en un promedio de 1.75 ton/ha (Baus, 1980).

Peña, Turrent y Laird (1971), realizaron un trabajo donde obtuvieron respuesta con la aplicación de gallinaza en el rendimiento de maíz al tratar de corregir el problema nutricional de los suelos de Ando de la Sierra Tarasca.

Peto (1991) explica que el estiércol fresco de porcino ha demostrado su bondad en varios cultivos, como se ha encontrado en los trabajos de Boschi *et al.*, (1977) en maíz sembrado en verano; en los trabajos de Tunney (1977) con estiércol líquido porcino aplicado a pasos, se encontraron altos contenidos de calcio, magnesio y bajos niveles de manganeso en el tejido vegetal. Indica también que la efectividad del estiércol líquido porcino es equivalente a 2/3 partes del sulfato de amonio ((NH₄)₂SO₄) respecto a la respuesta en el rendimiento de grano de cebada. Peto (1991) comenta que en la Sierra Tarasca, devido a las observaciones hechas sobre las deficiencias de fósforo (Moncada, 1960; Navarro *et al.*, 1962; Pérez, 1956; Sánchez y Pérez, 1959) y a las respuestas obtenidas con aplicaciones altas de fertilizantes fosfatados, (Turrent, 1962), las investigaciones se enfocaron al incremento de la disponibilidad de fósforo en el suelo, utilizando para ello el estiércol. Posteriormente, debido al aumento de rendimientos producidos por la adición de gallinaza se pensó que la materia orgánica aportaba algunos ácidos orgánicos que quelataban ciertos metales resultando un aumento de fósforo disponible en el suelo (Etchevers, 1985). La aplicación de ácidos orgánicos como ácido sulfosalicílico, oxálico, cítrico y tartárico, no aumentaron la disponibilidad de fósforo del suelo para el cultivo de la lechuga en condiciones de invernadero (Puente, 1964) indicando que no es el efecto de ácidos orgánicos en la disponibilidad de fósforo sino algún otro efecto del estiércol.

Por otra parte, se ha observado que las aplicaciones de porqueraza aumentaron los rendimientos de maíz, siendo mayores al complementar la porqueraza con fertilizante químico (Contreras, 1984; Guerrero, 1987). Peto (1991) enfatiza que la concentración de fósforo en la hoja opuesta en la mazorca de maíz no ha rebasado el nivel crítico (0.31% de P) establecido por Reuter y Robinson (1986) quizá porque se trata de un maíz criollo de la región, con requerimientos inferiores de fósforo que los maíces mejorados (Guerrero, 1987).

3.6. Experimento de Incubación en Suelos de Ando.

En experimentos de laboratorio se ha demostrado que en los diversos métodos de incubación aplicados a diferentes tipos de suelo y correlacionando métodos de extracción para evaluar el fósforo extractable (denominado disponible) se han obtenido buenos resultados.

Maynard *et al.*, (1983), utilizó el proceso de incubación para los suelos por el sistema cerrado, que consiste en que los suelos son incubados por un solo período de extracción evaluando la diferencia entre el nutrimento extractable antes y después de la incubación. Debe estar por consecuencia inalterado artificialmente su contenido nutrimental durante el período de incubación, y es común realizarlo para nitrógeno, fósforo y azufre, en donde para el fósforo se pueden emplear extractantes como HCl, NaHCO₃, CaCl₂ y NaOAc.

Peto (1991) realizó experimentos de incubación por el método de perfusión para evaluar el fósforo extractable en un suelo de Ando de

La Sierra Purepecha, Estado de Michoacán, encontrando que este tipo de incubación resultó un buen indicador de la disponibilidad de fósforo al correlacionar con los extraído utilizando el método Bray P-2 (Bray y Kurtz, 1945) para obtener el fósforo extractable.

Rone (1980) usando el método Bray P-2 como método de extracción de fósforo asimilable en 13 suelos calcáreos, pesó 2.0 g de suelo secados al aire, agitó por 15 minutos con 14 ml de una solución formada por 0.1 N de HCl (Acido clorhídrico) y 0.03 N de NH_4F (Floruro de amonio); filtró y en el extracto determinó el fósforo, por el método del azul de molibdeno. También realizó experimentos de incubación con métodos de extracción diferentes (método Olsen original (1954), Olsen modificado (1965), Bray P-2 (1945) y Egner Riehm o del Acetato-Lactato de Amonio (L-A) modificado (1958)), para evaluar la capacidad de fijación de fósforo en los suelos. Aplicó 7 tratamientos de soluciones con diferentes niveles de fósforo (0, 50, 100, 200, 400, 800 y 1,200 ppm de P). Los dejó reaccionar por 3 días procediendo a la determinación de fósforo. Utilizó como fuente de fósforo el fosfato de calcio monohidratado ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y 2 repeticiones por cada tratamiento. Finalmente encontró que el método que mejor correlacionó con los diferentes parámetros agronómicos fue el Olsen modificado para los diferentes tratamientos. La modificación al método Olsen original (1954), consistió en variar el tiempo de agitación a 15 minutos y la relación suelo: extractante a 1:4.

Un procedimiento que ha sido ampliamente utilizado en México (v. g. Rone, 1980) es el propuesto por Waugh y Fitts (1966) el cual consiste en incubar por 4 días una serie de muestras de suelo a las cuales se les adiciona una pequeña cantidad de solución de fosfato de calcio monohidratado ($\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) con concentraciones que van desde 0 hasta 600 ppm de P. Posteriormente, se procede a extraer el fósforo disponible con el método más adecuado para cada tipo de suelo.

IV. MATERIALES Y METODOS

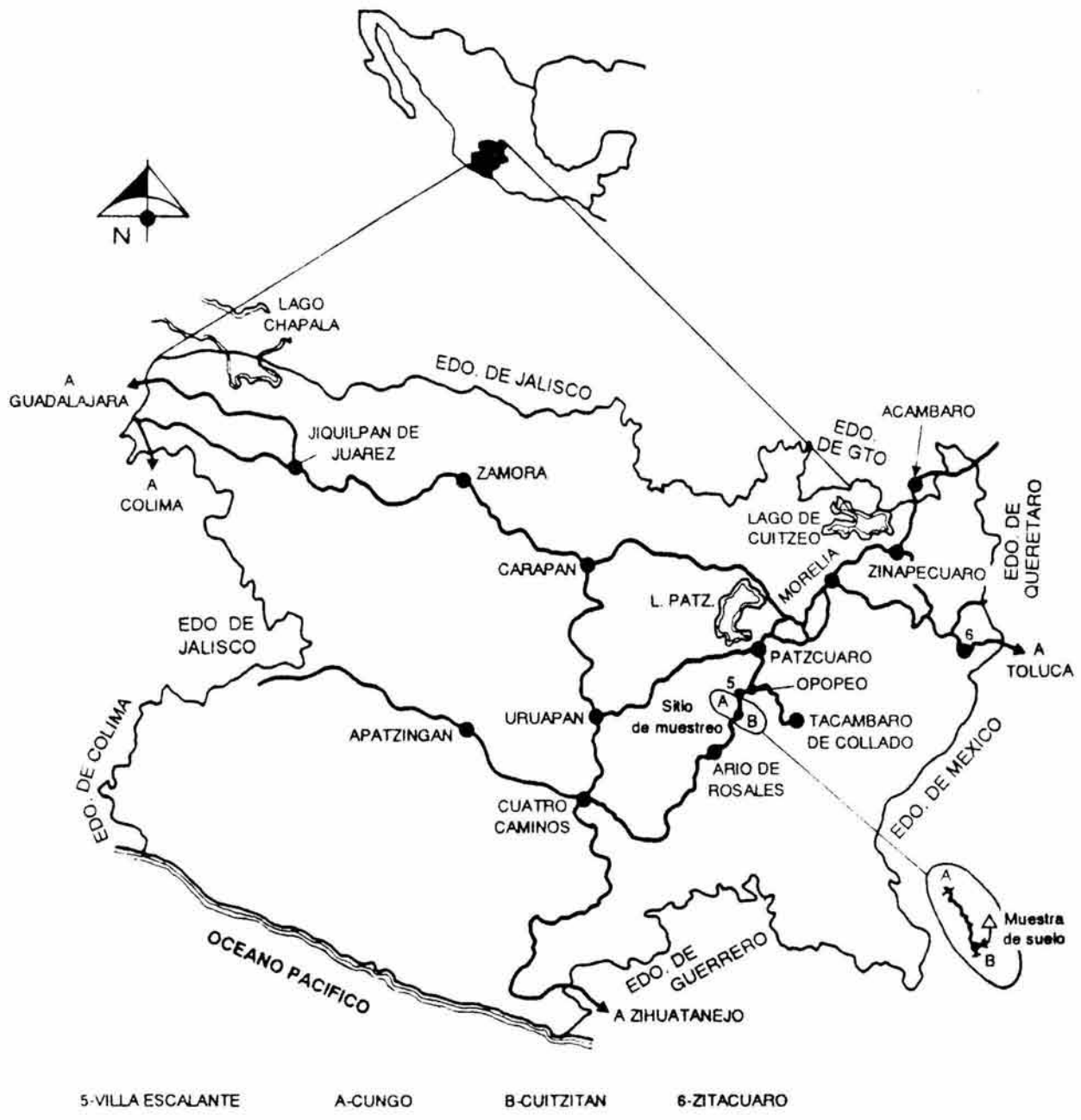
4.1. Descripción de la zona de Estudio.

La muestra de suelo utilizada se colectó en la Sierra Tarasca en el Municipio de Villa Escalante, Michoacán. Geográficamente la Sierra Tarasca está ubicada entre los paralelos $19^{\circ}15'$ y $19^{\circ}50'$ de latitud norte y los meridianos $101^{\circ}30'$ y $102^{\circ}25'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich en la parte central del Estado de Michoacán.

En la zona de Villa Escalante (Mapa 1), particularmente, existen laderas, colinas someras y pequeños valles planos en donde predominan en el suelo cenizas, escorias y otras eyecciones volcánicas.

Basándose en la clasificación climática de Köppen, el clima de esta región es $C(W_2)(W)b(i)g$ ó templado subhúmedo, registrándose una precipitación pluvial mayor en los meses de junio, julio, agosto y septiembre que representa un 78% de la precipitación total. El 22% restante se presenta durante los meses de octubre a mayo, siendo los meses más secos el período comprendido entre diciembre a abril. La temperatura media mensual más alta ocurre en el mes de mayo al final de la estación de sequía y no es superior a $22^{\circ}C.$, en cambio las temperaturas medias mensuales más bajas se presentan en los meses de diciembre y enero con valores bajos de $16.6^{\circ}C.$

La vegetación dominante en la región se caracteriza por bosques puros de coníferas y asociadas con manchones de bosques de encino.



MAPA No. 1. LOCALIZACION DE AREA DE ESTUDIO

Esc. 1: 1'466,000

Las especies principales son las siguientes: *Pinus teocote*, *Pinus michoacana*, *Pinus leiophylla*, *Quercus penduncularis*, *Quercus crassipes* y *Quercus spp.* En las zonas de lomeríos y partes más bajas de la región donde la temperatura es menos fría, existen bosques puros de encino *Quercus crassipes* y *Quercus spp.* En las laderas con mayor pendiente se localizan áreas de matorral y pastizal. Las áreas agrícolas están ubicadas en las partes planas y laderas de los cerros en donde se practica el cultivo del maíz principalmente.

4.2. Experimento de Invernadero.

El experimento se instaló en el invernadero de Chapingo, Estado de México, utilizando el suelo de Ando colectado a una profundidad de 20 cm en Cuitzitan, en el Ejido "Cungo", Municipio de Villa Escalante, Mich. El suelo de Ando colectado en el campo se secó al aire y posteriormente se tamizó en malla de 2 mm, presentando las siguientes características: Clasificación Textural, migajón arcilloso, con un 33.80% de arena; 33.88% de limo y 33.32% de arcilla. En esta determinación se utilizó el Método Bouyoucus Normal, usando como Dispersante el procedimiento de ultrasonido; su densidad aparente fue de 0.88 g cm^{-3} determinada por el Método de Probeta. De acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO (1974) este suelo se clasifica como Andosol Ocrico. La determinación del color, se hizo en suelo húmedo y seco. En húmedo, presentó un color café oscuro 7.5YR 3/2, y en seco, un color café amarillento oscuro 10YR 4/4. Ambas determinaciones se realizaron de acuerdo a la Tabla de Munsell.

El nitrógeno total fue de 0.4% determinado por el Método de Microkjedahl descrito por Bremner (1965), del fósforo extractable solo se detectaron trazas, cuantificado mediante el Método Bray P1. El calcio en el suelo fue de 4.5 meq/100grs, determinado por el Método de Absorción Atómica en llama, utilizando acetileno y óxido nitroso ($C_2H_2-N_2O$) (AOAC, 1980), el magnesio fue de 0.8 meq/100grs, determinado por el Método de Absorción Atómica en aire y acetileno; el potasio con 6.9 meq/100 grs, determinado por el Método de Flamometría (AOAC, 1980), el sodio con 0.6 meq/100 grs, determinado por el Método de Flamometría (se utilizó la solución extractora de $AcNH_4$ 1N pH7); se obtuvo de materia orgánica 9.5% determinada por el Método de Walkley y Black (1946), el pH del suelo fue de 5.59, determinado en una relación suelo-agua 1:2 por el Método potenciométrico utilizando el Electrodo de Calomel como electrodo de referencia.

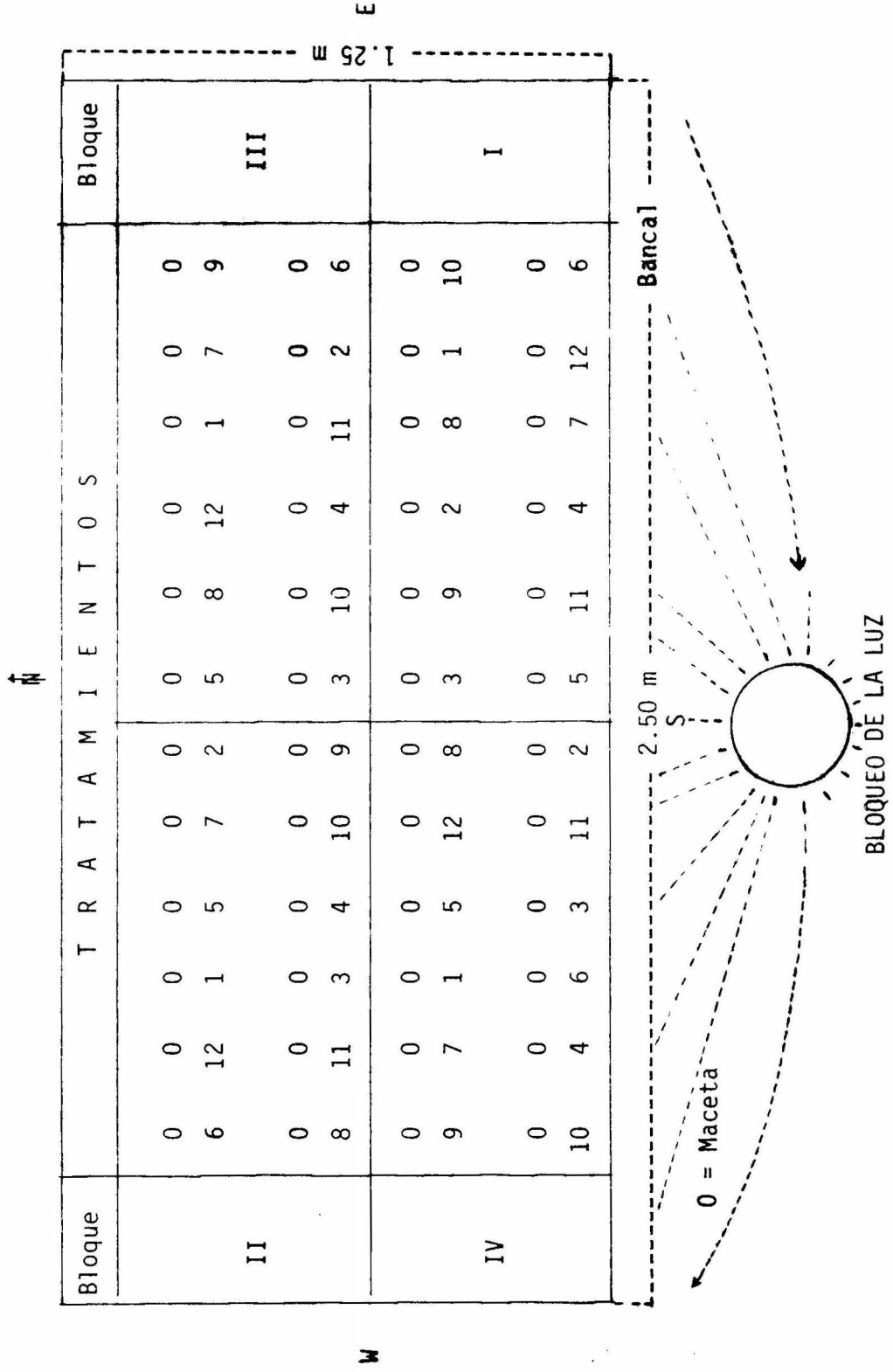
En el ensayo de invernadero, el diseño de tratamientos fue un factorial de 4x3, con 4 repeticiones (Cuadro 1) distribuidos en bloques al azar, porque los tratamientos se sortearon, acomodándolos sobre un banco en 4 bloques distintos, de acuerdo al Cuadro 2. De esta manera se bloqueó tomando en cuenta el factor luz para que hubiera variación de la luz en los diferentes bloques, pero no entre tratamientos.

Se utilizó como unidad experimental una maceta de plástico con las medidas siguientes: 15.5 cm de alto, 22.0 cm de ancho en su parte superior y 14.7 cm de ancho en su base. La capacidad fue de 3.0 kg, adecuada para colocar 2.5 kg de suelo, el cual se depositó en una bolsa de

Cuadro 1. Lista de tratamientos de Invernadero.

No. de tratamiento	Nitrógeno (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)
1	200	0	0
2	200	200	0
3	200	400	0
4	200	0	2
5	200	200	2
6	200	400	2
7	200	0	4
8	200	200	4
9	200	400	4
10	200	0	6
11	200	200	6
12	200	400	6

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en bloques al azar en el invernadero.



plástico y se introdujo en la maceta, aplicándose los tratamientos según el Cuadro 1. Como fuente de fósforo, se utilizó el superfosfato de calcio simple al 20% de P_2O_5 y como fuente de nitrógeno, el sulfato de amonio al 20.5% de N. Estos dos reactivos como fertilizantes se aplicaron en solución de acuerdo a los diferentes tratamientos. La porqueraza fue añadida en cantidades correspondientes de acuerdo a los niveles crecientes de 0, 2, 4 y 6 ton/ha. Posteriormente se agitó la bolsa vigorosamente para mezclar el suelo con el estiércol e introducirlo nuevamente a la maceta. Se utilizó como planta indicadora, el Maíz Criollo de la región, depositándose 3 semillas por maceta. Las semillas se sembraron a una profundidad de 3.0 cm y se regaron las macetas periódicamente, manteniendo adecuadamente la humedad del suelo tanto para la germinación como para el desarrollo de la planta. Después de 20 días de haber emergido las plantas se dejaron 2 por maceta y así se mantuvo la población hasta la cosecha.

Con el fin de evaluar el fósforo aprovechable, se hicieron muestras del suelo en las macetas a los 24, 48 y 72 días, depositándose las muestras en bolsitas de plástico para secarlas al aire, pulverizarlas y someterlas al análisis químico de fósforo.

Transcurridos los 72 días de haber sembrado, se llevó a cabo la cosecha, cortándose la parte aérea de las plantas con una navaja y pesándolas para determinar su peso fresco. Enseguida se lavaron con agua de la llave y luego con agua destilada. Posteriormente se secaron en una estufa a una temperatura de 65°C por 48 horas para obtener su peso

seco. Al retirar las plantas de la estufa, se mollió el material vegetal y se colocaron en sobres respectivos, para las siguientes determinaciones químicas: Nitrógeno total, por el Método de Microkjedahl descrito por Bremner (1965); fósforo total por digestión vía húmeda y por colorimetría usando el complejo fosfovanadomolibdico; calcio, por Absorción Atómica en llama usando acetileno y óxido nitroso ($C_2H_2-N_2O$); magnesio, por el método de absorción atómica en aire y acetileno; potasio, por el Método de Flamometría (los análisis citados están descritos en: AOAC, 1980).

Los resultados del análisis químico de porqueraza fueron los siguientes: 3.7% de nitrógeno total; 2.3% de fósforo total; 7.5% de calcio; 2.3% de magnesio; 3.4% de potasio; 0.3% de sodio; 68.66% de materia orgánica; 6.10 de pH; 7.03 mmhos/cm de conductividad eléctrica y 10.15% de humedad, determinada por el Método Gravimétrico.

4.3. Experimento de Incubación.

El experimento de incubación se llevó a cabo utilizando 77 tratamientos (omitiendo a los tratamientos con 6 ton/ha de porqueraza combinada con 0, 150, 300, 450 y 600 ppm de fósforo químico, pensando en la posibilidad de que el fósforo disponible aumentaría aún más) para estudiar el efecto del tiempo de incubación (0, 4, 8, 16 y 24 días), niveles de porqueraza (0, 2, 4, y 6 ton/ha) y niveles de fósforo (0, 150, 300, 450 y 600 ppm) en la extracción de fósforo. Esta lista de tratamientos se presentan en el Cuadro 3, en donde se indican las

diferentes combinaciones de los diversos factores de estudio anteriormente señalados.

El procedimiento de trabajo en esta prueba de incubación se describe enseguida: Se pesó el frasco de incubación sin muestra. Para facilitar el manejo del tratamiento y control de la humedad del suelo durante la incubación y la extracción de fósforo, se utilizaron 25.0g de muestra, y los cálculos para la aplicación correspondiente de porqueraza y fósforo se hicieron en base a esta cantidad de suelo. Después de agregar la cantidad correspondiente de porqueraza a 25.0 g de suelo, se mezcló con una varilla de vidrio y enseguida se procedió a agregar 5.0 ml de la solución de fósforo preparada para cubrir los diferentes niveles de este elemento. Nuevamente se homogenizó la muestra con la varilla de vidrio. Enseguida se agregó la cantidad conveniente de agua destilada para que el material se humedeciera perfectamente dentro del frasco con fosfato de calcio monobásico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Se registró el peso del frasco así preparado para reponer el agua correspondiente que se perdía por evaporación diariamente. Terminando el tiempo de incubación de acuerdo a los diferentes tratamientos se tomó la muestra húmeda en cantidad correspondiente que representara 5.7 g de suelo seco en vez de 2.85 g según el Método Bray P2, se agregaron 40 ml de solución extractora en lugar de 20 ml para seguir la metodología Bray P2 en cuanto a la relación suelo-solución extractora, reportándose los resultados en ppm de fósforo extractable.

Cuadro 3. Lista de tratamientos de incubación para la extracción de fósforo por el Método Bray P-2.

Trat. No.	Porqueraza (ton/ha)	Incubación (días)	Fósforo (ppm)	Preparación de la muestra para incubación		
				Suelo (gr)	Porqueraza (gr)	Fósforo (gr)
1	0	0	0	25.0	0	0
2	0	0	150	25.0	0	0.0037
3	0	0	300	25.0	0	0.0075
4	0	0	450	25.0	0	0.0112
5	0	0	600	25.0	0	0.0150
6	2	0	0	25.0	0.0293	0
7	4	0	0	25.0	0.0587	0
8	6	0	0	25.0	0.0881	0
9	6	0	0	0	0.0881	0
10	0	4	0	25.0	0	0
11	0	4	150	25.0	0	0.0037
12	0	4	300	25.0	0	0.0075
13	0	4	450	25.0	0	0.0112
14	0	4	600	25.0	0	0.0150
15	2	4	0	25.0	0.0293	0
16	2	4	150	25.0	0.0293	0.0037
17	2	4	300	25.0	0.0293	0.0075
18	2	4	450	25.0	0.0293	0.0112
19	2	4	600	25.0	0.0293	0.0150
20	2	4	0	0	0.0293	0
21	4	4	0	25.0	0.0587	0
22	4	4	150	25.0	0.0587	0.0037
23	4	4	300	25.0	0.0587	0.0075
24	4	4	450	25.0	0.0587	0.0112
25	4	4	600	25.0	0.0587	0.0150
26	4	4	0	0	0.0587	0
27	0	8	0	25.0	0	0

Cuadro 3 (Continuación)

Trat. No.	Porqueraza (ton/ha)	Incubación (días)	Fósforo (ppm)	Preparación de la muestra para incubación		
				Suelo (gr)	Porqueraza (gr)	Fósforo (gr)
28	0	8	150	25.0	0	0.0037
29	0	8	300	25.0	0	0.0075
30	0	8	450	25.0	0	0.0112
31	0	8	600	25.0	0	0.0150
32	2	8	0	25.0	0.0293	0
33	2	8	150	25.0	0.0293	0.0037
34	2	8	300	25.0	0.0293	0.0075
35	2	8	450	25.0	0.0293	0.0112
36	2	8	600	25.0	0.0293	0.0150
37	2	8	0	0	0.0293	0
38	4	8	0	25.0	0.0587	0
39	4	8	150	25.0	0.0587	0.0037
40	4	8	300	25.0	0.0587	0.0075
41	4	8	450	25.0	0.0587	0.0112
42	4	8	600	25.0	0.0587	0.0150
43	4	8	0	0	0.0587	0
44	0	16	0	25.0	0	0
45	0	16	150	25.0	0	0.0037
46	0	16	300	25.0	0	0.0075
47	0	16	450	25.0	0	0.0112
48	0	16	600	25.0	0	0.0150
49	2	16	0	25.0	0.0293	0
50	2	16	150	25.0	0.0293	0.0037
51	2	16	300	25.0	0.0293	0.0075
52	2	16	450	25.0	0.0293	0.0112
53	2	16	600	25.0	0.0293	0.0150
54	2	16	0	0	0.0293	0
55	2	16	0	25.0	0.0293	0
56	2	16	150	25.0	0.0293	0.0037

Cuadro 3. (Continuación).

Trat. No.	Porqueraza (ton/ha)	Incubación (días)	Fósforo (ppm)	Preparación de la muestra para incubación		
				Suelo (gr)	Porqueraza (gr)	Fósforo (gr)
57	2	16	300	25.0	0.0293	0.0075
58	2	16	450	25.0	0.0293	0.0112
59	2	16	600	25.0	0.0293	0.0150
60	4	16	0	0	0.0587	0
61	0	24	0	25.0	0	0
62	0	24	150	25.0	0	0.0037
63	0	24	300	25.0	0	0.0075
64	0	24	450	25.0	0	0.0112
65	0	24	600	25.0	0	0.0150
66	2	24	0	25.0	0.0293	0
67	2	24	150	25.0	0.0293	0.0037
68	2	24	300	25.0	0.0293	0.0075
69	2	24	450	25.0	0.0293	0.0112
70	2	24	600	25.0	0.0293	0.0150
71	2	24	0	0	0.0293	0
72	4	24	0	25.0	0.0587	0
73	4	24	150	25.0	0.0587	0.0037
74	4	24	300	25.0	0.0587	0.0075
75	4	24	450	25.0	0.0587	0.0112
76	4	24	600	25.0	0.0587	0.0150
77	4	24	0	0	0.0587	0

V. RESULTADOS Y DISCUSION

En el (Cuadro 1A) del Apéndice se presentan los valores medios observados de cada una de las variables dependientes según los tratamientos del ensayo. En este cuadro se puede apreciar la media de los tratamientos, la media total, la diferencia mínima significativa (DMS), el coeficiente de variación (C.V.) y el coeficiente de determinación del modelo del Análisis de Varianza (R^2). Estos datos se obtuvieron con la ayuda del paquete SAS en la computadora.

5.1. Peso húmedo de la planta (PHP).

El rendimiento del peso húmedo de la planta para cada uno de los tratamientos fue diferente, como una respuesta a la aplicación de diferentes cantidades de porqueraza y P_2O_5 en el suelo (Cuadro 1A). El Análisis de Varianza detectó que hubo diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos estudiados tal como se observa en el (Cuadro 2A) del Apéndice. El Análisis de Varianza indica que en los tratamientos estudiados hay diferencia significativa entre ellos, en virtud de que la F calculada de esta fuente de variación es de 8.82 mientras que en las tablas de F al 1 y 5%, son 2.09 y 2.84 respectivamente. Sin embargo, la computadora indica que este valor de F calculada es significativa a una probabilidad de error de 0.01%. En el cuadro de Análisis de Varianza también se observa que entre repeticiones para el PHP no hay diferencia significativa, en virtud de

que la F calculada (0.36) es menor que la F de tablas (4.51) al 1% de probabilidad de error. Para esta fuente de variación la computadora señala que el valor de F calculada tiene una probabilidad de ocurrir 78 veces de cada 100 casos, indicando que no hay diferencia entre bloques o repeticiones. Esto muestra que las repeticiones en el ensayo estuvieron ubicadas en condiciones donde no existía varia-ción entre ellas dentro del invernadero.

Por otra parte, se observó un efecto altamente significativo de la porqueraza, fósforo y la combinación de porqueraza-fósforo (Cuadro 2A). En el Análisis de Varianza del PHP se observa que el efecto de porqueraza (P) y fósforo (F), así como la interacción de estas varia-bles independientes son altamente significativas. Las F calculadas de P, F y P x F con 19.3, 7.27 y 4.09 respectivamente, que son mayores a la F de tablas: 4.51, 5.39 y 3.47 al 1% de probabilidad de error. En el Cuadro 2A se muestra que la probabilidad de error de F calculada es de 0.01, 0.24 y 0.36 para P, F y P x F respectivamente, señalando que la aplicación independiente de porqueraza y fósforo es-tá aumentando el rendimiento de PHP y que la aplicación conjunta de porqueraza y fósforo incrementan más el rendimiento.

Estos efectos se observan en el Cuadro 4, donde se muestra que cuando se aumenta la dosis de aplicación de porqueraza sola, de 0 a 6 ton/ha o de P_2O_5 solo, de 0 a 400 kg/ha, hay un incremento en el rendimiento del peso húmedo de la planta. Cuando no hay aplicación de P_2O_5 , al aumentar la dosis de porqueraza hasta 6 ton/ha hubo un incre

mento ascendente en el rendimiento del PHP, pero cuando se aplican 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 el máximo rendimiento se logró con la aplicación de 2 ton/ha de porqueraza, a partir del cual disminuye el rendimiento al aumentar la porqueraza hasta 6 ton/ha. Esta misma tendencia de abatimiento de rendimiento, se observa cuando se aplican 6 ton/ha de porqueraza con niveles crecientes de P_2O_5 hasta 400 kg/ha. Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el ensayo, se infiere que este abatimiento de rendimiento del PHP se debe a un proceso de inmovilización del fósforo del suelo y a una competencia microbiana al haber una mayor proliferación de los microorganismos del suelo por la disponibilidad de energía orgánica y fósforo aprovechable (Peto, 1991).

Cuadro 4.- Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el peso húmedo de la planta de maíz (PHP) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.

P_2O_5 (Kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- (gr/maceta) -----			
0	14.1	47.8	83.1	108.8
200	43.8	83.6	76.8	111.6
400	52.6	176.7	109.4	93.4
DMS $\alpha = 0.05$	9.87 gr/maceta			

Se ha encontrado que el fósforo disponible es asimilado por los microorganismos del suelo inmovilizándolo en forma de lípidos, nucleoproteínas y otros compuestos orgánicos.

Con la muerte de las células microbianas, el fósforo de nuevo puede ser liberado lentamente para ser aprovechado por las plantas (Contreras, 1984; Lockett, 1938; Singh y Jones, 1976).

5.2. Peso seco de la planta (PSP).

En el Cuadro 1A del Apéndice se presentan los rendimientos medios de cada uno de los tratamientos estudiados, con sus respectivas estadísticas. En el Cuadro 3A del Apéndice se presenta el Análisis de Varianza en donde se observa que entre tratamientos hubo diferencias altamente significativas con una probabilidad de que la F calculada (F_c) sea mayor al 0.06% de error ($P < F_c$ al 0.0006 de error). El mismo cuadro indica que entre repeticiones no hay diferencia significativa, ya que la F calculada es menor a la F de tablas al 5% de error, mostrando que entre repeticiones estadísticamente no hay variación entre ellas.

Asimismo, en el Análisis de Varianza para el PSP indica que en los niveles de aplicación de porqueraza (0, 2, 4 y 6 ton/ha), hubo diferencia significativa con una probabilidad de error al 0.07% de que la F_c sea mayor. Con niveles de aplicación de fósforo no se detectó diferencia significativa en el Análisis de Varianza, ya que la F calculada (F_c) fue mayor a una probabilidad de error del 6%. Pero sí hubo diferencia significativa en la interacción P x F con una probabilidad de error al 1%.

En el Cuadro 5 se observa que hay respuesta del peso seco de la planta a la aplicación de niveles crecientes de porqueraza de 0 a 6 ton/ha combinados con 200 a 400 kg de P_2O_5 /ha, en los cuales se observa un abatimiento o incremento ligeros de rendimientos no significativos estadística

mas de inmovilización del fósforo disponible del suelo al haber un incremento de la población microbiana estimulado por la aplicación de fósforo aprovechable del fertilizante químico.

5.3. Altura de la planta (AP).

La altura media de cada uno de los tratamientos estudiados se muestra en el Cuadro 1A del Apéndice, con sus respectivas estadísticas. En el Cuadro 4A del Apéndice, se señala el Análisis de Varianza de esta variable, en donde se observa que entre los tratamientos existe una diferencia significativa estadísticamente al 0.05% de error ($P > F_c$ al 0.0005 de error). Con respecto a las repeticiones, no hay diferencia significativa entre ellas, ya que la F calculada (F_c) es mayor al 21% de error ($P > F_c$ al 0.21 de error), indicando que no hubo variación entre repeticiones. En el Análisis de Varianza para la variable AP se observó que el efecto de la porqueraza y el efecto de fósforo fueron altamente significativos con probabilidades de error al 0.02% y 0.37% respectivamente que las F calculadas sean mayores ($P > F_c$ al 0.0002 de error y $P > F_c$ al 0.0037 de error para fósforo). En cambio la interacción $P \times F$ no presenta diferencia estadística significativa con una probabilidad de error al 25% de que la F calculada (F_c) sea mayor ($P > F_c$ al 0.25 de error). Posiblemente el abatimiento en la altura de la planta se debe a una inmovilización del fósforo en el suelo por la proliferación de la población microbiana o a un antagonismo del fósforo con otros elementos del suelo.

En el Cuadro 6 se tienen respuestas de la aplicación de niveles crecientes de porqueraza y P_2O_5 así como el efecto de las diferentes combinaciones de estos abonos.

Al aumentar la cantidad de porqueraza de 0 a 6 ton/ha el incremento en la altura de la planta es lineal como se indica en la Figura 1. También hay aumento de altura cuando se incrementa la aplicación del nivel de P_2O_5 de 0 a 400 kg/ha, con 0, 2 y 4 ton de porqueraza/ha; pero con 6 ton/ha de porqueraza al aumentar la dosis de P_2O_5 la altura de la planta tiende a disminuir (Cuadro 6).

Con esta variable también se observa que con el nivel de 6 ton/ha de porqueraza combinada con 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 se nota una ligera tendencia de abatimiento en la AP. Lo mismo sucede cuando se aplican 4 y 6 ton/ha de porqueraza combinadas con 400 kg/ha de P_2O_5 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre la altura de la planta de maíz (AP) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.

P_2O_5 (Kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- (cm/maceta) -----			
0	59.32	83.01	84.23	114.57
200	83.88	114.40	96.63	101.88
400	86.37	145.00	112.42	104.95

DMS $\alpha = 0.05$ 9.40 cm/maceta

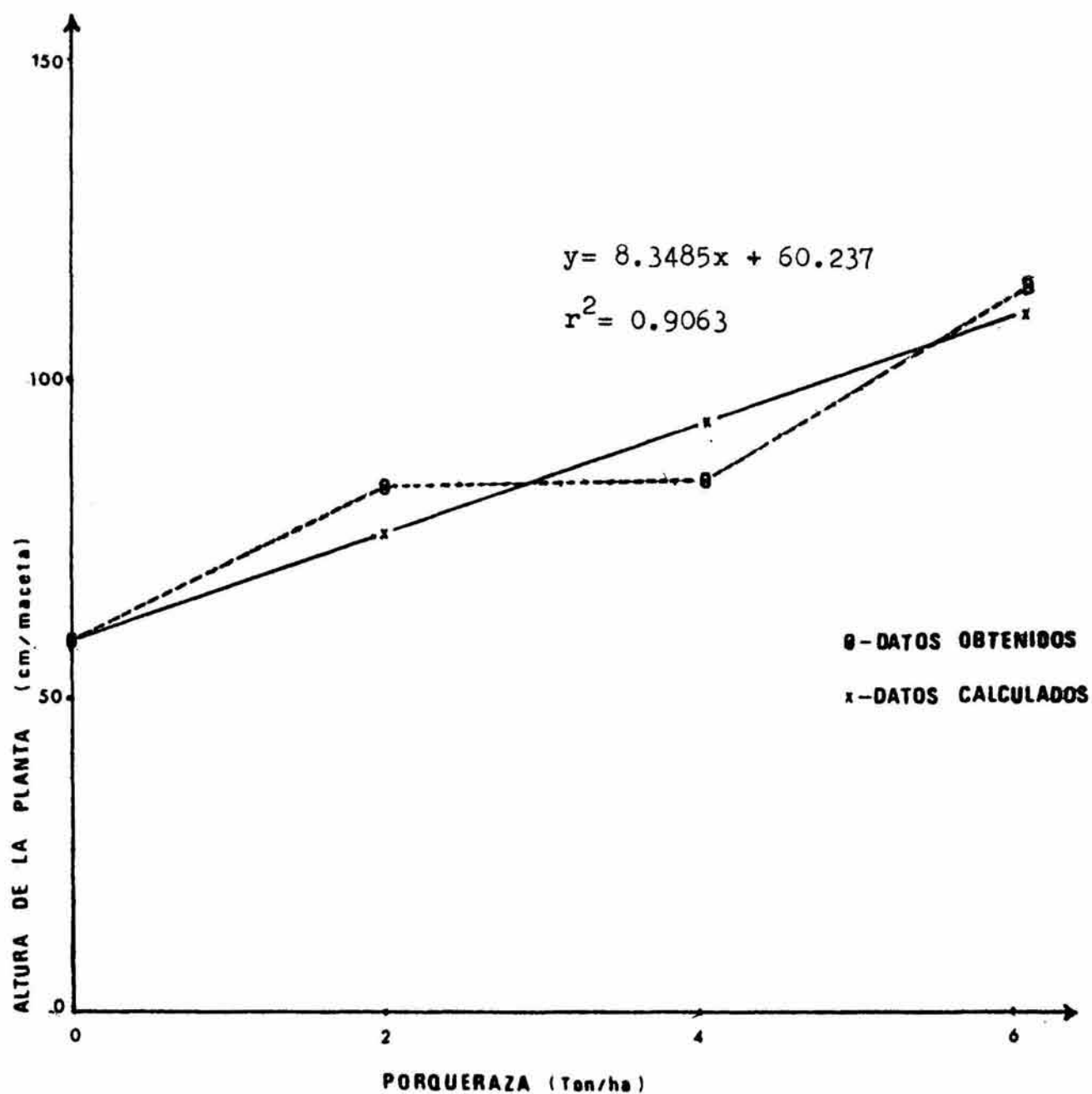


Fig. 1 Efecto de la Porqueraza sobre la Altura de la Planta de Maíz desarrollada bajo condiciones de Invernadero en 1989.

Esto podría estar relacionado con problemas de antagonismo del fósforo con otros nutrimentos y la inmovilización temporal del fósforo por la actividad microbiana estimulada por una cantidad alta del material orgánico adicionado al suelo.

5.4. Diámetro de la planta (DP).

En el Cuadro 1A del Apéndice se muestran los tratamientos con los diámetros medios de cada uno de ellos y las estadísticas correspondientes. En el Cuadro 5A del Apéndice, el Análisis de Varianza indica que las diferencias fueron altamente significativas entre los tratamientos con una probabilidad de error al 0.01% de que la F calculada (F_c) sea mayor ($P > F_c$ al 0.0001 de error). Por lo que respecta a las repeticiones, las diferencias no fueron significativas estadísticamente ya que la F calculada (F_c) es menor a la F de tablas al 5% de error. El efecto de la aplicación de porqueraza, fósforo y $P \times F$ fueron altamente significativas, con probabilidades de 0.02, 0.01 y 1% de error respectivamente de que la F calculada sea mayor ($P > F_c$ al 0.0002 de error para porqueraza, 0.0001 de error para fósforo y 0.01 de error para $P \times F$). En el Cuadro 7 se tienen las respuestas de acuerdo a la aplicación de niveles crecientes de porqueraza (0, 2, 4 y 6 ton/ha) y de fósforo (0, 200 y 400 kg/ha). En él se aprecia que hay un incremento en el DP al aplicar de 0 a 6 ton/ha de porqueraza sin fósforo y de 0 a 400 kg/ha de P_2O_5 únicamente, al nivel de 0 y 2 ton/ha de porqueraza.

Cuadro 7. Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el diámetro de la planta de maíz (DP) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- (cm/maceta) -----			
0	0.35	0.65	0.72	0.85
200	0.73	0.80	1.20	0.95
400	0.75	0.92	0.96	0.85

DMS $\alpha = 0.05$ 0.15 cm/maceta

Cuando se combinan los dos abonos, el DP se incrementa, al aplicar de 0 a 4 ton/ha de porqueraza con 200 kg de P_2O_5 /ha. Con aplicaciones de porqueraza combinados con 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 , el DP disminuye, excepto en aquél tratamiento en el que se aplicó esa misma cantidad de porqueraza, pero combinada con 200 kg/ha de P_2O_5 , donde hubo un ligero incremento en el DP. Esta disminución posiblemente sea causada por una inmovilización del fósforo en el suelo o al crecimiento de la población microbiana, por la adición alta de la materia orgánica proveniente de la porqueraza que utilizó el P_2O_5 disponible del suelo.

5.5. Area foliar de la planta (AF).

El área foliar media de la planta con los distintos niveles de aplicación de porqueraza y P_2O_5 y la combinación de éstos, aparecen en el Cuadro 1A del Apéndice. En el Cuadro 6A de esa misma sección se aprecia el

Análisis de Varianza para esta variable, mostrando las diferencias significativas estadísticamente entre tratamientos, con una probabilidad de 0.17% de error de que la F_c sea mayor ($P > F_c$ al 0.0017 de error), no observándose diferencias significativas entre repeticiones con una probabilidad de 93% de error de que la F calculada sea mayor ($P > F_c$ al 0.93 de error). En cambio, el Análisis de Varianza indica que la aplicación independiente de porqueraza presentó una diferencia altamente significativa con una probabilidad de error de 0.09% de que la F calculada sea mayor ($P > F_c$ al 0.0009 de error) incrementando el AF de la planta de maíz tal como se señala en el Cuadro 8, pues la sola aplicación de porqueraza en cantidades de 0, 2, 4 y 6 ton/ha, permite un aumento en la variable AF, como un índice del buen desarrollo de la planta. Se aprecia un efecto similar con la aplicación independiente de fósforo, con una probabilidad de error de 0.09% de que la F calculada sea mayor ($P > F_c$ al 0.0009 de error) al aplicar niveles crecientes de 0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 al suelo.

Al combinar la porqueraza con el fósforo ($P \times F$), no se muestran diferencias significativas ya que la F_c es menor a la F de tablas al 5% de error. En los tratamientos donde se aplicaron 2 ton/ha de porqueraza con 400 kg/ha de P_2O_5 , se observó un abatimiento en el área foliar de la planta de maíz, luego aumentó con la aplicación de 4 y 6 ton/ha de porqueraza combinadas con 200 y 400 kg de P_2O_5 /ha, sucediendo un ligero descenso de nuevo en aquél tratamiento donde se añadieron 6 ton/ha de porqueraza y 400 kg de P_2O_5 /ha en comparación al tratamiento de 4 ton/ha de porqueraza y 400 kg de P_2O_5 /ha. Esto es debido posiblemente al fenómeno de fijación de fósforo, inmovilización de éste por la cantidad del material orgánico

añadido y el fertilizante químico aplicado que estimuló la vida microbiana del suelo.

Cuadro 8. Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el área foliar de la planta de maíz (AF) desarrollada bajo condiciones de invernadero en 1989.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- (cm ² /maceta) -----			
0	358.49	873.06	1486.94	1513.46
200	951.09	1637.80	1518.23	1851.83
400	1068.32	1379.46	2240.74	1919.24

DMS α = 0.05 183.38 cm²/maceta

5.6. Peso seco de raíz (PSR).

En el Cuadro 1A del Apéndice se muestran los valores medios del peso seco de raíz para cada uno de los tratamientos con sus respectivas estadísticas. En el Cuadro 7A del Apéndice se observa el Análisis de Varianza, en donde se aprecia que entre los tratamientos hubo diferencia significativa con una probabilidad de 2% de error de que la F calculada sea mayor ($P > F_c$ al 0.02 de error). Entre las repeticiones no hubo diferencia estadística significativa ya que la F_c fue menor que la F de tablas al 5% de probabilidad de error. El Análisis de Varianza indica que con la sola aplicación de porqueraza sí hubo un efecto altamente significativo con una probabilidad de error del 0.7% que la F calculada (F_c) sea mayor ($P > F_c$ al 0.007 de error). Esto se aprecia mejor en el Cuadro 9 del texto donde se señala una respuesta notoria a la aplicación del estiércol, principal-

mente de 0 a 2 ton/ha de porqueraza. Con aplicaciones de P_2O_5 hubo un incremento de rendimiento de 0 a 200 kg/ha de P_2O_5 , pero sin aplicación de porqueraza. En todos los demás tratamientos hubo un abatimiento de rendimiento excepto en el tratamiento 6 ton/ha de porqueraza y 400 kg de P_2O_5 /ha.

Cuadro 9. Efecto de la porqueraza y P_2O_5 sobre el peso seco de raíz de la planta de maíz (PSR) desarrollada bajo condiciones de invierno en 1989.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- (gr/maceta) -----			
0	7.05	8.68	8.81	8.58
200	8.32	8.49	8.36	8.48
400	8.31	8.65	8.57	9.20

DMS $\alpha = 0.05$ 0.73 gr/ maceta

Con la aplicación de fósforo y la interacción P x F no se muestran diferencias estadísticas en el rendimiento del PSR, ya que las F calculadas son menores que las F de las tablas al 5% de probabilidad de error, señalando que no hubo incrementos de rendimiento o desarrollo del sistema radical al aplicar fósforo solo o combinado éste con porqueraza. La consistencia de la producción de raíz en la mayoría de los tratamientos indica que la planta no tuvo limitantes fuertes para su desarrollo radical posiblemente por las características físicas adecuadas del suelo por tratarse de un Andisol con una porosidad alta. También los datos nos informan que esta variable no es muy apropiada para evaluar el efecto de los tratamientos del ensayo.

5.7. Fósforo extraído del suelo.

En los Cuadros 8A, 9A y 10A del Apéndice se presentan los Análisis de Varianza del fósforo extraído para F_1 (24 días), F_2 (48 días) y F_3 (72 días). En cada uno de los Análisis de Varianza las diferencias entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas al 0.01, 0.07 y 0.6% de probabilidad de error respectivamente. Para las repeticiones no hubo diferencia estadística significativa en cada uno de los Análisis de Varianza ya que las F calculadas fueron menores que las F de tablas al 5% de probabilidad de error señalando que entre las repeticiones no hubo variaciones. Con respecto a la aplicación de porqueraza sola, los Análisis de Varianza indican que hubo diferencias estadísticas significativas en cada una de ellas entre los diferentes niveles de aplicación. En el Cuadro 8A, para F_1 , el efecto de la porqueraza fue significativo al 1% de error ($P > F_c$ al 0.01 de error). En F_2 , Cuadro 9A, el efecto de la porqueraza no fue significativo ($P > F_c$ al 0.19 de error), siendo la **excepción**, pero sí existió una diferencia significativa para F_3 (Cuadro 10A) con una probabilidad de error de 0.3% ($P > F_c$ al 0.003 de error).

Los efectos de aplicación de porqueraza se observan en el Cuadro 10 del texto, en el que se aprecia un abatimiento de fósforo disponible al transcurrir el tiempo (Figuras: 2, 3, 4 y 5), de la siembra a la cosecha. Este abatimiento podría estar relacionado con los procesos de absorción de fósforo por la planta y fijación de fósforo por el suelo.

Por lo que respecta a la aplicación independiente de fósforo para las variables F_1 , F_2 y F_3 , el Análisis de Varianza detecta una diferencia al-

CUADRO 10. EFECTO DEL TIEMPO SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN UN SUELO DE ANDO DE LA SIERRA TARASCA EN MICHOACAN.

PORQUERAZA (TON/HA)	P ₂ O ₅ (KG/HA)	TIEMPO (DIAS)			MEDIA PORQUERAZA
		24	48	72	
----- P (ppm) -----					
0	0	0.70	0.24	0.07	
0	200	1.41	1.05	0.38	0.85
0	400	1.92	1.50	0.42	
2	0	0.70	0.69	0.33	
2	200	0.84	0.60	0.71	0.72
2	400	1.37	0.61	0.70	
4	0	1.40	0.73	0.31	
4	200	1.43	1.43	0.72	1.17
4	400	2.06	1.94	0.59	
6	0	0.73	0.69	0.59	
6	200	1.36	1.24	0.65	1.25
6	400	2.41	2.13	1.47	
MEDIA POR FECHAS		1.36	1.07	0.57	

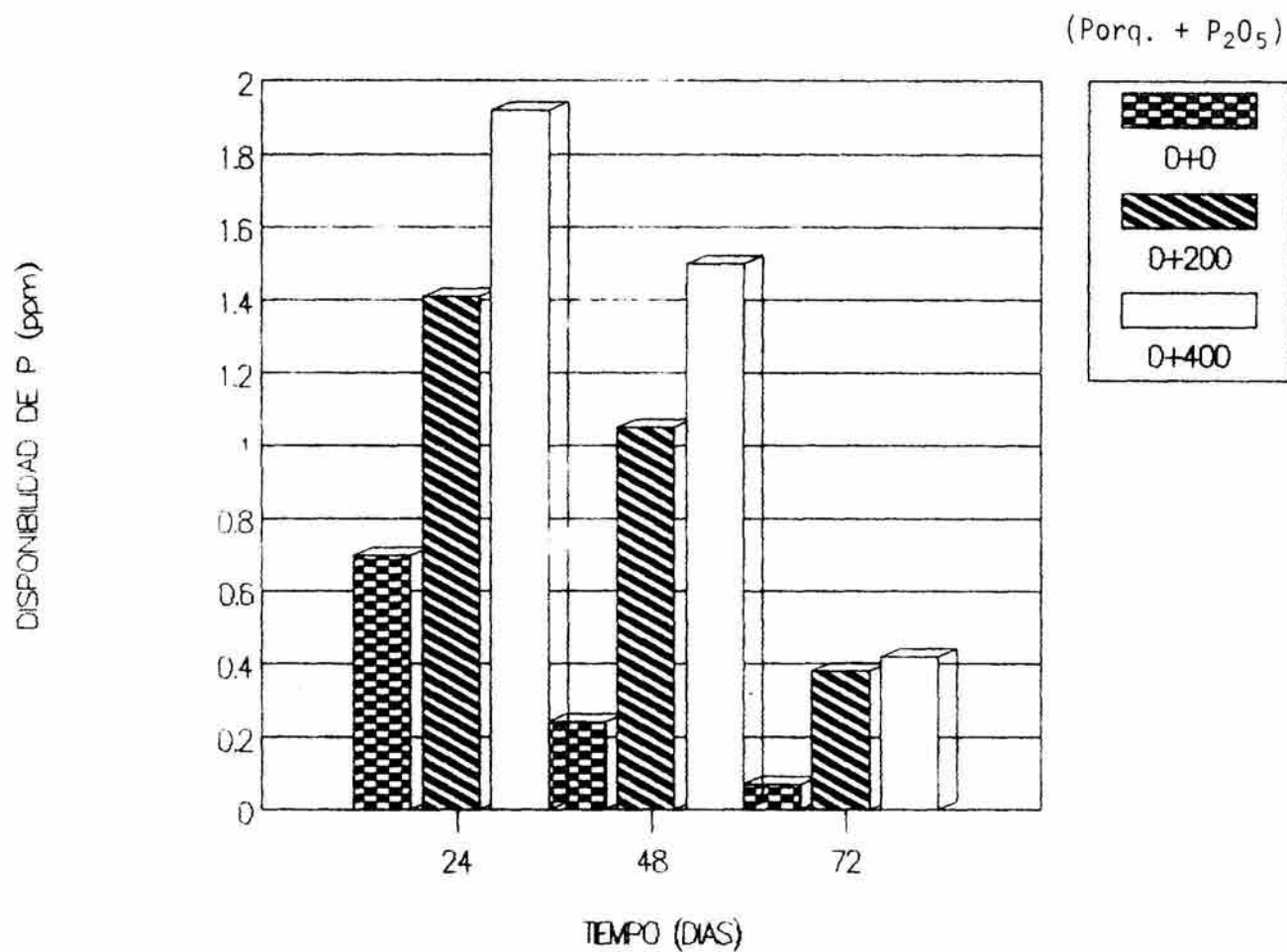


Figura 2. Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el edo. de Michoacán.

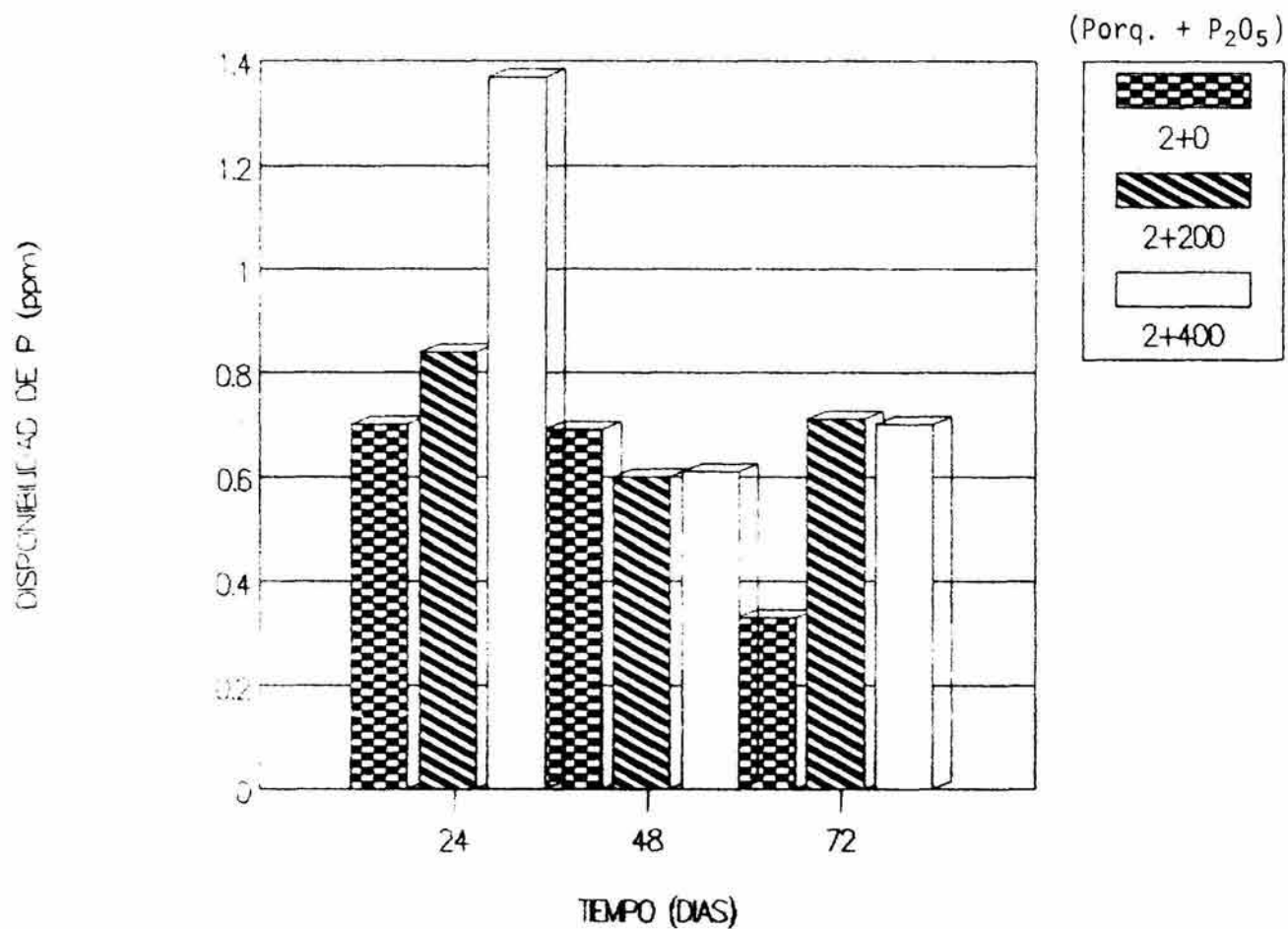


Figura 3. Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán.

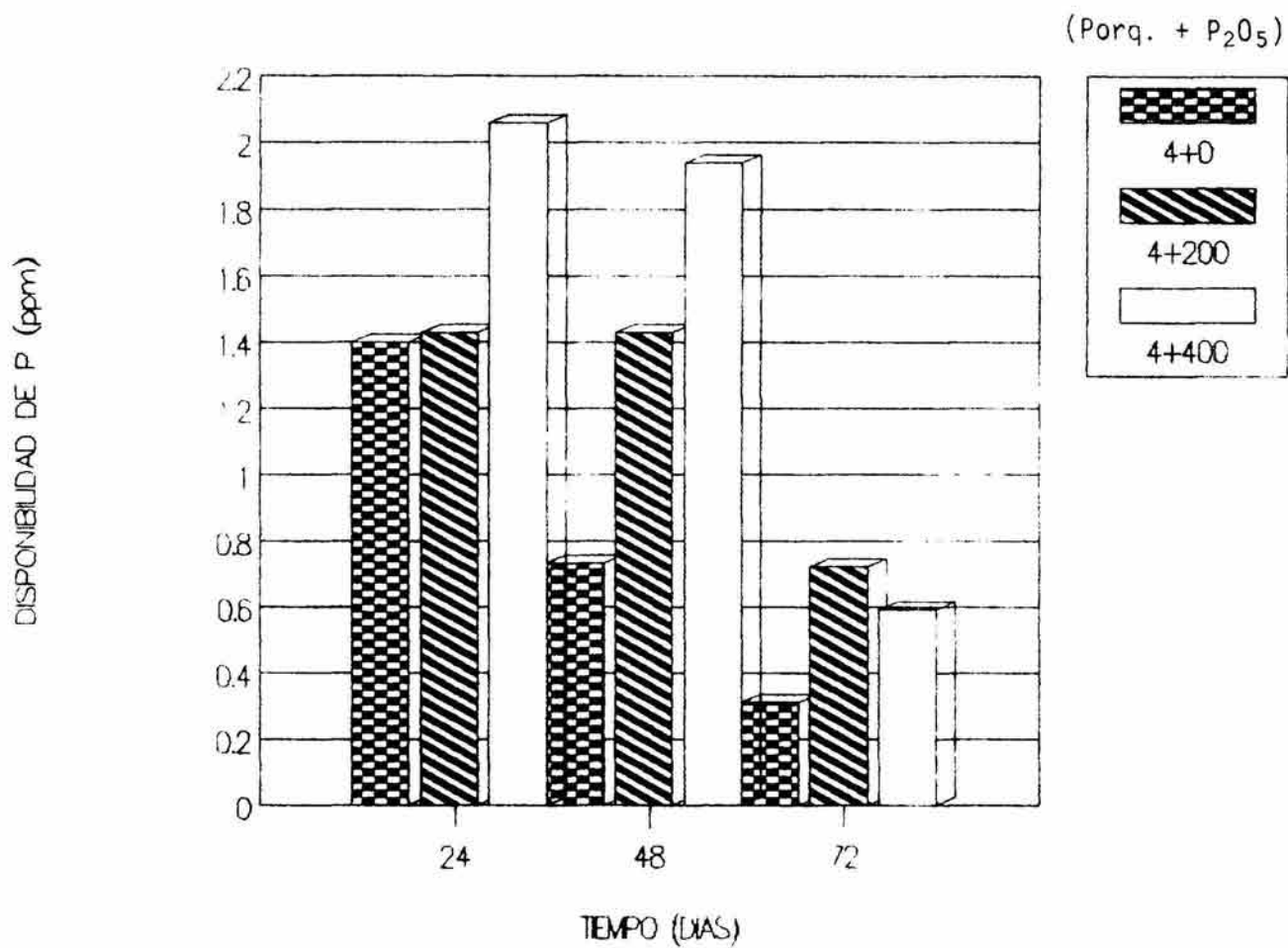


Figura 4. Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán.

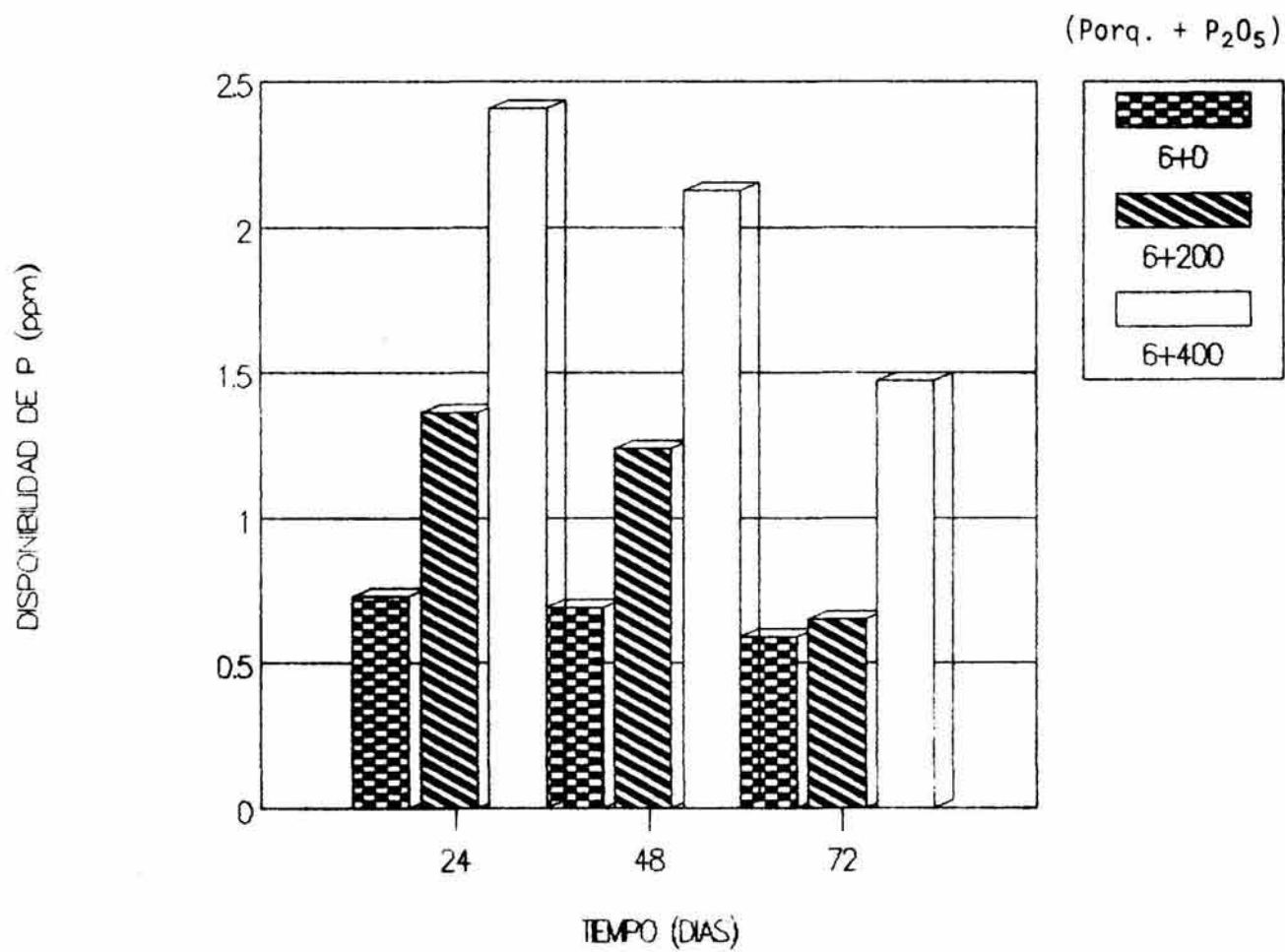


Figura 5. Efecto del tiempo sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando de la Sierra Tarasca en el Edo. de Michoacán.

tamente significativa entre los niveles de aplicación de fósforo para F_1 y F_2 al 0.01% de error y no significativo para F_3 . La interacción $P \times F$ no mostró diferencias significativas para F_1 , F_2 y F_3 con probabilidades de error al 10%, 5% y 11% de error respectivamente. De acuerdo con los datos del Cuadro 10, el fósforo disponible a los 24, 48 y 72 días después de la siembra de maíz, aumenta cuando se aplica en cantidades crecientes el P_2O_5 y porqueraza (Moncada, 1960).

A los 24 días después de la siembra hubo una mayor disponibilidad de fósforo al aplicarse P_2O_5 , porqueraza y las combinaciones correspondientes (Figura 6), y la menor disponibilidad de fósforo se observó a los 72 días, cuando se cosechó el experimento (Figura 8).

5.8. Concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

En el Apéndice se encuentran los Análisis de Varianza para las diferentes concentraciones de nitrógeno (Cuadro 11A) no observándose diferencias significativas entre tratamientos, entre repeticiones, aplicación de porqueraza, aplicación de fósforo y la interacción $P \times F$, ya que las F calculadas (F_c) fueron menores que las F de tablas al 5% de probabilidad de error.

En el Cuadro 11 del texto se observa que la concentración de nitrógeno en el tejido de la planta no muestra ninguna diferencia en relación a los tratamientos de porqueraza y P_2O_5 aplicados, que sin duda se debe a un efecto de dilución por un mayor desarrollo de las plantas, cuando se trataron con mayores cantidades de porqueraza y P_2O_5 (Cuadro 12).

Cuadro 11. Concentración de nitrógeno (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- % N -----			
0	2.42	2.29	2.09	2.33
200	2.36	2.67	2.23	2.49
400	2.62	2.59	2.46	2.60

DMS $\alpha = 0.05$ 1.25%

Cuadro 12. Nitrógeno absorbido por la planta bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- gr N/maceta -----			
0	0.13	0.19	0.26	0.41
200	0.21	0.37	0.28	0.29
400	0.24	0.38	0.39	0.39

El análisis de Varianza para fósforo se encuentra en el Apéndice, Cuadro 12A, donde se observó que hubo diferencias significativas entre tratamientos, aplicación de porqueraza, aplicación de fósforo y la interacción $P \times F$, al 0.01%, 0.02%, 0.46% y 2% de probabilidad de error respectivamente. Entre las repeticiones no hubo diferencia significativa ya que la F calculada (F_c) fue menor a la F de tablas al 5% de error.

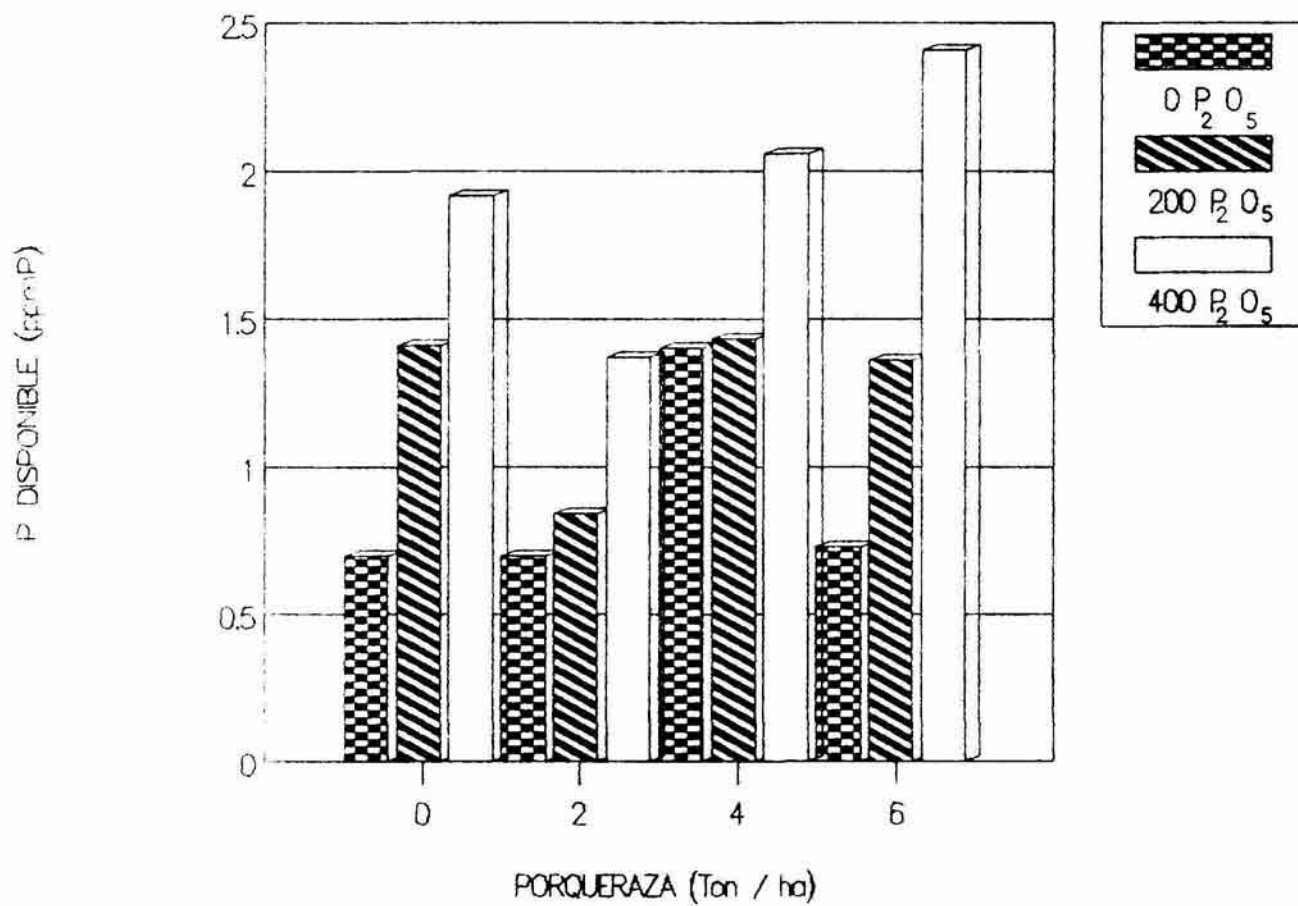


Figura 6. Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 24 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero.

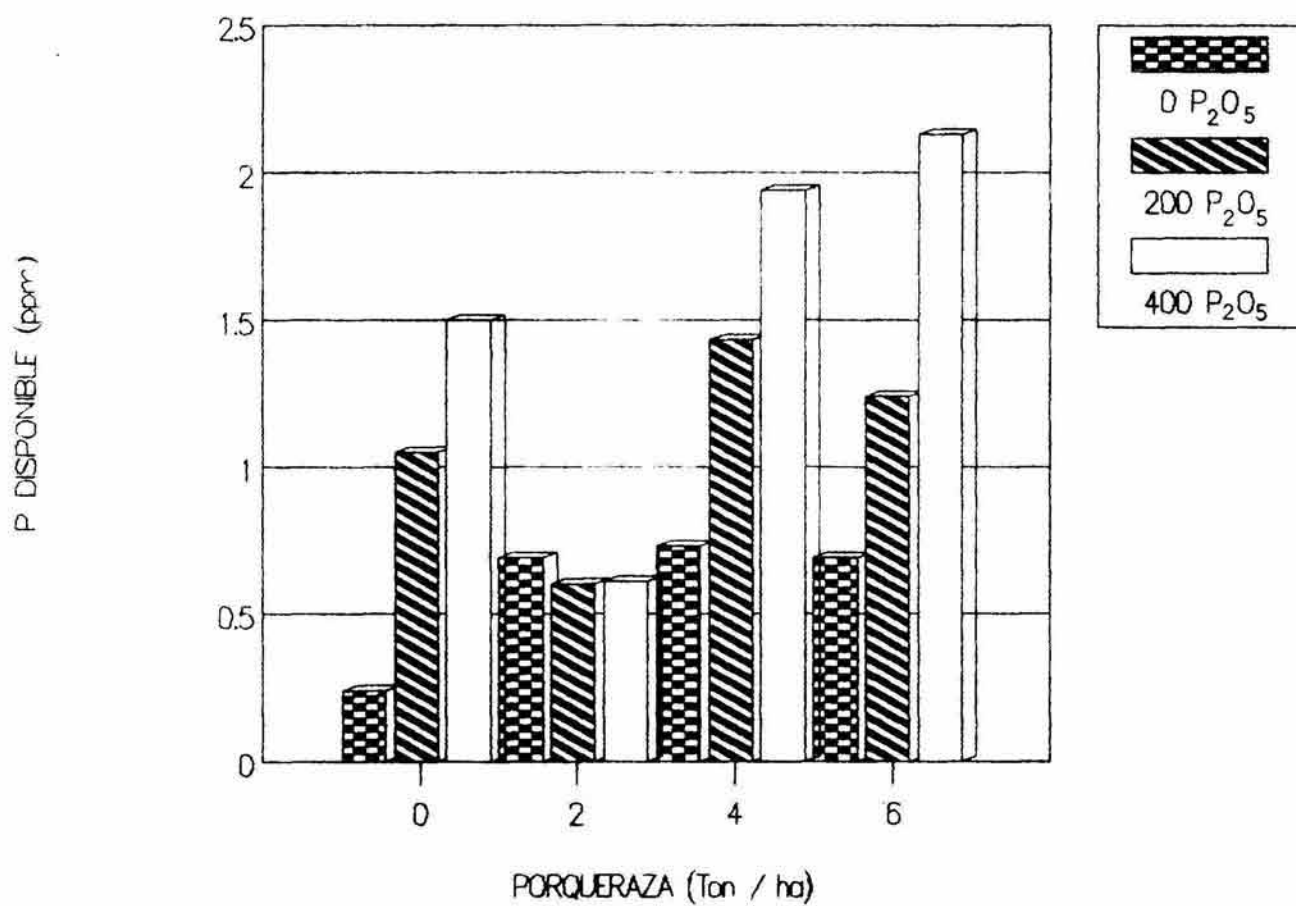


Figura 7. Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 48 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero.

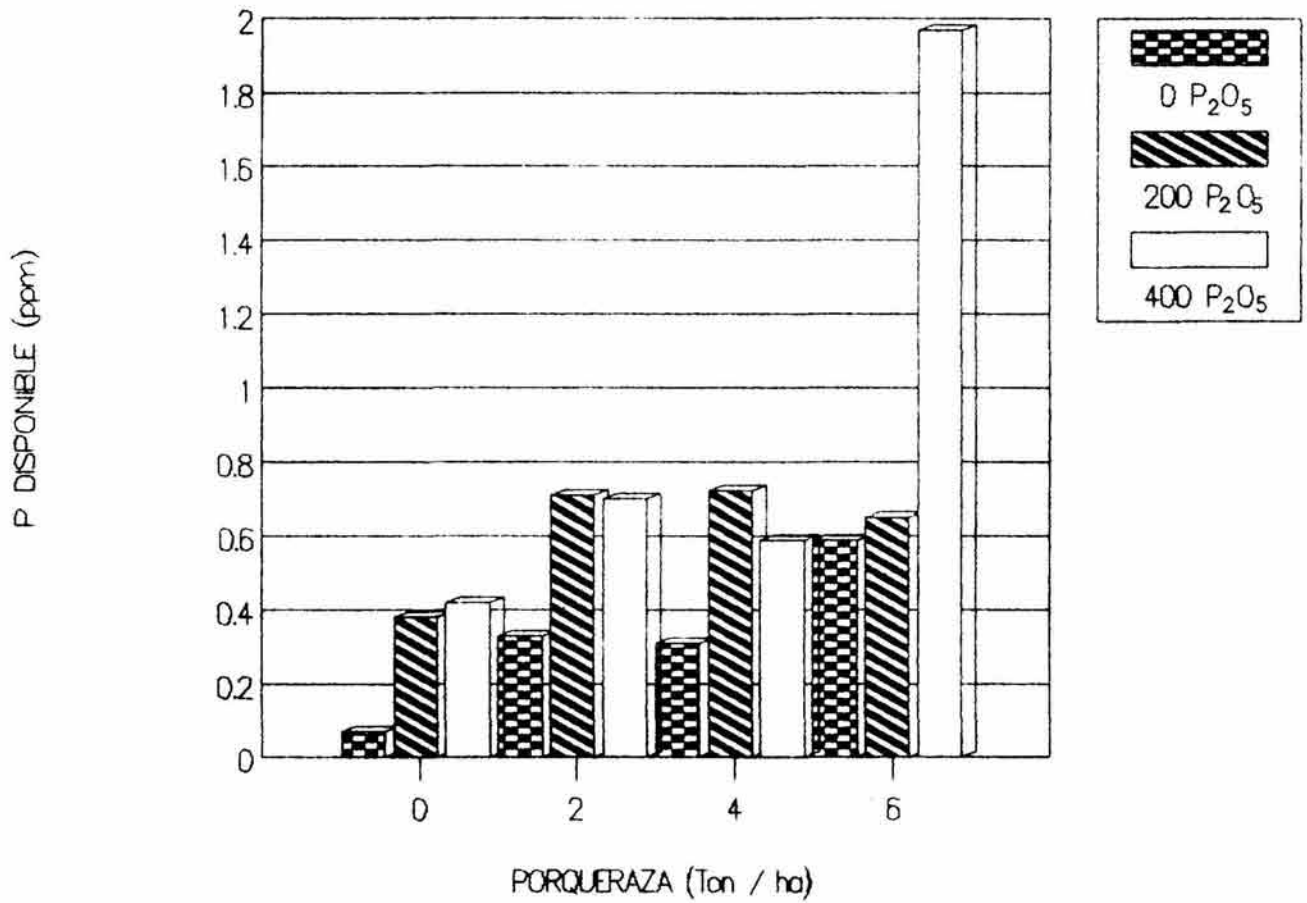


Figura 8. Efecto de la porqueraza sobre la disponibilidad de fósforo en un suelo de ando a los 72 días después de la siembra de maíz criollo desarrollado bajo condiciones de invernadero.

Por otra parte, en base a la concentración de fósforo en el tejido de la planta, se observó una tendencia de aumentar en la concentración de ésta por efecto de la aplicación de porqueraza y P_2O_5 (Cuadro 13 y 14).

En el Cuadro 13A del Apéndice se encuentra el Análisis de Varianza para potasio apreciándose que hubo diferencias significativas para las diferentes concentraciones de potasio entre tratamientos, aplicación de porqueraza, aplicación de fósforo y la interacción $P \times F$ con probabilidades de error de 0.01, 0.01, 2.2 y 0.06% respectivamente. Entre las repeticiones no hubo diferencias significativas ya que la F calculada (F_c) fue menor a la F de tablas al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 13. Concentración de fósforo (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- % P -----			
0	0.09	0.11	0.12	0.14
200	0.13	0.11	0.15	0.13
400	0.13	0.13	0.16	0.12
DMS $\alpha = 0.05$	0.03%			

En el Cuadro 15 del texto se aprecia la concentración de potasio en el tejido vegetal de Maíz Criollo. En él se observa que hay una disminución a medida que se aplica la porqueraza en niveles de 0, 2, 4 y 6 ton/ha combinados con 0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 , ascendiendo ligeramente, cuando se combinan 6 ton/ha de porqueraza con los tres niveles de aplicación de P_2O_5 .

Cuadro 14. Fósforo absorbido por la planta bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- gr P/maceta -----			
0	0.005	0.009	0.015	0.025
200	0.012	0.015	0.019	0.015
400	0.012	0.018	0.025	0.018

Cuadro 15. Concentración de potasio (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- % K -----			
0	3.57	2.76	2.19	1.84
200	2.83	2.57	2.25	1.89
400	2.40	2.30	2.10	2.33

DMS α = 0.05 0.79%

En el Apéndice se observa el Análisis de Varianza para el calcio (Cuadro 14A), indicando que sí hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aplicación de porqueraza sola y la aplicación de fósforo al 0.01, 0.01 y 0.3% de error respectivamente.

En cambio no se apreciaron diferencias estadísticas significativas para las repeticiones y la interacción P x F ya que la F_c fue menor que la F de tablas al 5% de probabilidad de error.

En el Cuadro 16 se muestra la concentración de calcio en el tejido vegetal de maíz, indicando la misma tendencia de disminución en la concentración de este elemento a medida que se aplican niveles crecientes de porqueraza combinados con 0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 . Al mantener constantes las aplicaciones de porqueraza con 0, 2 y 4 ton/ha la concentración de calcio tiende a disminuir al aumentar la aplicación de P_2O_5 en kg/ha, con excepción de 6 ton/ha de porqueraza donde la concentración de calcio aumenta ligeramente con aplicaciones de 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 respectivamente.

Cuadro 16. Concentración de calcio (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de P_2O_5 y porqueraza en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- % Ca -----			
0	0.54	0.47	0.41	0.37
200	0.52	0.45	0.34	0.35
400	0.49	0.28	0.39	0.38
DMS α = 0.05	0.12%			

En el Apéndice se observa el Análisis de Varianza para el magnesio (Cuadro 15A), indicando que hubo diferencia estadística significativa con la aplicación de porqueraza al 4% de probabilidad de error. En cambio en tre tratamientos, repeticiones y aplicación de fósforo no hubo diferencias significativas ya que las *F* calculadas fueron menores que las *F* de tablas al 5% de probabilidad de error.

En el Cuadro 17 del texto se presenta la concentración de magnesio en el tejido vegetal de maíz y como se observa, muestra el mismo comportamiento que los dos elementos anteriores, es decir, el descenso en la concentración de magnesio al aplicar la porqueraza en niveles crecientes de 0, 2, 4 y 6 ton/ha combinada con 0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 .

Cuadro 17. Concentración de magnesio (%) en tejido vegetal de maíz desarrollado bajo diferentes tratamientos de porqueraza y P_2O_5 en un suelo de Ando.

P_2O_5 (kg/ha)	Porqueraza (ton/ha)			
	0	2	4	6
	----- % Mg -----			
0	0.47	0.48	0.46	0.38
200	0.52	0.49	0.45	0.38
400	0.44	0.48	0.44	0.38
DMS $\alpha = 0.05$	0.13%			

Con respecto a los macroelementos, Etchevers *et al.*, (1985b) reportan que las concentraciones medias de potasio (2.16%), calcio (0.27%) y magnesio (0.30%) caen dentro de los porcentajes considerados como adecuados. Aunque el calcio se ubica dentro del intervalo de porcentaje máximo.

Los resultados obtenidos de estos elementos no llegan a los límites críticos de deficiencia según Etchevers *et al.*, (1985b), lo cual puede estar relacionado con un efecto de dilución por un mayor desarrollo de las plantas.

VI. INCUBACIONES EN LABORATORIO

Del experimento de incubación en laboratorio con los diferentes tratamientos de aplicación de porqueraza y fósforo químico al suelo, los resultados se presentan en el Cuadro 18, y en las figuras 9, 10 11, 12, 13 y 14 se muestran las tendencias de disponibilidad de fósforo por estos efectos.

En la Figura 9, se observa que al aplicar fósforo químico en niveles crecientes de 0, 150, 300, 450 y 600 ppm sin porqueraza, la cantidad de fósforo disponible se abate conforme al tiempo avanza hasta los 24 días de incubación para el tratamiento con 600 ppm de fósforo. Para los otros tratamientos de aplicación de este elemento el abatimiento del fósforo disponible ocurre hasta los 8 días de incubación incrementándose ligeramente a los 16 días para volver a abatirse a los 24 días de incubación. El incremento de la disponibilidad de fósforo a los 16 días de incubación posiblemente se deba a la mortandad de algunos microorganismos del suelo y su mineralización después de los 8 días de incubación. El abatimiento es causado posiblemente por una inmovilización de fósforo por los microorganismos, ya que el fósforo quizá esté limitado en el hábitat donde se desarrolla la flora microbiana, asimilando el fósforo para sus propias necesidades nutrimentales. Otro fenómeno que se involucra probablemente, es el de fijación de fósforo en el suelo por las reacciones del material amorfo de fierro y aluminio con los iones fosfato, como se observa en el tratamiento con 600 ppm de fósforo.

Cuadro 18. Resultados de fósforo extractable (ppm) en los tratamientos de incubación en laboratorio.

Días de incub. Porq. (ton/ha) % Fij. de P.	4				8				16				24				\bar{x} ppm P			
	0	2	4	6	0	2	4	0	0	2	4	0	0	2	4	0				
0	0.77	0.66	0.70	0.91	0.69	1.48	1.30	1.76	0.15	0.23	0.23	1.76	1.76	1.76	4.39	2.80	21.80*	24.61*	2.81	1.42
150	1.47				1.36	1.32	1.63	1.09	0.75	1.24	1.35	1.26	1.83	1.16	0.80	1.07				1.26
300	3.04				2.02	3.66	2.02	1.71	1.94	2.29	2.23	2.31	2.45	1.88	1.88	1.83				2.25
450	6.41				3.97	3.62	3.77	3.23	3.74	3.93	4.33	3.89	4.24	2.60	2.69	2.78				3.78
600	6.89				4.55	3.89	4.52	4.67	4.44	4.56	4.55	4.99	5.08	3.59	4.26	4.58				4.65
\bar{x}	3.71				2.51	2.79	2.64	2.17	2.22	2.45	2.84	2.84	3.60	2.40	2.34	2.61				

*MUESTRA SOLO CON PORQUERAZA

† DE FOSFATO DE CALCIO MONOBASICO (Ca(H₂PO₄) .H₂O).

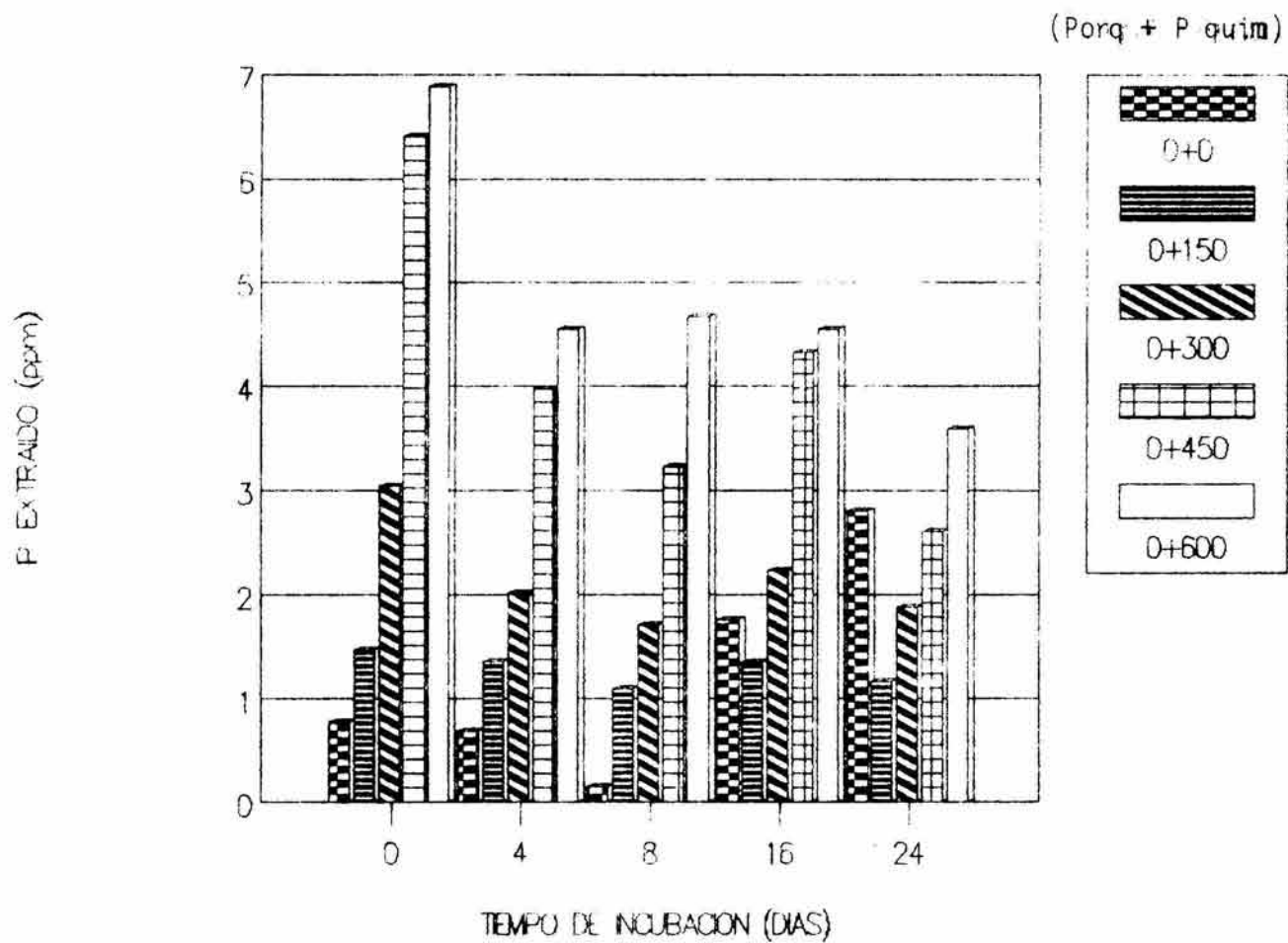


Figura 9. Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado sin porqueraza.

Cuando se aplican 2 ton/ha de porqueraza, en los tratamientos con 0, 150 y 300 ppm de fósforo, la disponibilidad de este elemento disminuye de los 4 a los 8 días de incubación, pero en los tratamientos con 450 y 600 ppm de fósforo aumenta la disponibilidad de fósforo desde los 4 hasta los 16 días. A los 16 días de incubación también aumenta la disponibilidad de fósforo en los tratamientos con 0, 150 y 300 ppm de fósforo, posiblemente por la muerte masiva de los microorganismos (Figura 10). A los 24 días de incubación, se observa un aumento al aplicar sólo 2 ton/ha de porqueraza, al combinarse esa misma cantidad de porqueraza con niveles crecientes de fósforo (0, 150, 300, 450 y 600 ppm), la disponibilidad de fósforo en el suelo disminuye.

Al aplicar 4 ton/ha de porqueraza, la disponibilidad de fósforo disminuyó de los 4 a los 8 días de incubación para los tratamientos con 0 y 150 ppm de fósforo y aumentó con 300, 450 y 600 ppm de fósforo de los 4 a los 16 días de incubación. A los 24 días de incubación se observó un abatimiento de fósforo disponible, posiblemente por la inmovilización o fijación de este elemento (Figura 11). El abatimiento de fósforo aprovechable de los 4 a los 8 días de incubación para los tratamientos 0 y 150 ppm de fósforo puede estar relacionado con el proceso de retención de fósforo disponible. Cuando se aplicaron al suelo 300, 450 y 600 ppm de fósforo se observó un aumento continuo de fósforo disponible de los 4 a los 16 días de incubación. En aquellos tratamientos (0 y 150 ppm de fósforo) donde se observó un abatimiento de fósforo disponible a los 8 días de incubación se detectó un incremento notable de fósforo disponible a los 16

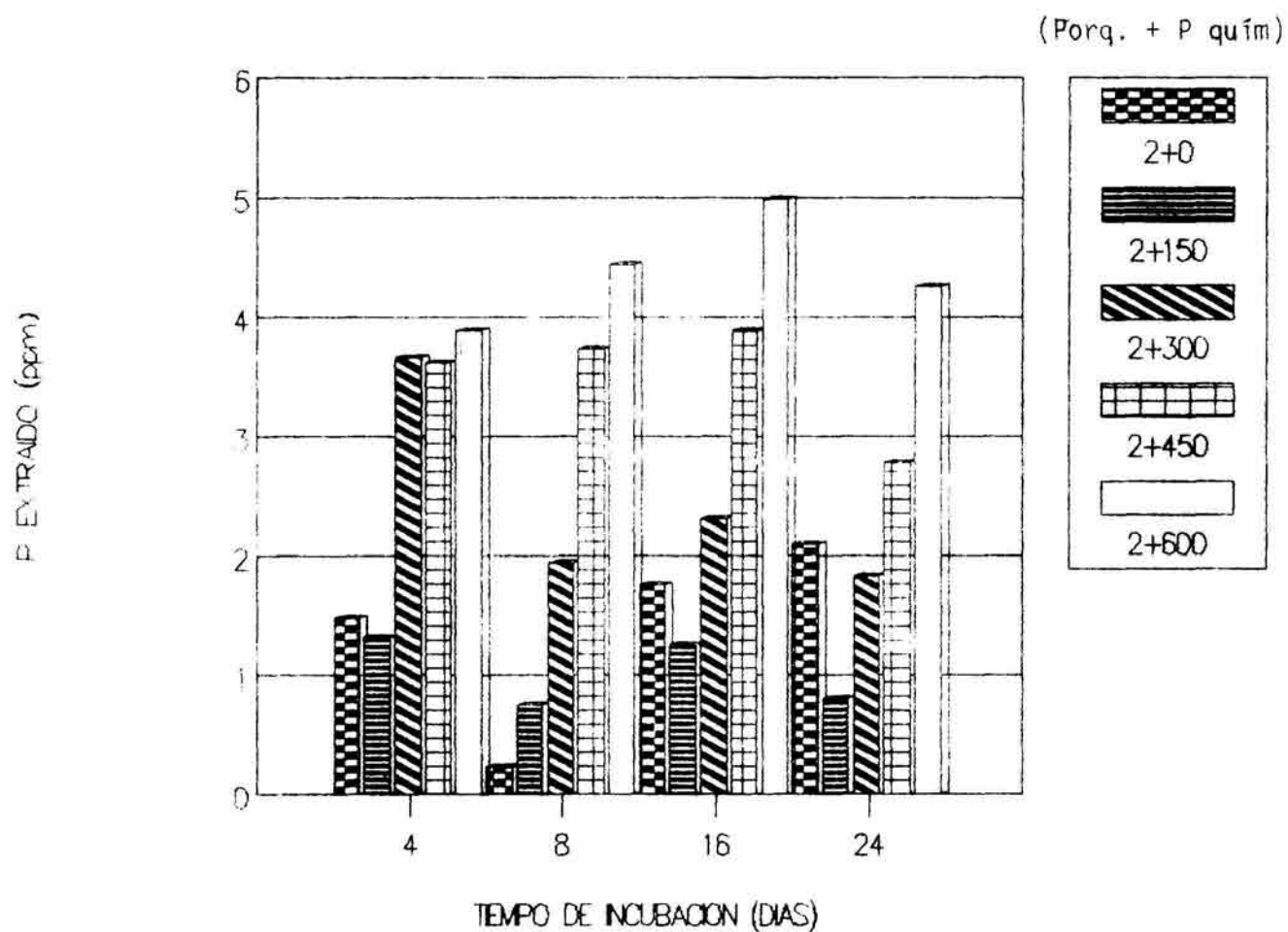


Figura 10. Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado con 2 ton/ha de porqueraza.

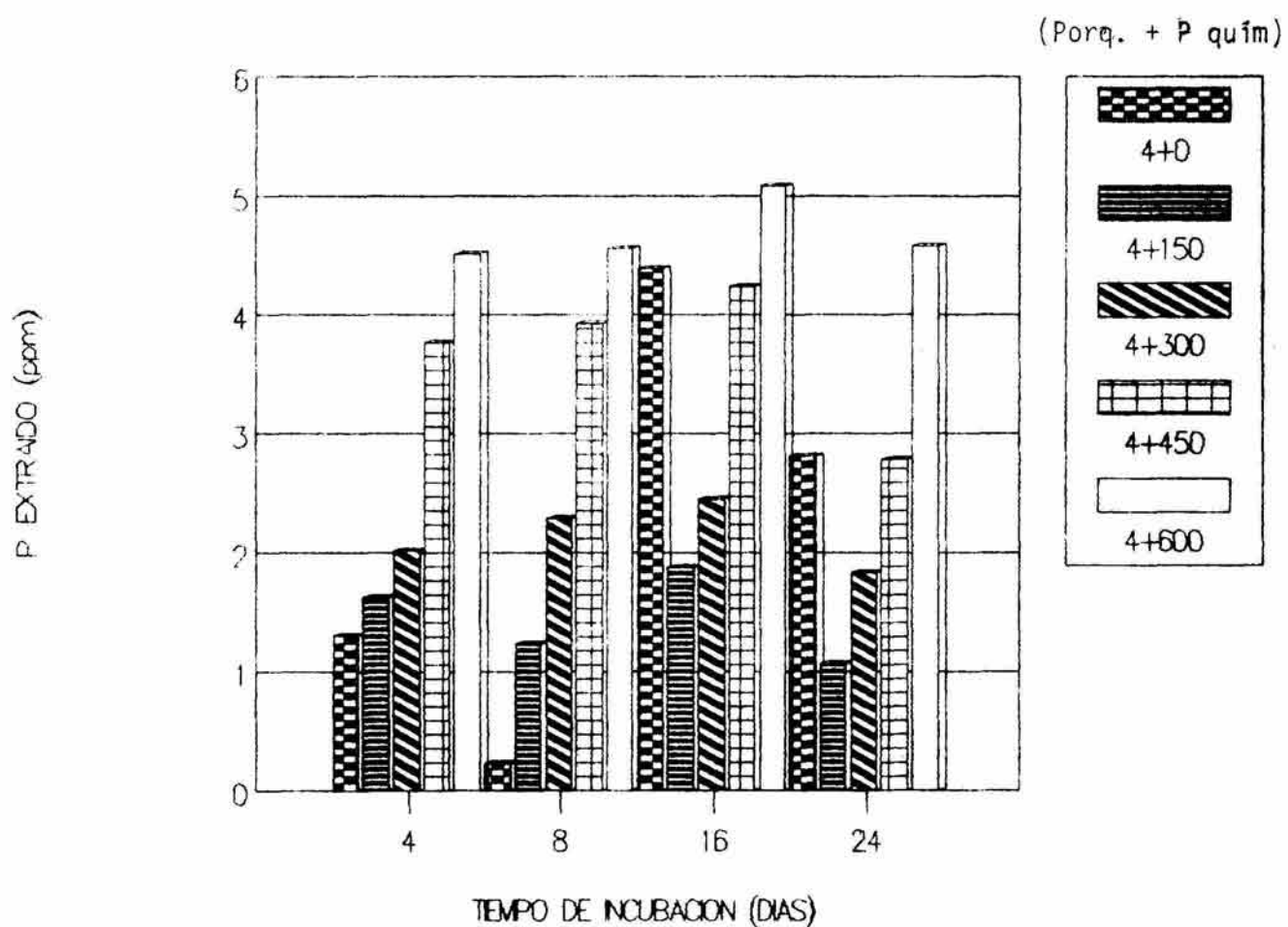


Figura 11. Fósforo extraído (Bray-2) en diferentes tiempos de incubación bajo diferentes tratamientos de fertilizante fosfatado con 4 ton/ha de porqueraza.

días de incubación, no así en los demás tratamientos. Esta tendencia particular de la disponibilidad de fósforo en el tratamiento con 0 ppm de fósforo a los 16 días de incubación, probablemente se deba a la liberación de fósforo por la mineralización de la porqueraza y una baja población microbiana por falta de fósforo inorgánico que no inmovilizó el fósforo liberado de la porqueraza. Después de este período de incubación (16 días) se aprecia un abatimiento de fósforo disponible en todos los tratamientos de fósforo, que puede estar relacionado principalmente por un proceso de inmovilización además de la retención de fósforo (Figura 11).

En la Figura 12 se grafican los diferentes tratamientos de fósforo inorgánico aplicado al suelo, contra el fósforo extraído por el método Bray P-2 a los 0, 4, 8, 16 y 24 días de incubación. En el tratamiento con 0 ton/ha de porqueraza y 0 ppm de fósforo se observa un abatimiento de fósforo disponible de 0 a 8 días de incubación; pero a partir de esta fecha hasta los 24 días de incubación hubo un incremento de fósforo disponible. Esta tendencia posiblemente esté relacionada con una fijación e inmovilización de fósforo hasta los 8 días y posteriormente una liberación de fósforo por la muerte de los microorganismos que proliferaron en los primeros días de incubación. Cuando se hicieron aplicaciones al suelo de 150, 300, 450 y 600 ppm de fósforo, en todos los casos hubo un abatimiento continuo de disponibilidad de fósforo al transcurrir los diferentes tiempos de incubación. Estos decrementos de fósforo extraído también pueden estar relacionados con la retención e inmovilización de fósforo. Sin embargo al ir aumentando la aplicación de fósforo en ppm también fue aumentando la cantidad de fósforo extraído señalando una mayor disponibilidad

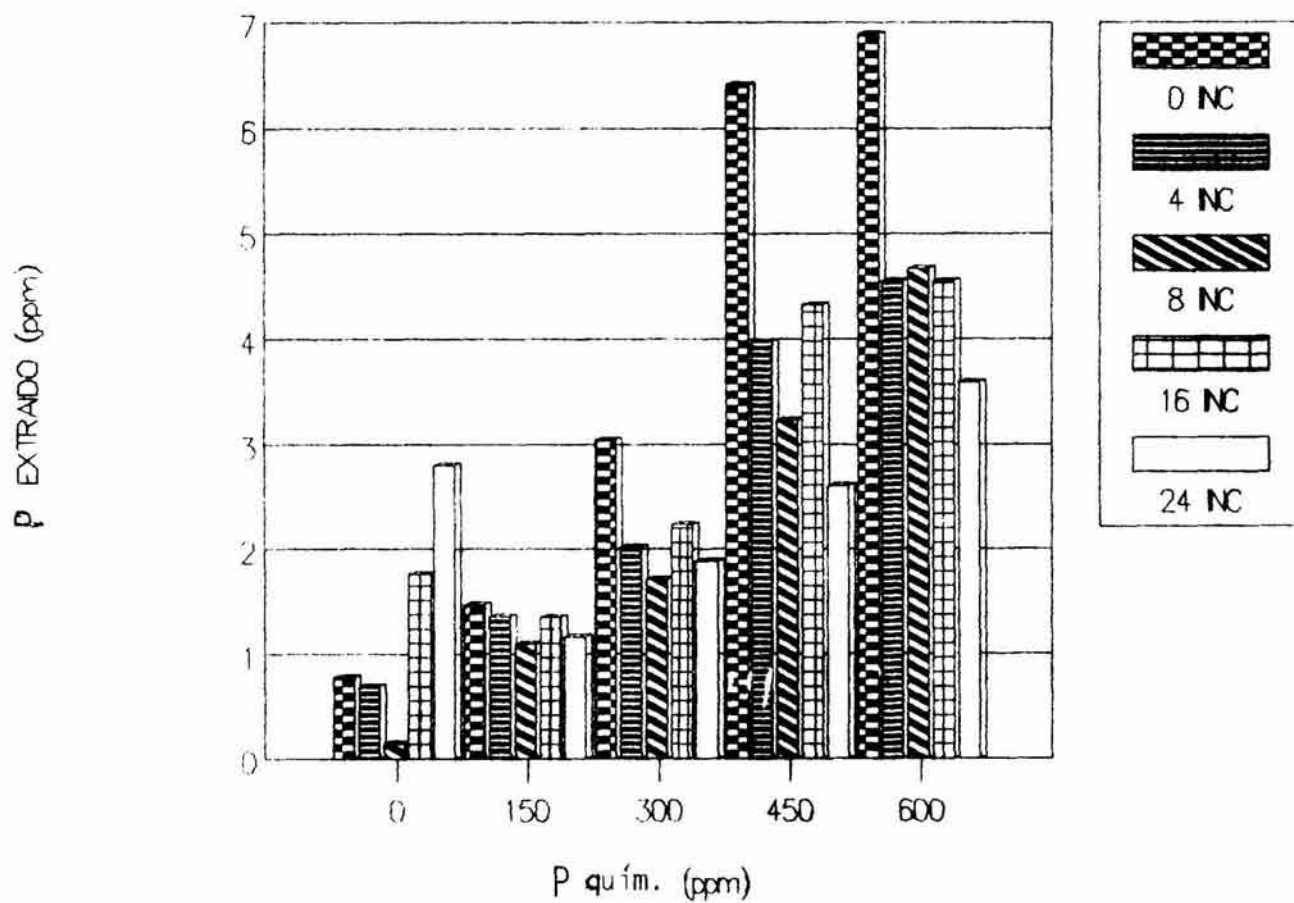


Figura 12. Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada con 0 ton/ha de porqueraza en diferentes tiempos de incubación.

de este nutrimento (Cuadro 18).

En la Figura 13 se presentan los valores de fósforo extraído para los distintos niveles de aplicación de fósforo a diferentes días de incubación. En general se observa un incremento en la cantidad de fósforo extraído al aumentar la cantidad de fósforo aplicado al suelo de 0 a 600 ppm.

En esta figura también se observa que cuando se aplica al suelo 0 ó 150 ppm de fósforo a los 8 días de incubación hay un abatimiento de fósforo disponible, aumentando a los 16 y 24 días de incubación con 0 ppm de fósforo, y con 150 ppm de fósforo, hay un ligero incremento a los 16 días, y luego, un abatimiento a los 24 días de incubación. Estas tendencias posiblemente estén relacionadas con la inmovilización y fijación de fósforo; sin embargo cuando se aplicó 150 ppm de fósforo, el fósforo extraído fue menor que cuando no se aplicó fósforo. Esto parece indicar que una adición pequeña de fósforo estimula una mayor proliferación de microorganismos que inmovilizan mayor cantidad de fósforo. Cuando se aplica 300 ppm de fósforo la tendencia general es disminuir el fósforo extraído a través del tiempo de 4 a 24 días de incubación, en cambio cuando se aplican 450 y 600 ppm de fósforo hay un ligero incremento de fósforo disponible de 4 a 16 días de incubación y un ligero abatimiento a los 24 días de incubación. Esta tendencia con niveles de 450 y 600 ppm de fósforo puede ser un efecto de fósforo inorgánico aplicado que favorece la liberación del fósforo orgánico y el abatimiento posiblemente esté relacionado con una inmovilización de fósforo.

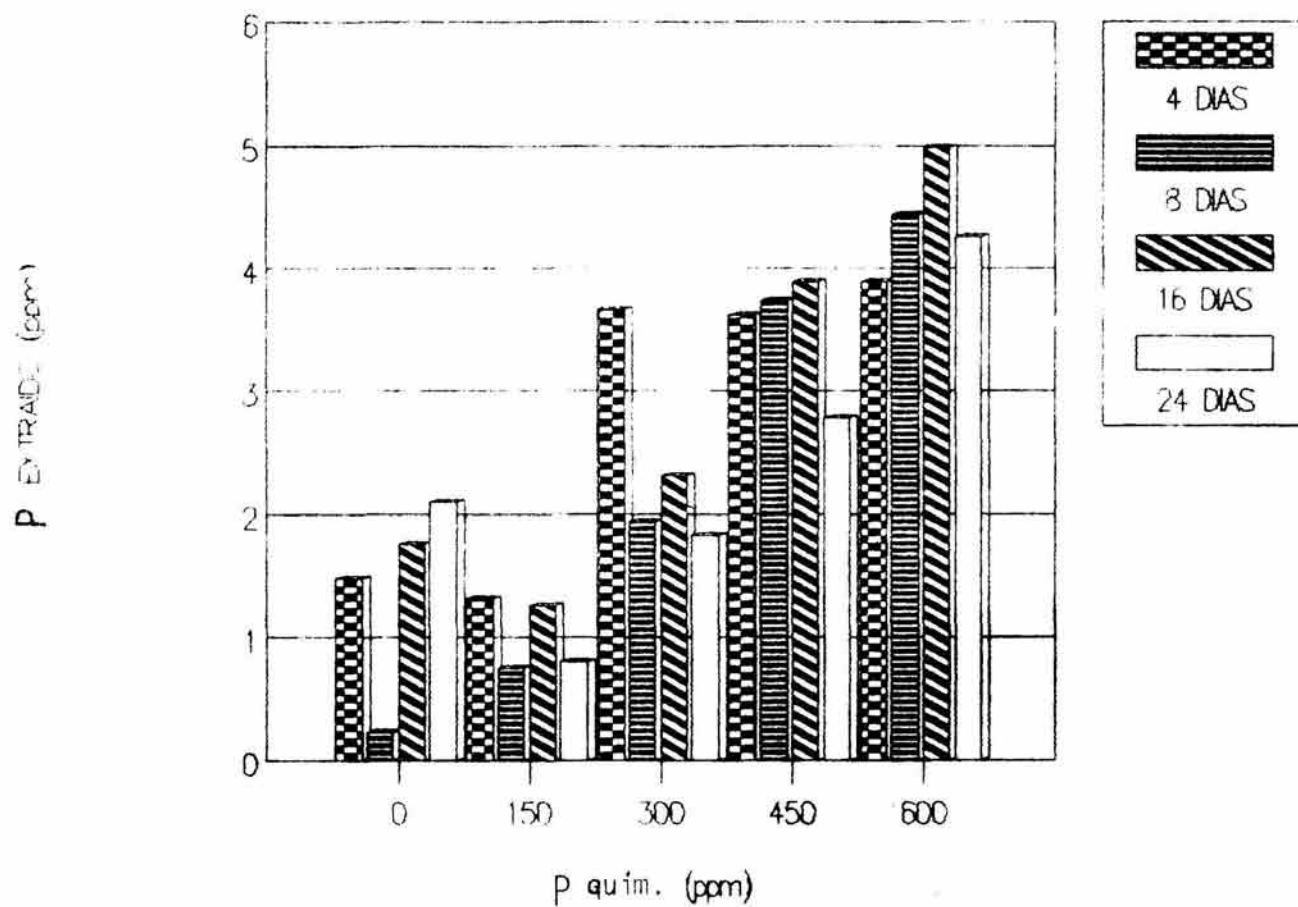


Figura 13. Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada con 2 ton/ha de porqueraza en diferentes tiempos de incubación.

En la Figura 14 se presentan datos de fósforo extraído aplicando 4 ton/ha de porqueraza con diferentes niveles de aplicación de fósforo a los 4, 8, 16 y 24 días de incubación. En esta figura se aprecia la misma tendencia que se observó en la Figura 13. Con aplicación de 0 y 150 ppm de fósforo a los 8 días se observó un abatimiento de fósforo disponible, con la diferencia de que con 0 ppm de fósforo hubo una marcada liberación de fósforo extraído a los 16 días de incubación en comparación al tratamiento con 150 ppm de fósforo. Esta diferencia nuevamente corrobora que la aplicación de fósforo estimula la proliferación de los microorganismos y una mayor inmovilización del fósforo disponible. Con aplicaciones de 300, 450 y 600 ppm de fósforo se observó un incremento de fósforo disponible de 4 a 16 días de incubación y nuevamente un abatimiento a los 24 días de incubación, posiblemente por un efecto de inmovilización como sucede en la Figura 13.

En este estudio de incubación del suelo con diferentes tratamientos de porqueraza y fósforo, en general se observa que hay un incremento de fósforo disponible al aumentar la aplicación de fósforo.

A niveles de 450 y 600 ppm de fósforo aplicados al suelo, el fósforo extraído fue mayor con 0 ton/ha de porqueraza aplicada que con 2 y 4 ton, señalando que la porqueraza está inmovilizando el fósforo temporalmente y que con el tiempo puede pasar a forma disponible. De aquí la ventaja del uso de abono orgánico porque el fósforo bajo estas condiciones puede estar disponible para las plantas gradualmente, durante su desarrollo.

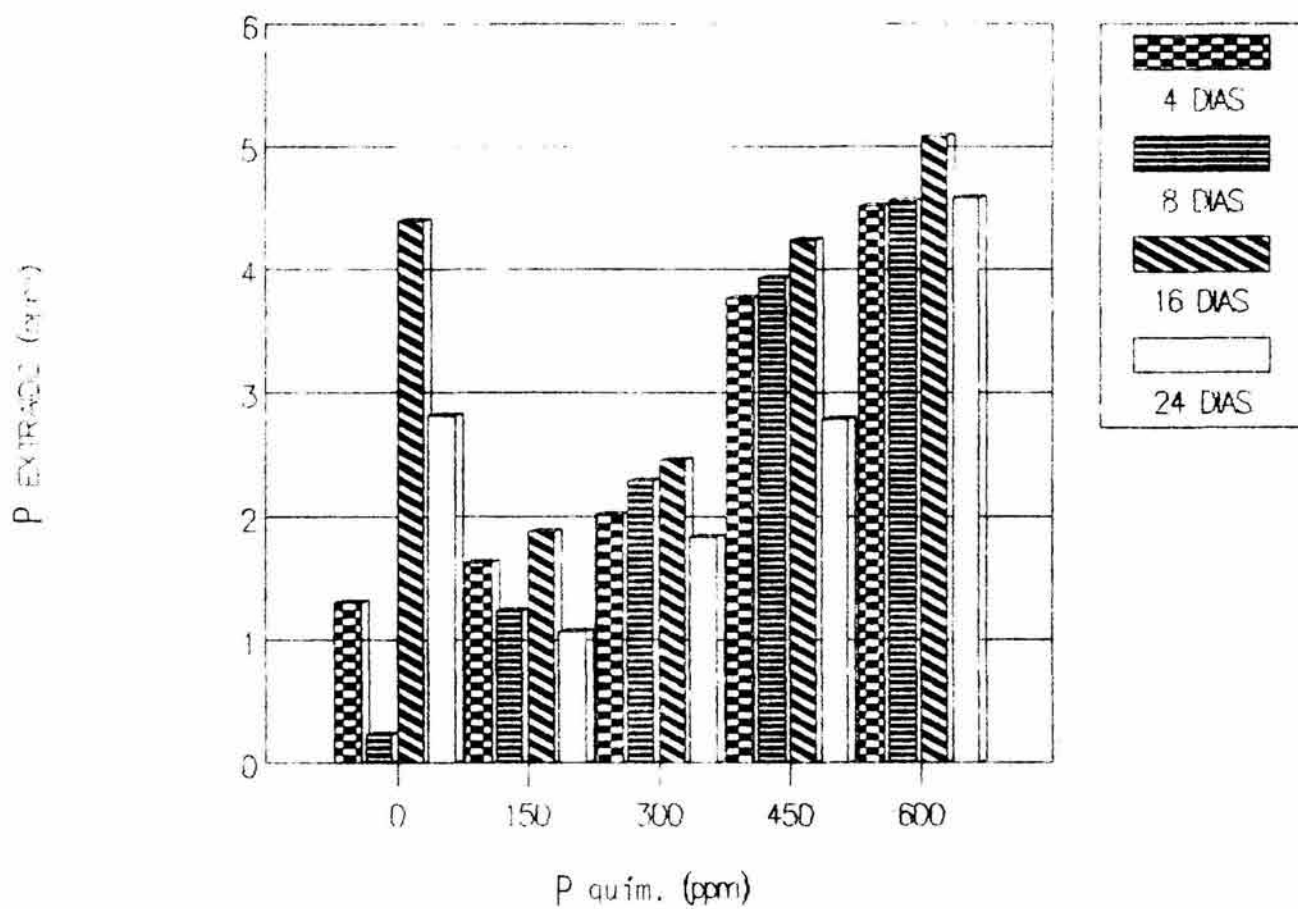


Figura 14. Fósforo extraído (Bray-2) bajo diferentes tratamientos de fertilización fosfatada con 4 ton/ha de porqueraza en diferentes tiempos de incubación.

Otra observación importante en estas figuras es la retención del fósforo que ocurre en forma rápida cuando no se aplica porqueraza al transcurrir el tiempo de incubación, la retención e inmovilización es bien notoria (Figura 12); pero cuando se aplican solamente 2 ton/ha de porqueraza con 0, 150 y 300 ppm de fósforo se observa la misma tendencia, en cambio cuando se aplican 4 ton/ha de porqueraza con niveles de 300, 450 y 600 ppm de fósforo siempre hay un incremento de fósforo disponible, indicando que de alguna forma la porqueraza está influyendo en la dinámica del fósforo aprovechable.

VII. CONCLUSIONES

Se encontró un efecto altamente significativo con la aplicación de porqueraza, P_2O_5 y la interacción porqueraza-fósforo para las variables dependientes: Peso húmedo de la planta (PHP), peso seco de la planta (PSP), altura de la planta (AP), su diámetro (DP), su área foliar (AF), el peso seco de raíz (PSR) y fósforo extractable a los 24 días (F_1), 48 días (F_2) y 72 días (F_3); incrementándose los rendimientos al aumentar en todos ellos los niveles de porqueraza y P_2O_5 .

La excepción a estos aumentos de rendimientos en dichas variables, se observó con la aplicación de 6 ton/ha de porqueraza combinada con los niveles crecientes de 0, 200 y 400 kg/ha de P_2O_5 al suelo. Quizá los abatimientos de rendimiento posiblemente se deban a la inmovilización del fósforo por un aumento de la población microbiana estimulada por la alta adición de materia orgánica, o por el antagonismo del fósforo con otros nutrimentos.

La porqueraza de alguna manera está influyendo en una mayor disponibilidad del fósforo para la planta, independientemente de que también es un buen proveedor de nitrógeno y de otros nutrimentos.

Por otra parte, si se realiza una investigación previa sobre el problema que vamos a analizar en forma profunda, permitirá vislumbrar lo mejor, es decir, se recomendaría llevar a cabo ciertos procedimientos

tos, para que el continuar con los estudios sobre la fijación de fósforo en los Andosoles, satisfagan las dudas de aquellos que deseen proseguir con esta investigación. Estos procedimientos son: El planteamiento del problema bien formulado. Conjeturas, de acuerdo con lo estudiado anteriormente, sobre el problema ya planteado. Derivar consecuencias lógicas de dichas conjeturas para adoptar las técnicas o metodologías más adecuadas que permitan resolver el problema y, entonces, interpretar resultados. Evaluar la eficacia de las técnicas empleadas así como de las conjeturas antes expuestas. Por último, enfatizar si esas conjeturas, técnicas y metodologías son aceptadas como un nuevo cuerpo de conocimiento para, posteriormente, formular los nuevos problemas originados por la investigación. Todo ello fortalecerá la calidad de la investigación y la cantidad de información será más precisa.

VIII. REFERENCIAS

1. Aguilar, Etchevers, Castellanos. 1987. Análisis químico para evaluar la Fertilidad del Suelo. Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo. Publicación especial No. 1. pp: 143-151.
2. Aguilera H.N. 1969. Distribución geográfica y características de los Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de México. C.E.I. del IICA, Turrialba, Costa Rica. pp: 1-3.
3. Aguilera H.N. 1979. Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas y Andosoles en la Producción Agropecuaria en: Memorias del Seminario sobre Suelos de Ando y sus Implicaciones en el desarrollo Agrícola de la Sierra Tarasca, Pátzcuaro. Mich.
4. Alexander Martin. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. AGT Editor, S.A. México. D.F. pp: 355-371.
5. AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists Washington, D.C.
6. Baeyens S. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo. Fisiología aplicada a las plantas agrícolas. Trad. Editorial Lemus. Madrid, España. pp: 270-340 y 361-481.
7. Baus P.J. 1980. Efecto de la Fertilización Orgánica e Inorgánica del Fósforo en un Suelo de Ando. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestro en Ciencias).
8. Bear F. Ed. 1964. Chemistry of the soil. Cap. IX Soil Fixation of plant nutrients, von Nostrand Reynolds. N.Y.

9. Black C.A. (Ed.). 1965. Methods of soil analysis. Agron. 9. Part II. A.S.A. Madison Wisc. E.U.A.
10. Boschi V.P. Spallacci, and M. Montorsi. 1977. The agronomic utilization of pig slurry: Effect on forage crops and on soil fertility. In: utilization of manure by land Spreading. Commission of the European Communities. Italy. pp: 106-119.
11. Bray R.H. and Dickman S.R. 1945. Determination of Total, Organic and Available Forms the Phosphorus in Soils. Soil Sci. 59: 39-45.
12. Bremner J. M. 1965. Inorganics forms of nitrogen. In Black, C.A. (Ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9: 1179-1237. Am. Soc. Agron. Publisher, Madison, Wisconsin.
13. Buring P. 1979. Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, the Netherlands.
14. Cervantes R.L.G. 1965. Génesis y Clasificación de algunos Suelos de la Meseta Tarasca, Edo. de Michoacán. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestro en Ciencias).
15. Contreras H.J. R. 1984. Efecto de la Porqueraza en combinación con Nitrógeno y Fósforo en el Rendimiento del Maíz en los Andosoles de la Sierra Tarasca. Tesis de Maestro en Ciencias Colegio de Postgraduados.
16. DETENAL. 1979. Carta Edafológica de Villa Escalante, Michoacán. Esc. 1: 50 000. E. 14A32. SPP. México.

17. Doormaar J.F. and T.G. Sommerfeldt. 1986. Effect of excess feedlot manure on chemical constituents of soil under nonirrigated and irrigated management. *Can. J. Soil Sci.* 66: 303-313.
18. Duda R. 1980. Soil related constraints to agricultural development in the tropics. en: *Soil-Related constraints to Food Production in the Tropics*. International rice Research Institute. Los Baños, Filipinas.
19. Egawa T. 1977. Properties of soils derived from volcanic ash. Cap. II de *Soils derived from volcanic ash in Japan*. Edited by Ishizuka, Y. and Black, C.A. CIMMYT. México.
20. Egner H. Riehm, and W. R. Domingo. 1960. Untersuchungen über die chemische boden analyse als grundlage für die beurteilung des nährstoffzustandes der boden. II chemische extraktionsmethoden zur phosphor-und kaliumbestimmung. *Lantbruks_hoegsk. Ann.* 26: 204-209.
21. Etchevers B.J.D. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los Suelos Volcánicos de México. Serie Cuadernos de Edafología No. 1. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
22. Etchevers B.J.D., L. Cruz H. y C. Hidalgo M. 1985a. Criterios Analíticos para la Clasificación del nuevo orden Andisoles. In: *Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (18)*. Resúmenes. La Paz, Baja California. México.
23. Etchevers J. D., A. Trinidad S., S. Guerrero M., A. Pérez G., D. García L., y G. Morfin R. 1985b. Levantamiento Nutricional del Maíz en la Sierra Tarasca de Michoacán, *Agrociencia* No. 60. C. P. Chapingo, México.

24. FAO/UNESCO. 1970. Clasificación de Suelos. CETENAL, México 27. B.C. Folleto No. 4. 4,256.
25. F.A.O. 1974. Soil map of the world 1: 5 000 000. Vol. 1 Legend FAO - UNESCO. UNESCO. Paris.
26. Fassbender W.H. 1966. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latinoamericana* 3 (2): 200-216.
27. Gardezi Abdul Khalil and R. Ferrera Cerrato. 1989. The Effect of four levels of Phosphorus on Micorrhizal Colonization Dry Root Weight, and Nitrogen and Phosphorus contents of *Acacia saligna* inoculated with *Rhizobium* sp. and Endomycorrhiza in a Mexican Andisol. *NFTRR*. 7: 43-45.
28. Guinard A. 1969. Conserve el humus del suelo. *La Hacienda*, febrero. Vol. 64.
29. Guerrero Morales S. 1987. Fertilización del Maíz (*Zea mays*) con Porqueraza y su Efecto Residual en un Andisol de la Sierra Phorhepecha. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
30. Gutiérrez R.E. 1980. Efecto de la Aplicación de Abonos Orgánicos e Inorgánicos sobre las Propiedades Químicas y Físicas de un Suelo de Ando. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de M. en C.).
31. Gutiérrez R.E. y Alcalde B.S. 1979. Variaciones de algunas propiedades físicas y químicas en suelos de Ando por la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos en: *Memoria del Seminario sobre suelos de Ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la Sierra Tarasca*. Pátzcuaro, Mich.

32. Ishizuka Y. y C.A. Black. 1980. Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas en Japón. Editado por CIMMYT, México.
33. Jackson M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. J. Beltrán Martínez. Barcelona. España. Edic. Omega. pp: 388-393.
34. Kanno I. 1962. Genesis and Clasification of humic allophane soil in Japan. Transaction Joint Meeting Coming. IV and V. International Society Soil Science New Zealand.
35. Laird R.J. 1979. 25 Años de investigación agrícola en la Sierra Tarasca en el Estado de Michoacán en: Memorias del Seminario sobre Suelos de Ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la Sierra Tarasca. Pátzcuaro, Mich.
36. Leenher L.D.E. 1977. Importance of organic fertilization for crop production and soil properties and mechanized from (Loam region of Belgium) Research period 1963-1974. In Soil Organic Matter Studies. International Atomic Energy Agency. Viena.
37. Lockett J.R. 1989. Nitrogen and phosphorus changes in the decomposition of rye and clover at different stages of growth. Soil Sci. 45: 13-24.
38. López A. 1980. Micronutrient in soils of tropics as constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas.
39. Martínez H.S.S., García D. y Núñez E.R. 1978. Efecto Residual de la Gallinaza sola y complementada con fertilizante químico en Maíz de Temporal en la región Sur-Oriental del Valle de México. Avances de la enseñanza e investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

40. Maynard D.G., J.W.B. Stewart., and J.R. Bettany. 1983. Sulfur and nitrogen mineralization in soils compared using two incubation techniques. *Soil Biol. Biochem.* 15 (3): 251-256.
41. Moncada de la F.J. 1960. Estudio físico-químico de algunos suelos de Origen Volcánico del Estado de Michoacán. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
42. Navarro G.I., A.F. Turrent., R.J. Laird y T.E. Ortega. 1962. Problemas de Fertilidad de algunos Suelos de la Sierra Tarasca. *Agr. Tec. en México.* No. 12: 28-33.
43. Olsen S.R., C.V. Cole., F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by extraction with sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agric. Circ. 939.
44. Olsen S.R. and F.S. Watanabe. 1957. A method to determine a Phosphorus Adsorption Maximum of Soils as Measured by the Langmuir Isotherm. *Soil Science Society of America. Proceedings*, 21: 144-149.
45. Olsen S.R., L.A. Dean. 1965. Phosphorus. In: C.A. Black (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy* 9: 1035-1049. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
46. Ortiz S.C. 1981. Distribución de las unidades de suelos por duración del Período de crecimiento para las divisiones climáticas, tierras bajas y altas (Cuadro), Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
47. Peña B.V. 1979. Respuesta del Maíz a la dosis y forma de aplicar fertilizante fosforado en suelos de la Sierra Tarasca. En Memoria sobre el Seminario de Suelos de Ando y sus Implicaciones en el Desarrollo Agrícola de la Sierra Tarasca. INIA-C.P.

48. Peña B.V., A.F. Turrent y R.J. Laird. 1971. Estudios para corregir el problema nutricional de los suelos de la Sierra Tarasca. Memorias del V Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Tommo II: 260-271.
49. Pérez M.J. 1956. Estudio de invernadero y laboratorio sobre respuesta a fósforo en suelos de Michoacán. Tesis de Licenciatura. ITESM-N.L. México.
50. Peto C.J. 1991. Efecto de la Porqueraza sobre la disponibilidad de Nitrógeno y Fósforo en un Andisol y un Mollisol. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados. México.
51. Pratt P.F., S. Davis and R.G. Sharpless. 1976. A four-year field trial with animal manures. I. Nitrogen balances and yields. II. Mineralization of nitrogen. *Hilgardia* 44: 99-125.
52. Puente B., J.A. 1964. Efecto de algunos ácidos orgánicos sobre la disponibilidad del fósforo en un suelo de la Sierra Tarasca. en: Volke H.V. (ed). Resúmenes de Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. 1961-1983, Chapingo, México.
53. Reuter J.D., and Robinson B.J. 1986. Plant Analysis and Interpretation Manual. National Library of Australia Card Numer and ISBN 0909605416.
54. Rone Puello J.L. 1980. Evaluación de la Fertilidad Fosfatada en Suelos Calcáreos de la Zona de Abastecimiento del Ingenio Azucarero de Atencingo. Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

55. Sánchez A.P. y Cochrane P.T. 1980. Soil Constraints in relation to major farming systems of tropical América. In: Soil related constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute. Filipinas.
56. Sánchez N. y J. Pérez. 1959. Respuesta del maíz a fertilizante y encalado en la Sierra Tarasca de Michoacán. Agricultura Técnica en México. 9: 13-14.
57. Singh B.B. y Jones J.P. 1976. Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil as affected by organic residues. Soil Sci. Soc. Amer. Jour. 40: 389-394.
58. Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. A. Basic system of soil classification form making and interpreting. USDA. (Agriculture Handbook 436) Washington, D.C.
59. Tamhane R.V. Motimarani P.D. 1978. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana, México, D.F.
60. Thorp J. and G.D. Smith. 1949. Higher categories of soils classification order sub-order and great soil-groups. Soil Sci. 67: 117-126.
61. Trinidad S.A., Contreras H.R., y Guerrero M.S. 1986. La Porquera en el rendimiento de maíz en los Andosoles de la Sierra Tarasca. En Resúmenes del 2do. Seminario de Suelos de Ando. Pátzcuaro, Mich.
62. Tunney H. 1977. Fertilizer value of animal manures. In: utilization of manure by land S. preading. Commission of the European communities. Italy.

63. Turrent F.A. 1962. Estudio de las formas de eliminar el atraso del crecimiento de lechugas cuando se trasplantan en invernadero sobre suelos de la Sierra Tarasca. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados, México.
64. Villalpando I.F. 1979. Efecto Residual de la Gallinaza y el Fósforo sobre el rendimiento de maíz en un Andosol de la Sierra Tarasca. Seminario sobre suelos de Ando y sus implicaciones en el desarrollo agrícola de la Sierra Tarasca. INIA y Colegio de Postgraduados, Pátzcuaro, México.
65. Wada K. y Tokas Hiki. 1972. Selective Dissolution and Difference Infrared spectroscopy in Quantitative Mineralogical Analysis of Volcanic - Ash Soil Clay. *Geoderma* 7: 199-213.
66. Wada K. and M.E. Harward. 1974. Amorphous clay constituents of soils. *Adv. Agron.* 26: 211-259.
67. Waugh H.L. y J.W. Fitts. 1966. Estudios de interpretación de análisis de suelo, laboratorio y macetas. Boletín Técnico No.3 Universidad de Carolina del Norte Raleigh, N.C. U.S.A.

IX. A P E N D I C E

9.1. Principio del método de extracción Bray P-2.

Este método ha sido ampliamente empleado como un índice de fósforo (P) disponible en los suelos. La mezcla de ácido clorhídrico y fluoruro de amonio tiene como finalidad remover las formas de fósforo fácilmente solubles, en medio ácido, en gran parte los fosfatos de calcio y una porción de los fosfatos de aluminio y de hierro. El fluoruro de amonio disuelve los fosfatos de aluminio y de hierro al formar un ión complejo con estos iones metálicos en solución ácida. En general, este método ha sido más exitoso en los suelos ácidos.

La solución Bray & Kurtz No. 2 que contiene mayor concentración de ácido clorhídrico que la versión No. 1, se usa con el fin de incluir una mayor proporción de apatita en la extracción. El período de agitación en este procedimiento es de sólo 40 segundos. Tan corto tiempo puede resultar una falta de precisión de no controlarse exactamente. La agitación, por otra parte, se ha recomendado manualmente para evitar que el tiempo de contacto del suelo con la solución extractora sea mayor que el deseado.

A). Reactivos

- 1.1. Fluoruro de amonio (NH_4F) 1N. Disolver 37 g de fluoruro de amonio en agua destilada y diluir a 1 litro. Guardar esta solución en frasco de polietileno.

- 1.2. Acido clorhídrico (HCl) 1N. Diluir 80.8 ml de ácido clorhídrico a 1 litro con agua destilada.
- 1.3. Solución extractora - HCl 0.1N - NH_4F 0.03N (Bray & Kurtz No.2).
- 1.4. Solución de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) en ácido clorhídrico 3.5 N. Disolver 15 g de molibdato de amonio en 300 ml de agua destilada. Calentar a 50°C si es necesario para disolver la sal. Si la solución presenta sedimento se debe filtrar. Enfriar y agregar 350 ml de ácido clorhídrico 10N (808 ml de HCl concentrado y diluidos a 1 litro) lentamente y bajo constante agitación. Cuando esta solución se haya enfriado diluir a 1 litro con agua destilada y mezclar íntimamente. Esta solución se debe almacenar en frasco tapado y bien tapada. Preparar solución nueva cada dos meses.
- 1.5. Solución "stock" de cloruro estannoso ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Disolver 10 g de cloruro estannoso en 25 ml de ácido clorhídrico concentrado. Conservar en botella oscura con tapa (vidrio o plástico) en refrigerador. Este reactivo dura aproximadamente 2 meses.
- 1.6. Solución diluida de cloruro estannoso. Mezclar 1 ml de la solución de cloruro estannoso concentrado con 33.3 ml de agua destilada. Preparar solución fresca cada 2 horas.
- 1.7. Soluciones Patrones de 200 y 2 ppm de fósforo. Disolver 0.8786g de fosfato de hidrógeno de potasio (KH_2PO_4), seco al horno, en agua destilada y diluir a 1 litro. Esta solución contiene 200 ppm

de fósforo y debe guardarse refrigerada en frasco de plástico o vidrio blando (no pyrex) para evitar contaminación con arsénico. Algunos autores recomiendan agregar, antes de envasar, 25 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 7N, lo cual ayudaría a su conservación indefinida. Diluir 10 ml de esta solución a 1 litro con agua destilada.

Esta nueva solución contiene 2 ppm de fósforo. Antes de envasar agregar algunas gotas de tolueno para ayudar a su conservación. Guardar en frasco de plástico y refrigerarla. Preparar solución fresca en frasco plástico cada 15 días y mantenerla refrigerada.

B). Procedimiento

- 2.1. Pesar 2.85 g de suelo tamizado a 2 mm y colocar en matraz erlenmeyer de 50 ml. Añadir 20 ml de la solución extractora (1.3) y agitar manualmente pero en forma regular por 40 segundos. Filtrar inmediatamente a través de papel filtro Whatman # 42. El filtrado debe ser claro para su posterior análisis colorimétrico; en caso contrario volver a filtrar rápidamente a través del mismo filtro.
- 2.2. Desarrollo del color. Tomar una alícuota de 2 ml del filtrado. Adicionar 2 ml de la solución de molibdato de amonio, 5 ml de agua destilada y agitar bien el contenido. Agregar 1 ml de la solución diluída de cloruro estannoso. Leer la intensidad del color desarrollado a 660 nm después de 10 minutos pero antes de 20

minutos.

C). Calibración y estándar.

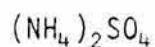
- 3.1. Preparar una curva de calibración conteniendo de 0 a 1.0 ppm de fósforo (de la solución de 2 ppm de fósforo (1.7)). Preparar todas las diluciones con la solución extractora (1.3).
- 3.2. Curva de calibración. Usando papel semilogarítmico, graficar el porcentaje de transmisión (colocado en la escala semilogarítmica) contra los datos de fósforo en ppm de las soluciones estándares (colocados en la escala lineal).

9.2. Cálculos para el ensayo de invernadero.

9.2.1. Cálculo para el nitrógeno usando como fuente al sulfato de amonio $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ al 20.5%.

Operaciones.

Fórmula del sulfato de amonio:



$$2 \text{ N: } 28.01$$

$$8 \text{ H: } 8.06$$

$$1 \text{ S: } 32.06$$

$$4 \text{ O: } 64.00$$

Total: 132.13grs (Peso molecular)

Porcentaje de Pureza: 99.5%

Por lo tanto:

$$132.13 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 28.01 \text{ gr N}$$

$$100 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } X$$

$$X = \frac{100 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 28.01 \text{ gr N}}{132.13 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}$$

$$X = \underline{\underline{21.19 \text{ gr N}}}$$

En términos agronómicos:

$$100 \text{ kg N ----- } 1.7 \times 10^6 \text{ kg suelo}$$

$$x \text{ ----- } 2.5 \text{ kg suelo}$$

$$x = \frac{100 \text{ kg N} \times 2.5 \text{ kg suelo}}{1.7 \times 10^6 \text{ kg suelo}}$$

$$x = \underline{\underline{0.000147 \text{ kg N}}}$$

Transformando a gramos (grs):

$$1 \text{ kg ----- } 1000 \text{ gr}$$

$$0.000147 \text{ kg N --- } x$$

$$x = \frac{0.000147 \text{ kg N} \times 1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}}$$

$$x = 0.147 \text{ gr N/maceta}$$

Entonces:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ grs } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 21.19 \text{ gr N} \\ x \qquad \qquad \qquad \text{----- } 0.147 \text{ gr N} \end{array}$$

$$X = \frac{100 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 0.147 \text{ gr N}}{21.19 \text{ gr N}}$$

$$X = \frac{0.693 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{maceta}}{\text{-----}}$$

Multiplicando por 60 macetas:

$$X = 0.693 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 60 \text{ macetas}$$

$$X = \frac{41.58 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{\text{-----}}$$

Esta cantidad es equivalente para 100 kg de N/ha, pero se utiliza rán 200 kg/ha de N para el ensayo de invernadero.

Entonces:

$$\begin{array}{r} 41.58 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 100 \text{ kg N/ha} \\ x \qquad \qquad \qquad \text{----- } 200 \text{ kg N/ha} \end{array}$$

$$X = \frac{41.58 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 200 \text{ kg N/ha}}{100 \text{ kg N/ha}}$$

$$X = \frac{83.16 \text{ gr } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{En } 1,200 \text{ ml de agua destilada}}{\text{-----}}$$

Porque:

Agregando 20 ml de agua destilada a cada maceta:

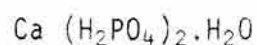
$$x = 20 \text{ ml de agua destilada } \times 60 \text{ macetas}$$

$$x = 1,200 \text{ ml de agua destilada}$$

Por lo tanto, diluir 83.16 gr de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en 1,200 ml de agua destilada y agregar a cada maceta 20 ml de esta solución.

9.2.2. Cálculos para el fósforo usando como fuente el superfosfato de calcio simple al 20% de P_2O_5 .

Fórmula del superfosfato de calcio simple:



Peso molecular: 252.07 grs.

Porcentaje de Pureza: 99.00%

Operaciones:

$$252.07 \text{ gr Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \text{ ----- } 61.94 \text{ gr P}$$

$$100.00 \text{ gr Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{61.94 \text{ gr P} \times 100 \text{ gr Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}{252.07 \text{ gr Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}}$$

$$x = \underline{24.57 \text{ gr P}}$$

Fórmula del Pentóxido de Fósforo: P_2O_5

Peso Molecular: 141.94 grs.

El resultado de $141.94/61.94 = 2.29$ y considerado como un factor de conversión a P_2O_5 .

$$X = 24.57 \text{ gr P} \times 2.29 \text{ gr } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$x = \underline{56.27\% \text{ de } \text{P}_2\text{O}_5}$$

En términos agronómicos:

$$\begin{array}{r} 200 \text{ kg/ha de } P_2O_5 \text{ ----- } 1.7 \times 10^6 \text{ kg suelo} \\ x \qquad \qquad \qquad \text{----- } 2.5 \text{ kg suelo} \end{array}$$

$$X = \frac{0.0002941 \text{ kg/ha de } P_2O_5.}{}$$

Transformando a gramos:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ kg ----- } 1,000 \text{ gr} \\ 0.0002941 \text{ kg/ha } P_2O_5 \text{ ----- } x \end{array}$$

$$X = \frac{0.2941 \text{ gr de } P_2O_5/2.5 \text{ gr suelo}}{}$$

Ahora:

$$\begin{array}{r} 252.07 \text{ grs de sal ----- } 141.94 \text{ grs de } P_2O_5 \\ x \qquad \qquad \qquad \text{----- } 0.2941 \text{ grs de } P_2O_5 \end{array}$$

$$X = \frac{252.07 \text{ grs Ca } (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \times 0.2941 \text{ grs de } P_2O_5}{141.94 \text{ grs de } P_2O_5}$$

$$X = 74.13/141.94$$

$$X = \frac{0.52 \text{ grs de Ca } (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \text{ (sal)/maceta en } 2.5 \text{ kg suelo}}{}$$

Multiplicando:

$$0.52 \text{ grs de Ca } (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \times 60 \text{ macetas}$$

$$X = \frac{31.2 \text{ gr de Ca } (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O}{}$$

Los 31.2 gr se disolvieron en 2,400 ml de agua destilada y se aplicarán 80 ml equivalentes a los 200 kg/ha de P_2O_5 , correspondiendo a los tratamientos: 2, 5, 8 y 11. Por lo tanto:

$$X = 80 \text{ ml} \times 4 \text{ tratamientos} = \underline{320 \text{ ml}}.$$

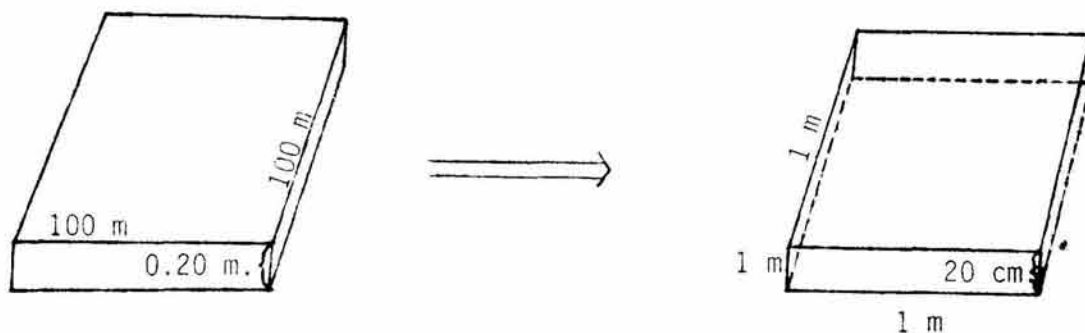
Se aplicarán 160 ml equivalentes a los 400 kg/ha de P_2O_5 , correspondiendo a los tratamientos: 3, 6, 9 y 12. Por lo tanto:

$$X = 160 \text{ ml} \times 4 \text{ tratamientos} = \underline{640 \text{ ml}}.$$

Nota: El superfosfato de calcio simple se trató de disolver anteriormente en 600 ml de agua destilada y en 1,200 ml de agua destilada, pero como no se diluyó muy bien, se llevó la dilución a 2,400 ml de agua destilada.

9.2.3. Cálculos de la porqueraza en dosis de 2, 4 y 6 ton/ha para el experimento de invernadero.

1. Superficie de 1 ha = $10,000 \text{ m}^2 \times 10,000 \text{ m}^2 = 100,000,000 \text{ cm}^2$ de suelo.



$$\begin{aligned}
 \text{Volúmen de 1 ha a 20 cm de profundidad} &= 100,000,000 \text{ cm}^2 \times \\
 &\quad 20 \text{ cm de suelo} \\
 &= 2,000,000,000 \text{ de cm}^3 \text{ de suelo} \\
 &= 2 \times 10^9 \text{ cm}^3 \text{ de suelo}
 \end{aligned}$$

$$\text{Densidad aparente} = 0.85 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de 1 ha} = 2 \times 10^9 \text{ cm}^3 \times 0.85 \text{ gr/cm}^3$$

Eliminando los cm^3 :

$$\text{Peso de 1 ha} = 1.70 \times 10^9 \text{ gr/ha}$$

Transformando a kg:

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ kg} & \text{-----} & 1,000 \text{ gr} \\
 x & \text{-----} & 1.70 \times 10^9 \text{ gr/ha}
 \end{array}
 \quad \text{ó} \quad
 \begin{array}{rcl}
 1 \text{ kg} & \text{-----} & 1,000 \text{ gr} \\
 x & \text{-----} & 1,700,000,000
 \end{array}$$

$$x = \frac{\text{Peso de 1 ha} = 1.70 \times 10^6 \text{ kg/ha de suelo}}{\quad}$$

a). Cálculos para el ajuste de porqueraza en las macetas.

Se utilizarán niveles crecientes de porqueraza en ton/ha. Entonces:

Para 2 ton/ha de porqueraza en 2.5 kg de suelo.

$$\begin{array}{rcl}
 1.70 \times 10^6 \text{ kg suelo} & \text{-----} & 2,000 \text{ kg de porqueraza} \\
 2.5 \text{ kg de suelo} & \text{-----} & x
 \end{array}$$

$$x = \frac{2.5 \text{ kg suelo} \times 2,000 \text{ kg de porqueraza}}{1.70 \times 10^6 \text{ kg suelo}}$$

$$x = \frac{2.5 \times 2}{1.7 \times 10^3}$$

$$= \frac{5.0}{1.7 \times 10^3}$$

$$= \frac{5.0}{1,700}$$

$$\bar{x} = \underline{0.00294 \text{ kg de porqueraza}}$$

Transformando a gramos:

$$1,000 \text{ gr} \text{ ----- } 1 \text{ kg}$$

$$x \text{ ----- } 0.00294 \text{ kg}$$

$$x = \underline{\underline{2.94 \text{ gr de porq.}/2.5 \text{ kg de suelo}}}$$

Para 4 ton/ha de porqueraza en 2.5 kg de suelo.

$$1.70 \times 10^6 \text{ kg suelo} \text{ ----- } 4,000 \text{ kg de porqueraza}$$

$$2.5 \text{ kg suelo} \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{2.5 \text{ kg suelo} \times 4,000 \text{ kg porqueraza}}{1.7 \times 10^6 \text{ kg suelo}}$$

$$x = \frac{2.5 \text{ kg suelo} \times 4.0}{1.7 \times 10^3}$$

$$x = \frac{10.0}{1.7 \times 10^3}$$

$$x = \frac{10.0}{1,700}$$

$$x = \underline{0.00588 \text{ kg de porqueraza}}$$

Transformando a gramos:

$$1,000 \text{ gr} \text{ ----- } 1 \text{ kg}$$

$$x \text{ ----- } 0.00588 \text{ kg}$$

$$x = \underline{\underline{5.88 \text{ gr de porq.}/2.5 \text{ kg de suelo.}}}$$

Para y ton/ha de porqueraza en 2.5 kg de suelo.

1.70 x 10⁶ kg suelo ----- 6,000 kg porqueraza

2.5 kg de suelo ----- x

2.5 kg de suelo x 6,000 kg de porqueraza

1.70 x 10⁶kg de suelo

$$x = \frac{2.5 \times 6.0}{1.7 \times 10^3}$$

$$x = \frac{15.0}{1,700}$$

$$x = \frac{0.00882 \text{ kg de porqueraza}}$$

Transformando a gramos:

1,000gr ----- 1 kg

x ----- 0.00882 kg

$$x = \frac{8.82 \text{ grs de porq.}/2.5 \text{ kg de suelo}}$$

9.3. Cálculos para las incubaciones en laboratorio.

9.3.1. Cálculos para los tratamientos sometidos a incubaciones en el laboratorio usando fósforo químico (fosfato de calcio monobásico: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

A cada frasco con 25.0 gr de suelo o con su tratamiento de porqueraza sola o con suelo, se le aplicó una dosis de 5.0 ml de las diferentes concentraciones de fósforo: 150, 300, 450 y 600 ppm de fósforo.

Fuente de fósforo:

Fosfato de calcio monobásico: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Peso molecular: 252.07 gr

Operaciones:

$$150 \text{ mg P/kg suelo}/40^+ = 3.75 \text{ mg P}/25.0 \text{ gr suelo}$$

Entonces:

$$\frac{61.94 \text{ mg P}}{252.07 \text{ mg sal}} = \frac{3.75 \text{ mg P}}{x \text{ de sal}}$$

$$x = \frac{252.07 \text{ mg sal} \times 3.75 \text{ mg P}}{61.94 \text{ mg P}}$$

$$x = \underline{15.26 \text{ mg sal}}$$

Transformando a gramos:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ gr} \text{ ---- } 1,000 \text{ mg} \\ x \text{ ---- } 15.26 \text{ mg} \end{array}$$

$$x = \underline{0.01526 \text{ gr sal}}$$

Para preparar 500 ml de solución de 150 ppm de P:

$$\begin{array}{r} 0.01526 \text{ gr sal} \text{ ---- } 5 \text{ ml} \\ x \text{ ---- } 500 \text{ ml} \end{array}$$

$$x = \frac{0.01526 \text{ gr sal} \times 500 \text{ ml}}{5 \text{ ml}}$$

$$x = \underline{\underline{1.526 \text{ gr sal}/500 \text{ ml de agua destilada.}}$$

Para preparar 500 ml de solución de 300 ppm de P:

1.526 gr de sal ----- 150 ppm de P
 x ----- 300 ppm de P

$$x = \frac{1.526 \text{ gr sal} \times 300 \text{ ppm de P}}{150 \text{ ppm de P}}$$

$$x = \underline{\underline{3.052 \text{ gr de sal/500 ml de agua destilada}}}$$

Para preparar una solución de 450 ppm de P:

1.526 gr de sal ----- 150 ppm de P
 x ----- 450 ppm de P

$$x = \frac{1.526 \text{ gr sal} \times 450 \text{ ppm de P}}{150 \text{ ppm de P}}$$

$$x = \underline{\underline{4.578 \text{ gr sal/500 ml de agua destilada}}}$$

Para preparar una solución de 600 ppm de P:

1.526 gr sal ----- 150 ppm de P
 x ----- 600 ppm de P

$$x = \frac{1.526 \text{ gr sal} \times 600 \text{ ppm de P}}{150 \text{ ppm de P}}$$

$$x = \underline{\underline{6.104 \text{ gr sal/500 ml de agua destilada}}}$$

+ 40 porque son 25.0 gr de suelo usados en 1,000 gr de suelo.

9.3.2. Cálculos de la porqueraza en niveles de 2, 4 y 6 ton/ha para el experimento de incubación en laboratorio.

1.- Para 2 ton/ha de porqueraza:

1.7 x 10⁹ gr suelo/ha ----- 2,000,000 gr porq./ha (2x10⁶)
 5.7 gr suelo ----- x

$$X = \frac{5.7 \text{ gr suelo} \times 2 \times 10^6 \text{ gr porq./ha}}{1.7 \times 10^9 \text{ gr suelo/ha}}$$

$$X = \frac{5.7 \text{ gr suelo} \times 2.0 \text{ gr porq./ha}}{1.7 \times 10^3 \text{ gr suelo/ha}}$$

$$X = \frac{11.4}{1,700}$$

$$X = \frac{0.0067 \text{ gr porq./5.7 gr suelo}}$$

Entonces:

$$\begin{array}{r} 0.0067 \text{ gr porqueraza} \text{ ----- } 5.7 \text{ gr suelo} \\ \times \text{ ----- } 25.0 \text{ gr suelo} \end{array}$$

$$X = \frac{0.0067 \text{ gr porq.} \times 25.0 \text{ gr suelo}}{5.7 \text{ gr suelo}}$$

$$X = \frac{0.0293 \text{ gr porq./25.0 gr suelo}}$$

2.- Para 4 ton/ha de porqueraza:

$$\begin{array}{r} 1.7 \times 10^9 \text{ gr suelo/ha} \text{ ----- } 4,000,000 \text{ gr porq./ha } (4 \times 10^6) \\ 5.7 \text{ gr suelo} \text{ ----- } \times \end{array}$$

$$X = \frac{5.7 \text{ gr suelo} \times 4 \times 10^6 \text{ gr porq./ha}}{1.7 \times 10^3 \text{ gr suelo/ha}}$$

$$X = \frac{22.8}{1,700}$$

$$X = \frac{0.0134 \text{ gr Porq./5.7 gr suelo}}$$

Entonces:

$$\begin{array}{r} 0.0134 \text{ gr porqueraza} \text{ ----- } 5.7 \text{ gr suelo} \\ \times \text{ ----- } 25.0 \text{ gr suelo} \end{array}$$

$$x = \frac{0.0134 \text{ gr porq.} \times 25.0 \text{ gr suelo}}{5.7 \text{ gr suelo}}$$

$$x = \frac{0.0587 \text{ gr porq./}25.0 \text{ gr suelo}}$$

3.- Para 6 ton/ha de porqueraza:

$$1.7 \times 10^9 \text{ gr suelo/ha} \text{ ---- } 6,000,000 \text{ gr porq./ha (}6 \times 10^6\text{)} \\ 5.7 \text{ gr suelo} \text{ ---- } x$$

$$x = \frac{5.7 \text{ gr suelo} \times 6 \times 10^6 \text{ gr porq./ha}}{1.7 \times 10^9 \text{ gr suelo/ha}}$$

$$x = \frac{5.7 \text{ gr suelo} \times 6.0 \text{ gr porq./ha}}{1.7 \times 10^3 \text{ gr suelo/ha}}$$

$$x = \frac{34.2}{1,700}$$

$$x = \frac{0.0201 \text{ gr porq./}5.7 \text{ gr suelo}}$$

Entonces:

$$0.0201 \text{ gr porq.} \text{ ---- } 5.7 \text{ gr suelo} \\ x \text{ ---- } 25.0 \text{ gr suelo}$$

$$x = \frac{0.0201 \text{ gr porq.} \times 25 \text{ gr suelo}}{5.7 \text{ gr suelo}}$$

$$x = \frac{0.0881 \text{ gr porq/}25.0 \text{ gr suelo}}$$

Cada una de estas cantidades se pesaron en balanza analítica y se depositaron en sobres pequeños para evitar su contaminación. La sal usada como fuente de fósforo: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Fosfato de calcio monobásico), se introdujo en la estufa para secarla y evitar toda humedad. La temperatura a la que se sometió fue de 95°C , manteniéndola constante todo un día, depositándolas en los pesafiltros con su etiqueta correspondiente y depositándola en el desecador para evitar su humedad.

Cuadro 1A. Efecto de los diferentes tratamientos de porqueraza y fósforo sobre la respuesta de maíz de sarrollado en un suelo de Ando bajo condiciones de invernadero en 1989.

Tratamientos		PSP	AP	DP	AF	PSR
Porq.	P ₂ O ₅					
(ton/ha)	(kg/ha)	(gr/maceta)	(cm/maceta)	(cm/maceta)	(cm ² /maceta)	(gr/maceta)
1	0	14.1	59.32	0.35	358.49	7.05
2	0	43.8	83.88	0.73	951.09	8.32
3	0	52.6	86.37	0.75	1068.32	8.31
4	0	47.8	83.01	0.65	873.06	8.68
5	200	83.6	114.40	0.80	1637.80	8.49
6	400	176.7	145.00	0.93	1379.46	8.65
7	0	83.1	84.23	0.73	1486.94	8.81
8	200	76.8	96.63	1.20	1518.23	8.36
9	400	109.4	112.42	0.97	2240.74	8.57
10	0	108.8	114.57	0.85	1513.46	8.58
11	200	111.6	101.88	0.95	1851.83	8.48
12	400	93.4	104.95	0.85	1919.24	9.20
Media total		83.5	98.88	0.81	1399.88	8.46
DMS = 0.05		9.87	9.40	0.15	183.38	0.73
CV		27.66	16.43	18.66	35.28	14.36
R ²		0.74	0.61	0.69	0.55	0.44

CLAVES:

- PHP = Peso húmedo de la planta
- PSP = Peso seco de la planta
- AP = Altura de la planta
- DP = Diámetro de la planta
- AF = Area foliar
- PSR = Peso seco de raíz
- DMS = Diferencia mínima significativa
- CV = Coeficiente de variación
- R² = Coeficiente de determinación

Cuadro 2A. Análisis de varianza para el peso húmedo de la planta (PHP).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	64 709.15	1 376.79		
Repeticiones	3	536.82	178.94	0.36	0.78
Tratamientos	11	47 881.12	4 352.82	8.82	0.0001
Porqueraza (P)	3	28 581.59	9 527.19	19.30	0.0001
Fósforo (F)	2	7 180.56	3 590.28	7.27	0.0024
P x F	6	12 118.96	2 019.82	4.09	0.0036
Error	33	16 291.20	493.67		
$R^2 = 0.74$					
C.V. = 27.66					

Cuadro 3A. Análisis de varianza para el peso seco de la planta (PSP).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	2 317.78	49.31		
Repeticiones	3	34.67	11.55	0.40	0.75
Tratamientos	11	1 333.94	121.26	4.22	0.0006
Porqueraza (P)	3	634.83	211.61	7.36	0.0007
Fósforo (F)	2	172.88	86.44	3.01	0.06
P x F	6	526.23	87.70	3.05	0.01
Error	33	949.16	28.76		
$R^2 = 0.59$					
C.V. = 37.78					

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la altura de la planta (AP).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	23 371.41	497.26		
Repeticiones	3	1 302.62	434.20	1.58	0.21
Tratamientos	11	12 999.49	1 181.77	4.30	0.0005
Porqueraza (P)	3	7 055.52	2 351.84	8.56	0.0002
Fósforo (F)	2	3 666.75	1 833.37	6.67	0.0037
P x F	6	2 277.22	379.53	1.38	0.25
Error	33	9 069.29	274.82		
R ² = 0.61					
C.V. = 16.43					

Cuadro 5A. Análisis de varianza para el diámetro de la planta (DP).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	2.36	0.05		
Repeticiones	3	0.015	0.005	0.23	0.87
Tratamientos	11	1.62	0.14	6.65	0.0001
Porqueraza (P)	3	0.60	0.20	9.06	0.0002
Fósforo (F)	2	0.62	0.31	14.02	0.0001
P x F	6	0.39	0.06	2.99	0.01
Error	33	0.73	0.02		
R ² = 0.69					
C.V. = 18.66					

Cuadro 6A. Análisis de varianza para el área foliar de la planta (AF).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	20 178 057.80	429 320.38		
Repeticiones	3	119 130.66	39 710.22	0.15	0.93
Tratamientos	11	11 098 154.14	1 008 923.10	3.72	0.0017
Porqueraza (P)	3	5 670 441.15	1 890 147.05	6.96	0.0009
Fósforo (F)	2	2 254 105.86	1 127 052.93	4.15	0.02
P x F	6	3 173 607.13	528 934.52	1.95	0.10
Error	33	8 960 772.99	271 538.57		
R ² = 0.55					
C.V. = 35.28					

Cuadro 7A. Análisis de varianza para el peso seco de raíz (PSR).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	89.37	1.90		
Repeticiones	3	0.10	0.03	0.02	0.99
Tratamientos	11	39.91	3.62	2.43	0.02
Porqueraza (P)	3	21.40	7.13	4.78	0.007
Fósforo (F)	2	1.46	0.73	0.49	0.61
P x F	6	17.03	2.83	1.90	0.11
Error	33	49.35	1.49		
R ² = 0.44					
C.V. = 14.36					

Cuadro 8A. Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 24 días después de la siembra (F_1).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	14.18	0.3		
Repeticiones	3	0.76	0.25	1.79	0.16
Tratamientos	11	8.68	0.78	5.51	0.0001
Porqueraza (P)	3	1.65	0.55	3.85	0.01
Fósforo (F)	2	5.37	2.68	18.74	0.0001
P x F	6	1.65	0.27	1.93	0.10
Error	33	4.73	0.14		
$R^2 = 0.66$					
C.V. = 27.53					

Cuadro 9A. Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 48 días de la siembra (F_2).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	36.12	0.76		
Repeticiones	3	2.98	0.99	2.36	0.08
Tratamientos	11	19.21	1.74	4.14	0.0007
Porqueraza (P)	3	2.12	0.70	1.68	0.19
Fósforo (F)	2	11.24	5.62	13.32	0.0001
P x F	6	5.83	0.97	2.30	0.05
Error	33	13.92	0.42		
$R^2 = 0.61$					
C.V. = 46.88					

Cuadro 10A. Análisis de varianza del fósforo extraído del suelo a los 72 días después de la siembra (F₃).

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	15.78	0.33		
Repeticiones	3	0.76	0.25	1.12	0.35
Tratamientos	11	7.53	0.68	3.02	0.006
Porqueraza (P)	3	3.86	1.28	5.68	0.003
Fósforo (F)	2	1.10	0.55	2.43	0.10
P x F	6	2.56	0.42	1.88	0.11
Error	33	7.49	0.22		
R ² = 0.52					
C.V. = 69.89					

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la concentración de nitrógeno (%) en tejido vegetal de maíz.

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	9.96	0.21		
Repeticiones	3	0.37	0.12	0.48	0.69
Tratamientos	11	1.16	0.10	0.41	0.93
Porqueraza (P)	3	0.56	0.18	0.73	0.54
Fósforo (F)	2	0.29	0.14	0.57	0.57
P x F	6	0.30	0.05	0.20	0.97
Error	33	8.43	0.25		
R ² = 0.15					
C.V. = 21.95					

Cuadro 12A. Análisis de varianza para la concentración de fósforo (%) en tejido vegetal de maíz.

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	0.020	0.0004		
Repeticiones	3	0.001	0.0003	1.68	0.19
Tratamientos	11	0.012	0.001	5.16	0.0001
Porqueraza (P)	3	0.005	0.0016	8.80	0.0002
Fósforo (F)	2	0.002	0.001	6.37	0.0046
P x F	6	0.003	0.0005	2.94	0.02
Error	33	0.007	0.0002		
R ² = 0.65					
C.V. = 11.29					

Cuadro 13A. Análisis de varianza para la concentración de potasio (%) en tejido vegetal de maíz.

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	13.95	0.29		
Repeticiones	3	0.13	0.04	0.43	0.73
Tratamientos	11	10.45	0.95	9.31	0.0001
Porqueraza (P)	3	5.69	1.89	18.59	0.0001
Fósforo (F)	2	1.51	0.75	7.40	0.02
P x F	6	3.25	0.54	5.31	0.0006
Error	33	3.36	0.10		
R ² = 0.75					
C.V. = 12.93					

Cuadro 14A. Análisis de varianza para la concentración de calcio (%) en tejido vegetal de maíz.

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	0.33	0.007		
Repeticiones	3	0.02	0.006	2.83	0.05
Tratamientos	11	0.23	0.020	9.11	0.0001
Porqueraza (P)	3	0.17	0.056	24.58	0.0001
Fósforo (F)	2	0.03	0.015	6.89	0.003
P x F	6	0.02	0.004	2.11	0.07
Error	33	0.07	0.002		
R ² = 0.76					
C.V. = 11.40					

Cuadro 15A. Análisis de varianza para la concentración de magnesio (%) en tejido vegetal de maíz.

Fv	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	PR > F
Total	47	0.160	0.003		
Repeticiones	3	0.019	0.003	2.27	0.09
Tratamientos	11	0.045	0.003	1.42	0.21
Porqueraza (P)	3	0.028	0.006	3.24	0.03
Fósforo (F)	2	0.004	0.002	0.82	0.44
P x F	6	0.012	0.001	0.71	0.64
Error	33	0.095	0.002		
R ² = 0.40					
C.V. = 11.70					