



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**FACULTAD DE AGRICULTURA**

DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN SUELOS  
REGOSOL DE ZAPOPAN, JAL.

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO AGRONOMO ORIENTACION SUELOS**

P R E S E N T A

**MARTIN DE LA CRUZ CASILLAS ROMERO**

LAS AGUJAS MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JAL. 1988



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Noviembre 30 de 1987

C. PROFESORES:

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS, DIRECTOR  
ING. PEDRO TOPETE ANGEL, ASESOR  
ING. ROGELIO HUERTA ROSAS, ASESOR

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

" DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN SUELOS REGOSOL DE ZAPOPAN, JAL. "

presentado por el PASANTE (ES) MARTIN DE LA CRUZ CASILLAS ROMERO

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

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

"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

eml.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Facultad de Agricultura

Expediente .....  
Número .....

Noviembre 30 de 1987

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

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante MARTIN DE LA CRUZ CASILLAS ROMERO, titulada -

" DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN SUELOS REGOSOL DE ZAPOPAN, JAL. "

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR,

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS

ASESOR

ING. PEDRO TOPETE ANGEL

hlg.

ASESOR

ING. ROGELIO HUERTA ROSAS

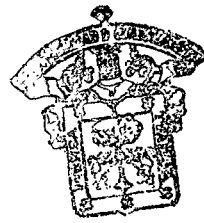
Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

## CONTENIDO

	PAG.
LISTA DE CUADROS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
I INTRODUCCION .....	1
II OBJETIVOS e HIPOTESIS .....	3
III REVISION DE LITERATURA .....	5
3.1. Importancia .....	5
3.2. Localización en la planta .....	5
3.3. Absorción del P por la planta .....	5
3.4. Funciones en la planta .....	7
3.5. Deficiencias .....	7
3.6. Fósforo en el suelo .....	8
3.7. Procesos de fijación del fósforo ...	12
3.8. Interacciones .....	14
IV MATERIALES Y METODOS .....	21
4.1. Descripción del area .....	21
4.2. Limites maximos del Valle .....	21
4.3. Clima .....	22
4.4. Suelos .....	22

	Pag.
4.5. Materiales utilizados .....	24
4.6. Metodos .....	24
V RESULTADOS .....	30
VI DISCUSION .....	45
VII CONCLUSIONES .....	50
VIII BIBLIOGRAFIA .....	52

A P E N D I C E



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



LISTA DE CUADROS.

	Pag.
1. Características estadísticas de los análisis de suelos. ....	31
2. Coeficientes de correlación lineal de las relaciones P disponible-Factor del suelo. ....	33
3. Coeficientes de correlación generales de los factores del suelo .....	34
4. Coeficientes de correlación ajustados de las relaciones P disponible-Factor del suelo. ....	36

LISTA DE FIGURAS.

	Pag.
1. LOCALIZACION DEL VALLE DENTRO DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN .....	23
2. LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO .....	27
3. Correlación entre el pH y el P disponible (ppm) .....	37
4. Correlación entre el N total (%) y el P disponible (ppm) .....	38
5. Correlación entre el K (ppm) y el P disponible (ppm) .....	39
6. Correlación entre la CIC (meq/100gr) y el P disponible (ppm) .....	40
7. Correlación entre el Cu (ppm) y el P disponible (ppm) .....	41

	Pag.
8. Correlación entre el Fe (ppm) y el P disponible (ppm) .....	42
9. Correlación entre el Zn (ppm) y el P disponible (ppm) .....	43
10. Correlación entre el Al (ppm) y el P disponible (ppm) .....	44





ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## I INTRODUCCION.

La aparición constante de nuevas variedades de plantas , cada vez más productivas, pero a la vez más exigentes, hacen imprescindible la utilización de niveles de fertilización acordes con sus necesidades, para obtener de ellas todo el rendimiento que son capaces de dar.

La incorporación periodica de fertilizantes, para poder mantener el nivel agricola de un suelo, ponen de manifiesto la necesidad de determinar las condiciones que pueden modificar su aprovechamiento por las plantas.

De los elementos nutritivos comunmente aplicados como fertilizantes inorganicos, el fósforo es el que más esta sujeto a reacciones con otros elementos, que en ocaciones tienden a disminuir la eficacia de la fertilización.

Generalmente se ha dicho que su disponibilidad en el suelo esta determinada por el pH, asi como por el antagonismo y/o sinergismo de alguno de los elementos nutritivos que se encuentran en el.

De gran importancia para el manejo adecuado de los fertilizantes en esta zona, sera el determinar cual o cuales de las condiciones del suelo o de los elementos favorecen la disponibilidad del P en los suelos minerales ácidos de la zona agrícola del Valle de Zapopan.

## II OBJETIVOS e HIPOTESIS.

### 2.1. Objetivo:

Determinar -la - respuesta -diferencial del fósforo disponible, en combinación con contenidos variables de otros elementos presentes en el suelo (N, Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Zn, Cu, Mn). Así como con otras características comunmente medibles (pH, CIC, % M.O., % Arcillas).

### 2.2. Hipótesis:

La disponibilidad del fósforo esta determinada por la reacción del suelo, así como por el antagonismo o sinergismo de algunos elementos nutritivos presentes en el suelo.

### 2.3. Supuestos:

Se considerara que los diferentes agricultores, manejan de manera similar la preparación del suelo, la siembra, la fertilización y el cultivo.

### III REVISION DE LITERATURA.

#### 3.1. Importancia

Con la posible excepción del nitrógeno y el agua, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo (1,4,24). Su principal función fisiológica radica en algunos pasos esenciales en la acumulación y liberación de energía durante el metabolismo celular, por ejemplo en la glucólisis y la fotofosforilación del ATP (1,16).

#### 3.2. Localización en la planta

En las plantas, este elemento se encuentra en varios compuestos o grupos de sustancias: fitina, fosfolípidos, ácidos nucleicos, azúcares fosforilados, coenzimas y compuestos relacionados. El fósforo puede presentarse también en vacuolas y sustancias amortiguadoras internas como ortofosfato inorgánico (1).

#### 3.3. Absorción del P por la planta

A diferencia del nitrógeno y el azufre, para los cuales los iones asimilados son reducidos en las células a grupos funcionales amino y sulfhidrilo respectivamente, las

plantas no reducen el fosfato; este ión entra en combinación orgánica totalmente inalterado, encontrándose así en forma de fosfato en la fitina, fosfolípidos y ácidos nucleicos (1,16).

El fósforo se absorbe por las plantas sobre todo como iones ortofosfato primarios y secundarios, que se hallan en la solución del suelo (7,9,20,21,30).

Sánchez (24), señala que la única forma de fósforo disponible para las plantas son los iones fosfato en la solución del suelo. Tisdale et al. (30), mencionan que algunas cantidades muy pequeñas de fosfato orgánico soluble pueden también ser absorbidas.

El ácido nucleico y la fitina pueden ser tomados por las plantas como fuentes de fosfato cuando se cultivan en arena o en soluciones nutritivas. a causa de que estas formas orgánicas son poco estables en presencia de una población microbiana, su importancia como fuente de fósforo para las plantas superiores es limitada en la práctica (7,30).

### 3.4. Funciones en la planta (7,20).

- a) Es constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos.
- b) Estimula el desarrollo radicular inicial ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
- c) Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente en los cereales; estimula la floración y ayuda en la formación de la semilla.
- d) Cuando se aplica a las leguminosas activa al *Rhizobium* y la formación de nódulos en las raíces.

### 3.5. Deficiencias

Teniendo en cuenta las naturales variaciones entre diferentes especies, los signos mas característicos y generales de las deficiencias del fósforo son las siguientes (6,7):

- a) Tamaño de la planta reducido. El desarrollo se hace lento y se retrasa la maduración; escaso desarrollo de semillas y frutos.

b) Las hojas adquieren un color verde muy fuerte y ocasionalmente aparecen tintes purpúreos en diversas partes de las hojas, tallos y ramas ( para el maíz, coloración purpura en las hojas, en bandas).

En todo caso las cosechas se ven disminuidas aún antes de que aparezcan síntomas carenciales.

El fósforo se mueve fácilmente dentro de la planta, hallandose en mayor proporción en los tejidos jóvenes en desarrollo a los cuales emigra desde los tejidos viejos cuando escasea. Durante la maduración, la mayor parte del fósforo es enviado a los frutos y semillas.

### 3.6. Fósforo en el suelo

El contenido de fósforo en la litosfera ha sido reportado con una cifra de 0.28 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total; y solo continúa determinandose de esta forma para algunos proyectos de investigación, ya que el conocimiento del fósforo total tiene poco valor en la determinación de la fertilidad de un suelo (18).



Existen por lo menos cuatro clases de procedencias del fósforo (4):

a) Fertilizantes comerciales.

b) Estiércol.

c) Residuos vegetales.

d) Compuestos nativos de este elemento presentes en el suelo (Apatitas hidroxidadas, Variscita, Estrengita).

El fósforo se halla en el suelo tanto en compuestos orgánicos como inorgánicos, resultando la proporción entre ellos variable, según el tipo de suelo (7).

En los suelos calcáreos, el fósforo se encuentra en estado de fosfato (fluorapatítico), más o menos aglomerado a las partículas de carbonato de calcio.

En los suelos ácidos tropicales, se halla convertido en fosfatos de hierro y aluminio, después de la reacción sobre los hidratos de esos dos metales.

Prácticamente en todos los suelos, se halla el fósforo asociado al humus en forma de fosfatos mal definidos llamados humofosfatos, cuya proporción varía según el contenido de humus en el suelo.

Y, finalmente, en todos los suelos, este elemento existe en estado fijo y cambiante sobre el complejo adsorbente (arcilla y humus), y en estado soluble en las soluciones del suelo (12).

La necesidad de dosificaciones altas de fertilizantes, cuando relativamente pequeñas cantidades de fósforo son removidas de los suelos, indica que muchos de los fosfatos añadidos resultan inaprovechables para el desarrollo de las plantas (4).

Generalmente se considera que la mayor parte de los suelos retienen entre 25 y 35 % del fósforo añadido (9).

En la zona de Zapopan cuando se realizan siembras de maíz de humedad es recomendable la aplicación de 60-80 kg de fósforo (como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), en la siembra. Para el maíz de temporal se recomiendan de 40-50 kg (6).

Cuando se presentan niveles de rendimiento de 4 a 8 ton/ha de grano de maíz, se dice que se extraen del suelo de 14 a 35 kg/ha de fósforo (24).

Se puede asegurar, en general que las pérdidas más importantes del fósforo del suelo son las extracciones que realizan las plantas.

En cambio las pérdidas por lavado pueden considerarse de escasa importancia, ya que durante años el fósforo añadido no se mueve más allá de unos centímetros de donde fue colocado (7).

Ya que se ha observado que los fosfatos no se lixivian fácilmente del suelo, sino que son retenidos en forma que pueden ser removidos solamente por la extracción en laboratorio con soluciones ácidas (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.5N) o alcalinas (NaOH, 1 N), (20).

Si definimos el término fijación de fósforo como al proceso que altera la disponibilidad de los compuestos fosfatados para la planta, lo que impide su aprovechamiento. El poder de fijación en muchos suelos sera tan grande que la regulación de la aprovechabilidad de este elemento sera uno de los problemas mas difíciles en el manejo del suelo y de los cultivos.

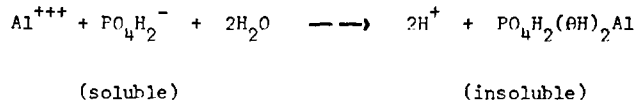
### 3.7. Procesos de fijación del fósforo

Bajo las condiciones existentes en el suelo, los iones fosfato no son estables, no permanecen en su forma original, sino que son objeto de transformaciones de adsorción y precipitación (9,21).

#### 3.7.1. En suelos ácidos

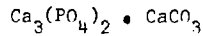
Precipitación mediante iones de hierro, aluminio y manganeso. En suelos ácidos, el hierro, aluminio y manganeso reaccionan con el fósforo formando fosfatos relativamente insolubles (4,7,9,20,21,24), lo que ocasiona una indisponibilidad de fósforo para las plantas; como en el ejemplo siguiente:

Reacción teórica:



### 3.7.2. En suelos alcalinos

En suelos calcáreos los iones fosfato son precipitados por el calcio y el magnesio como compuestos relativamente insolubles; generalmente como sales dobles:



### 3.7.3. Fijación por arcillas

Varios investigadores observan que la fijación de fosfatos por minerales silicatados se realiza mediante la reacción superficial entre los grupos OH de los cristales minerales y los iones fosfato (4,20).

Otros investigadores demuestran que el aluminio y el hierro, son desprendidos de las aristas de los cristales de silicatos, formandose fosfatos hidroxidados (3,4).

Los suelos ricos en arcillas caoliníticas, pueden fijar o retener cantidades mayores de fósforo añadido que aquellos suelos que contienen arcillas del tipo 2:1; pero cantidades menores que las fijadas por el Alofano (7,18,19).

### 3.8. Interacciones

La interacción puede ser definida como la respuesta diferencial de un elemento en combinación con niveles variables de un segundo elemento que se encuentra en el suelo o que es aplicado como fertilizante; esto es, los dos elementos se combinan para producir un efecto adicional debido no únicamente a uno de ellos (o un efecto negativo).

Lindsay, Frazier y Stephenson (9), informaron la precipitación de 32 fosfatos diferentes a partir de soluciones de fosfatos mono y di: cálcicos, amónicos y potásicos; bajo diferentes condiciones de presencia de Ca, Mg, K,  $\text{NH}_4$ , Al y Fe.

#### 3.8.1. Fósforo-Nitrógeno

Los fertilizantes tienen la capacidad de reaccionar con otros elementos, inclusive, con otros fertilizantes, provocando algún tipo de reacción (6).

Se ha encontrado que cuando el sulfato de amonio se mezcla con un fertilizante fosfatado y se aplican en banda, hay un incremento en el desarrollo de raíces y una mayor absorción del P por parte de la planta (19).

La circunstancia anterior no ocurre cuando el nitrógeno se aplica en forma de nitrato.

Curiel (6), menciona que los fertilizantes fosfatados son incompatibles con la urea, ya que esta reacciona muy fácilmente en condiciones ambientales, liberando nitrógeno de una forma rápida; como este elemento es antagónico en altas concentraciones al fósforo, su aprovechamiento se ve reducido.

### 3.8.2. Fósforo-Calcio y Fósforo-Magnesio

En suelos calcáreos alcalinos los iones fosfato parecen ser precipitados como fosfatos de Ca y Mg relativamente insolubles (7,19).

La actividad del calcio y el magnesio es mayor en gran parte de los suelos alcalinos. Esto unido a un pH alto, favorece la precipitación de fosfatos relativamente insolubles (30).

En diferentes tipos de suelo se ha demostrado que cuando el contenido de Ca en la solución del suelo disminuye, la solubilidad del fósforo aumenta (6,18,19).

### 3.8.3. Fósforo-Zinc

La interacción del fósforo y el zinc en el suelo ha sido estudiada en muchos experimentos desde 1936. En general la interacción es designada como deficiencia de Zn inducida por el P (6,17). Esta alteración comunmente es asociada con altos niveles de P disponible o con aplicaciones de fósforo en el suelo

En estudios iniciales, se sospechó que la causa de esta interacción era la formación de un compuesto insoluble de  $Zn_3(PO_4)_2$  en el suelo.

Lindsay, mencionado por Olsen (17), sugiere que el fosfato de zinc podría ser un fertilizante de Zn así como un buen fertilizante de P.

Brow, Krantz y Eddings, mencionados por Olsen (17), en un experimento con fertilizantes fosforados encontraron que la concentración de P no afectó en gran medida el Zn extractable (acetato de amonio-ditizone), pero tendio a incrementarlo, más que ha disminuirlo.



#### 3.8.4. Fósforo-Aluminio

En muchos suelos ácidos es difícil separar el efecto de una alta saturación aluminica, del de una baja disponibilidad de fósforo.

El aluminio precipita el fósforo de las paredes celulares de la raíz en forma de fosfatos de Al. Consecuentemente las especies de plantas que puedan trasladar el fósforo a la parte aérea de la planta más rápidamente, pueden escapar de esta precipitación y tornarse más tolerantes a niveles altos de aluminio (24).

Según Coleman y colaboradores, mencionados por Sánchez (24), 1 meq de Al intercambiable puede fijar alrededor de 70 ppm de fósforo.

#### 3.8.5. Fósforo-Hierro

Los suelos de áreas tropicales se presentan por lo general, asociados con un pH bajo, grandes cantidades de cargas electropositivas, y una alta capacidad de retención de P. Existen trabajos que indican que en suelos lateríticos de Hawaii, tres días después de la aplicación de dosis elevadas de fosfatos, hasta el 96% del P aplicado se fijó en su mayor proporción al aluminio y al hierro (9).

Sánchez (24), menciona que en un experimento a largo plazo, Shelton y Coleman (1968), encontraron que el P añadido se convertía en proporciones iguales en fosfatos de hierro y aluminio durante el primer año. En tres años, dos terceras partes del fósforo fue encontrado como fosfato de hierro, y durante el sexto año la proporción subió al 75%. Por ser más solubles, los fosfatos de aluminio gradualmente se transformaron en fosfatos de hierro.

En algunos suelos el fósforo esta frecuentemente involucrado en interacciones con la nutrición del Fe de una determinada variedad. Brow y Tiffin (1960), mencionados por Olsen (17), observaron que un exceso de P inactivaba el Fe en plantas de soya. Estos autores sugieren que el fósforo compite por Fe con las raíces.

Otras plantas desarrollan clorosis de Fe cuando esta presente una concentración relativamente elevada de P en el suelo o en la solución nutriente (6,17).

#### 3.8.6. Fósforo-Cobre

Las interacciones de fósforo con el cobre pueden resultar del uso excesivo o prolongado de fertilizantes fosfatados. Deficiencias severas de cobre fueron inducidas en cítricos mediante la aplicación de 180 ppm de fósforo en nueve suelos de California.

Las interacciones de Cu y P en trébol subterráneo fueron diferentes de la interacción observada en cítricos. Greenwood y Hallsworth (1960), mencionados por Olsen (17), observaron que el crecimiento del trébol en cultivos de arena era inhibido por niveles elevados de P a un nivel elevado de Cu, pero la inhibición fue menor o ausente para bajos niveles de Cu. Un nivel cercano al óptimo mejoró la captación y concentración de P en las puntas del trébol.

#### 3.8.7. Fósforo-Molibdeno

El efecto del fósforo en el molibdeno fue altamente consistente bajo una variedad de condiciones experimentales con varias especies.

Olsen (17), menciona que el fósforo mejoró la absorción y translocación de Mo por plantas de tomate. Se sugirió que el P podría estimular la captación de Mo debido a la formación de un ión complejo fosfo-molibdato absorbido más fácilmente por la planta.

Curiel (6), menciona que niveles altos de fósforo en el suelo podrían disminuir la cantidad de Mo utilizable por las plantas.

### 3.8.8. Otras interacciones

Curiel (6), menciona que el fósforo puede asumir funciones antagónicas con el manganeso; y Ortega (18), señala que existe una precipitación de fosfatos, tanto por el manganeso como por el titanio.

#### IV MATERIALES Y METODOS.

##### 4.1. Descripción del área

El área de estudio corresponde a lo que tradicionalmente se ha llamado el Valle de Zapopan, zona maicera que se localiza en el municipio del mismo nombre.

Los límites de Zapopan son los siguientes: Al norte limita con los municipios de Tequila y San Cristobal de la Barranca, al oriente con Ixtlahuacán del Rio y Guadalajara, al sur con Tlaquepaque y Tlajomulco; y al occidente con Tala, Arenal y Amatitan (Fig.1.).

El municipio de Zapopan tiene una superficie de aproximadamente 117,945 ha (27), de las cuales 20,496.5 ha corresponden a la zona agrícola del Valle (25).

##### 4.2. Límites máximos del Valle

	Latitud Norte
Norte	20° 51' 35''
Sur	20° 40' 00''
	Longitud Oeste
Este	103° 20' 30''
Oeste	103° 34' 48''

La altura sobre el nivel del mar es de 1600 a 1650 m.

#### 4.3. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por E. García (1973), para el municipio de Zapopan corresponde la fórmula climática (A)Cwo(w)(i)g. El clima es semicálido, subhúmedo con lluvias en verano y lluvias invernales menores del 5%, con precipitación media anual de 906.1 mm. La temperatura media del mes más cálido es de 36.1 °C y la del mes más frío de 11 °C; con una media anual de 23.5 °C (14).

#### 4.4. Suelos

Los suelos del Valle son originados a partir de material no consolidado como la pómez y cenizas volcánicas; lo que le confiere una textura franco arenosa, con altos contenidos de sílice (70%), bajos contenidos de arcilla (12%) y de materia orgánica (1-2 % aproximadamente), (2).

Como se trata de suelos jóvenes, el perfil presenta un horizonte A, delgado, sobre el material parental (horiz. C), que es removido en las labores de preparación del suelo.

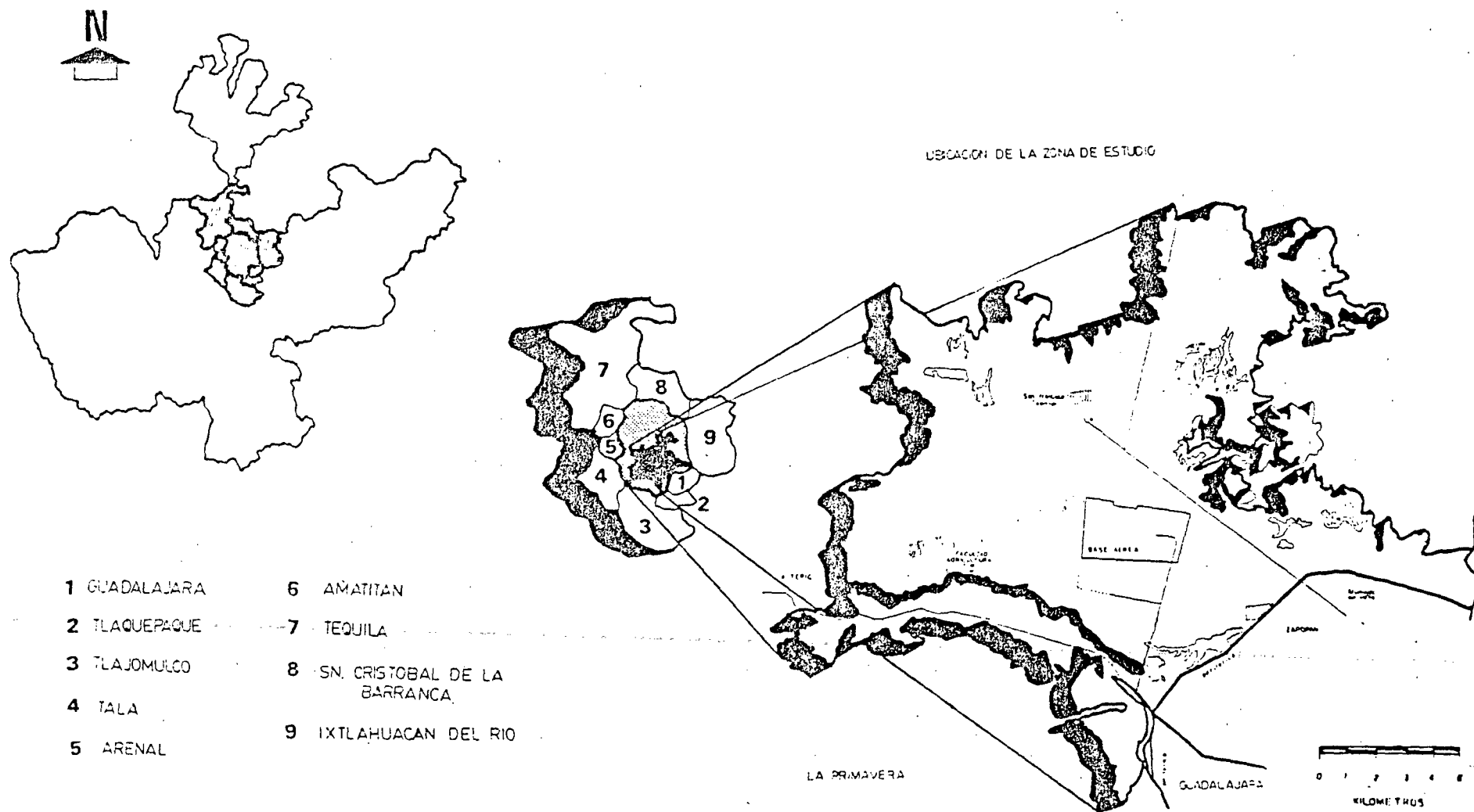


FIG.1. LOCALIZACION DEL VALLE DENTRO DEL MUNICIPIO DE ZAPOPAN

La topografía se presenta sensiblemente plana y los pocos cambios son lomas aisladas de baja altura (2).

De acuerdo a las características mencionadas, el suelo puede ubicarse, dentro de la clasificación de la FAO/UNESCO como un Regosol Eútrico (26).

#### 4.5. Materiales utilizados

- a) Fotografías aéreas escala 1:30,000 (Aerofoto, Blanco y Negro, vuelo 1985).
- b) Muestras de suelo.
- c) Laboratorio y equipo para análisis físicos y químicos de suelos y extractos de saturación.
- d) Computadora Apple IIe e impresora.

#### 4.6. Métodos

##### 4.6.1 Toma de muestras

Utilizando las fotografías aéreas y por medio de fotointerpretación se diferenciaron sitios de muestreo tomando en cuenta diferentes aspectos como: fisiografía, hidrografía, tenencia y manejo del suelo; de acuerdo a esto se considero que las mayores variaciones correspondían al manejo del suelo y del cultivo, por lo que de acuerdo al número de parcelas presentes, se consideraron 50 muestras



como representativas del área total (Fig.2.).

En cada uno de los sitios de muestreo se tomo suelo de los 30 cm superficiales, ya que es aproximadamente la profundidad en la que se encuentran las raices de la planta de maíz.

#### 4.6.2. Análisis del P disponible

Se han utilizado muchos métodos para evaluar la disponibilidad de fósforo para los cultivos. Estos métodos varían en el tipo de solución empleada para extraer el elemento del suelo (10).

Se seleccionó el metodo propuesto por Bray y Kurtz, en 1945 (Bray 1), ya que se ha empleado como un índice del fósforo aprovechable en los suelos. La combinacion de ácido clorhídrico y fluoruro de amonio tiene por objeto extraer las formas de fósforo fácilmente solubles en ácido, principalmente fosfatos de calcio, y una fracción de los fosfatos de hierro y aluminio, debido a la formación de un ión complejo con estos iones cuando se encuentran en solución acida (22).

La literatura indica que este método ha dado muy buenos resultados en suelos ácidos y aceptables en pH neutros o ligeramente alcalinos (10,19,22).

#### 4.6.3. Análisis de suelo

A las muestras de suelos se les hicieron observaciones de materia orgánica (Walkley y Black); capacidad de intercambio de cationes (CIC), (acetato de amonio, pH 7); pH (potenciometro: relación agua:suelo, 2.5:1); nitrógeno total (Kjeldahl-Gunnig); calcio y magnesio intercambiables (Cheng y Bray); sodio y potasio intercambiables (flamometro); aluminio intercambiable (aluminon); Fe, Mn, Zn y Cu intercambiables (absorción atómica). Dentro de los análisis físicos se determinó el porcentaje de arcilla (Bouyoucos), (8,15,23,33).

Los anteriores análisis se realizaron en los Laboratorios de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara y en el Laboratorio de Suelos y Apoyo técnico de la SARH, Residencia regional en Guadalajara Jalisco.

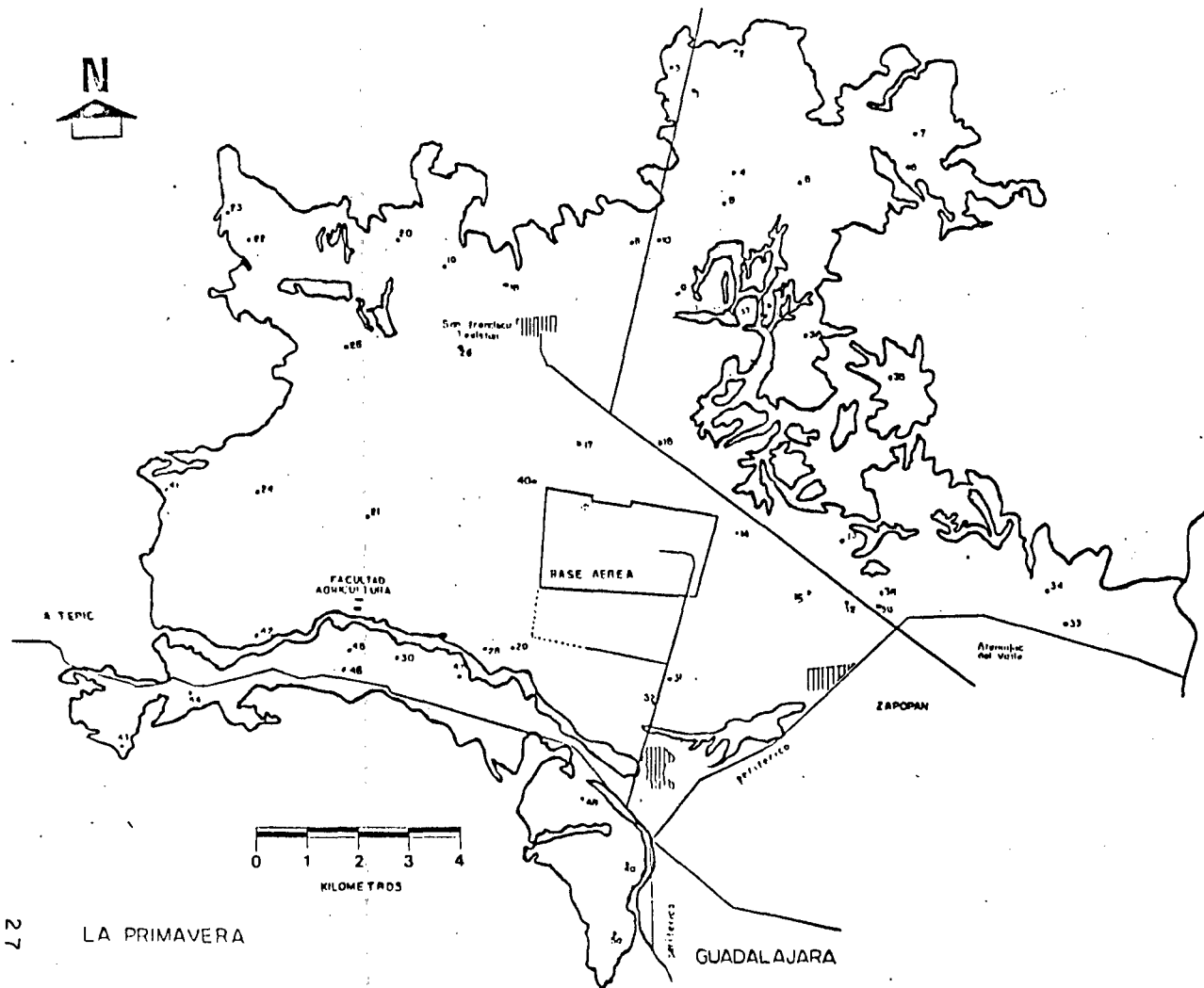


FIG. 2. LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

### 3.6.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico inicialmente se llevo ha cabo, por medio de correlaciones lineales, ya que esta es una medida del grado en que dos variables cambian conjuntamente (22,29). En el presente trabajo, se considerara como una medida de la intensidad de asociación del fósforo disponible con los demas factores del suelo que se determinaron; y que esperamos influyan en la disponibilidad del fósforo.

El parámetro estadístico que estima al coeficiente de correlación se simboliza por  $r$  y se calcula por la siguiente ecuación (22):

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{(\sum X^2)(\sum Y^2)}}$$

$\sum XY$  = Suma de los productos.

$\sum X^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de X.

$\sum Y^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de Y.

Una vez realizadas las correlaciones lineales, se seleccionaron los factores cuyo valor de  $r$  fue considerado como significativo de acuerdo a la tabla de valores de  $r$  para los niveles de significancia de 0.05 y 0.01 (32).

A los factores seleccionados se les determinó la ecuación de regresión que más se ajustó a los valores observados. En el caso de líneas curvas se modificó el lineal por otro coeficiente de correlación no lineal, pero cuyo valor absoluto resulto mayor.

Las ecuaciones de regresión a que se sometieron los factores estudiados y el fósforo fueron las siguientes:

Lineal	$Y = B_0 + B_1 X$
Cuadrática	$Y = B_0 + B_1 X^2$
Cúbica	$Y = B_0 + B_1 X^3$
Cuarto exponencial	$Y = B_0 + B_1 X^4$
Radical	$Y = B_0 + B_1 X^{1/2}$
Recíproca	$Y = B_0 + B_1 1/X$
Exponencial	$Y = B_0 10^{B_1 X}$
Geométrica	$Y = B_1 X^{B_0}$
Logarítmica	$Y = B_0 + B_1 \log X$

## V RESULTADOS.

De acuerdo al procedimiento seguido para la realización de los análisis de suelo, los correspondientes a capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno total, Cu, Fe, Mn y Zn intercambiables, fueron realizados en el Laboratorio de suelos y apoyo técnico de SARH, en Guadalajara Jalisco.

Los análisis correspondientes a P disponible, Ca+Mg, Na, K, Al, arcillas y materia orgánica, se realizaron en los Laboratorios de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 1 y apéndice), podemos considerar a los suelos del Valle de Zapopan como Franco-Arenosos, con un pH de fuertemente ácido a ligeramente ácido (4.3-6.67), (9), y un contenido de materia orgánica de medio a bajo (6.2771-0.515 %), (7), (ver cuadro 1 y apéndice).

La capacidad de intercambio catiónico es baja (16 meq/100 gr), (7), pero concuerda con los porcentajes (12.3 %) y tipos de arcilla que se encuentran en el suelo (11,24), (ver cuadro 1 y apéndice).

CUADRO 1. CARACTERISTICAS ESTADISTICAS DE LOS ANALISIS DE SUELOS.

	MEDIA	VARIANZA	DESV. ESTANDAR	MINIMO	MAXIMO	RANGO	C.V. %
P ppm	0.202	0.032	0.1797	0.01	0.64	0.63	70.99
pH	5.256	0.259	0.5093	4.3	6.67	2.37	9.69
N %	0.102	0.001	0.0351	0.039	0.224	0.185	34.34
K ppm	7.484	41.995	6.4804	2.74	45.23	42.49	86.59
Ca+Mg	3.101	0.328	0.5723	2.19	4.69	2.5	28.45
CIC	16.140	14.027	3.7452	8.60	26.00	17.40	23.20
Cu ppm	1.186	1.699	1.3034	0.066	5.57	5.504	109.99
Fe ppm	75.842	1847.2	42.9775	21.0	222.0	201.0	56.67
Mn ppm	84.131	2601.2	51.0002	9.63	233.0	223.36	60.62
Zn ppm	6.983	70.678	8.4070	0.742	36.7	35.958	120.39
Na ppm	14.463	78.427	8.8560	0.8	26.14	25.34	61.24
Al ppm	0.202	0.032	0.1797	0.01	0.64	0.63	89.19
Arcilla	12.255	38.637	6.2159	0.8	26.05	25.25	50.72
% M.O.	2.549	2.074	1.4403	0.515	6.271	5.756	56.47

De acuerdo a Cooke (5), los contenidos de calcio y magnesio (4.7-2.2 meq/100gr), pueden considerarse de medios a bajos . Para el potasio (2.7-45 ppm) y sodio (1-26 ppm) intercambiables los niveles resultan bajos (5,7), (ver cuadro 1 y apendice).

Respecto a los micronutrientes (Cu, Mn, Zn, Fe), determinados, los contenidos en el suelo de estos elementos resultan de medios a ricos (5,13,31), excepto para el Cu (0.06-5.5 ppm), que tiende a insolubilizarse a pH muy ácido, y por lo tanto su contenido en el suelo en forma intercambiable resulta bajo (5,13), (ver cuadro 1 y apendice).

Los niveles de aluminio son altos (24), y tienden a crear problemas de precipitación de algunos elementos, incluyendo al fósforo (0.01-0.64 ppm de Al en la solución), (ver cuadro 1 y apendice).

Los resultados del análisis de suelo para fósforo disponible nos muestran valores que van de 0.06 ppm a un maximo de 1.58 ppm, lo que corresponderia a un nivel muy bajo de P (5,7,25,31), (ver cuadro 1 y apendice).



FIGURA 2. COEFICIENTES DE CORRELACION LINEAL DE LAS RELACIONES  
P DISPONIBLE-FACTOR DEL SUELO.

FACTORES	COEFICIENTES DE CORRELACION
pH	0.297 *
N %	0.455 **
K ppm	0.447 **
CatMg meq/100 gr	0.055 n.s.
CIC meq/100 gr	0.350 *
Cu ppm	0.488 **
Fe ppm	0.367 **
Mn ppm	0.043 n.s.
Zn ppm	0.423 **
Na ppm	0.068 n.s.
Al ppm	-0.308 *
Arcillas %	0.020 n.s.
Materia Organica %	0.152 n.s.

Niveles de significancia (tabla 8, Taro Yamane, 1980, ESTADISTICA, Ed. HARLA).

\* 0.05

\*\* 0.01

n.s. No significativo

CUADRO 3. COEFICIENTES DE CORRELACION GENERALES DE LOS FACTORES DEL SUELO.

FACTORES DEL SUELO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.- pH	1												
2.- % N	0.394	1											
3.- K ppm	0.574	0.663	1										
4.- Ca+Mg	0.231	0.362	0.411	1									
5.- CIC	0.288	0.628	0.544	0.275	1								
6.- Cu ppm	0.463	0.475	0.306	0.065	0.261	1							
7.- Fe ppm	0.187	0.773	0.599	0.267	0.536	0.415	1						
8.- Mn ppm	0.240	0.487	0.367	0.217	0.514	0.151	0.480	1					
9.- Zn ppm	0.488	0.512	0.427	0.122	0.242	0.866	0.383	0.040	1				
10.-Na ppm	0.031	0.130	0.148	0.336	0.166	-0.033	0.070	0.139	0.090	1			
11.-Al ppm	-0.688	-0.260	-0.301	-0.154	-0.126	-0.422	-0.172	-0.097	-0.425	-0.142	1		
12.-Arcill.	0.179	0.306	0.174	0.136	0.425	0.290	0.347	0.652	0.143	0.099	-0.011	1	
13.- M.O.	0.242	0.336	0.329	0.350	0.226	0.189	0.298	0.149	0.205	0.154	-0.207	0.138	1

Niveles de significancia para n-2 G.L.

0.05 = 0.2789

0.01 = 0.3613

Los resultados de las correlaciones aparecen en los cuadros 2 y 3. En el cuadro 2 se muestran solo las relaciones del fósforo con los factores del suelo que se analizaron; en el cuadro 3, se encuentran las correlaciones de los factores estudiados entre si mismos.

Los factores del suelo que presentaron un coeficiente de correlacion significativo cuando se les practicó la correlación lineal y que fueron seleccionados para realizar con ellos un ajuste de curvas (29), aparecen en el cuadro 5, así como las ecuaciones de correlación correspondientes.

Las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10; corresponden a los factores del suelo que recibieron el ajuste de curvas, o que presentaron un coeficiente de correlación (r) significativo y que mediante el ajuste de curvas no mostraron aumentos.

CUADRO 4. COEFICIENTES DE CORRELACION AJUSTADOS DE LAS RELACIONES  
P DISPONIBLE-FACTOR DEL SUELO.

FACTOR DE DISPONIBILIDAD	ECUACION DE REGRESION	COEFICIENTE DE CORRELACION
pH	$Y = 3,3 \times 10^{-4} X^4 + 0,2103$	0,3262 *
N %	$Y = 455,66 X^4 + 0,381$	0,5236 **
K ppm	$Y = 2,68 \times 10^{-7} X^4 + 0,452$	0,4686 **
CIC meq/100 gr	$Y = 2 \times 10^{-6} X^4 + 0,327$	0,4549 **
Cu ppm	$Y = 0,127 X + 0,326$	0,4883 **
Fe ppm	$Y = 2,89 \times 10^{-3} X + 0,26$	0,3671 **
Zn ppm	$Y = 0,1173 X^{1/2} + 0,2063$	0,4528 **
Al ppm	$Y = 0,2953 - 0,1931 \log X$	-0,3069 *

Y = Disponibilidad de P en ppm.

X = Factor del suelo.

Niveles de significancia (tabla 8, Taro Yamane, 1980, ESTADISTICA,  
Ed. HARLA),

\* 0.05

\*\* 0.01

n.s. No significativo

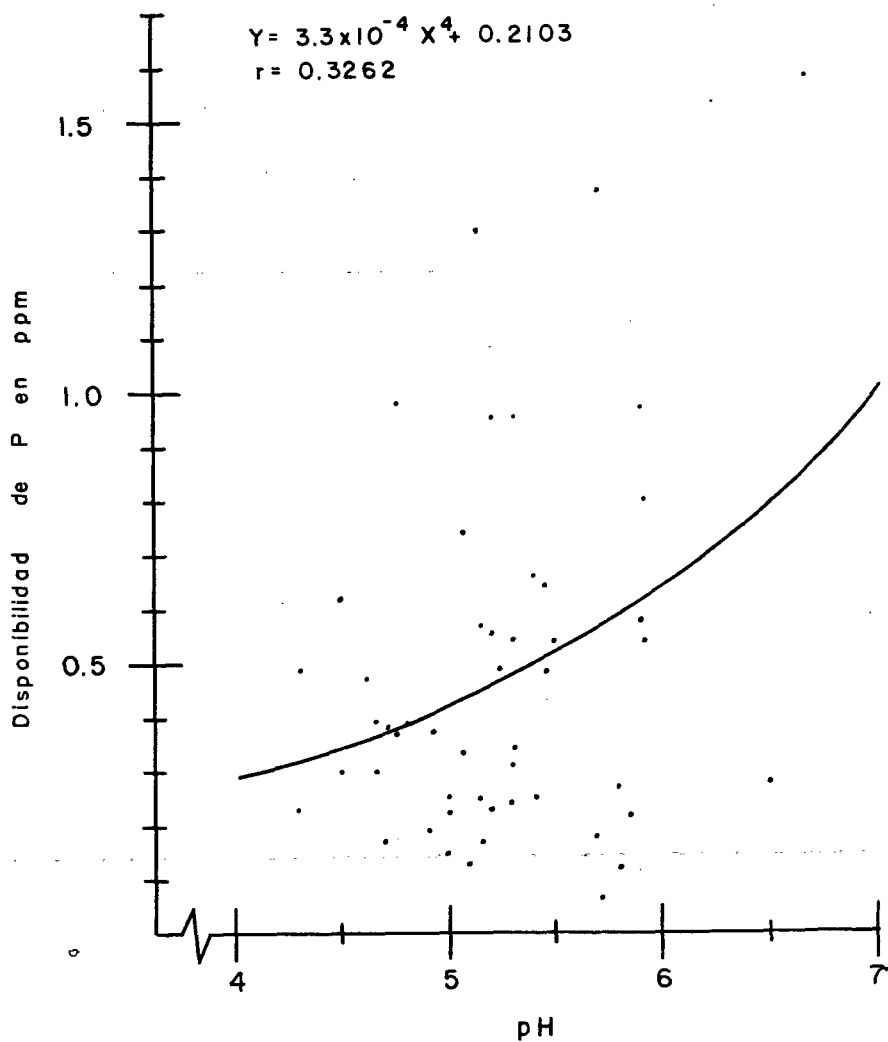


Fig. 3. Correlacion entre el pH y el P disponible (ppm)

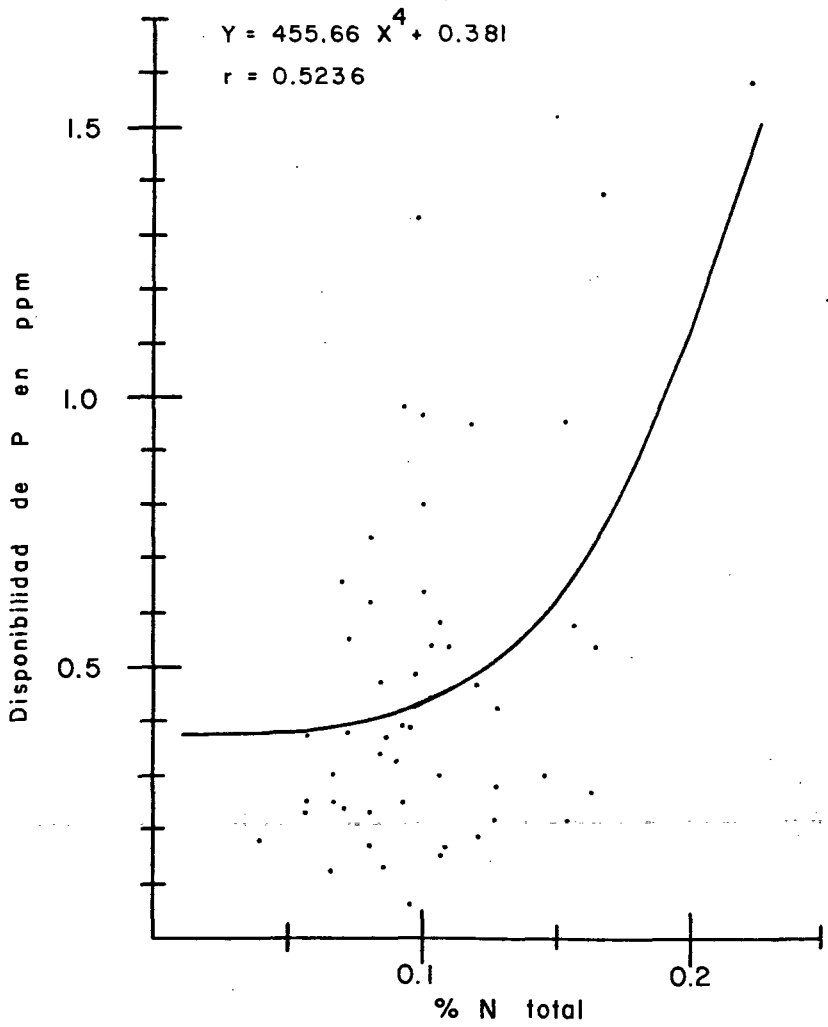
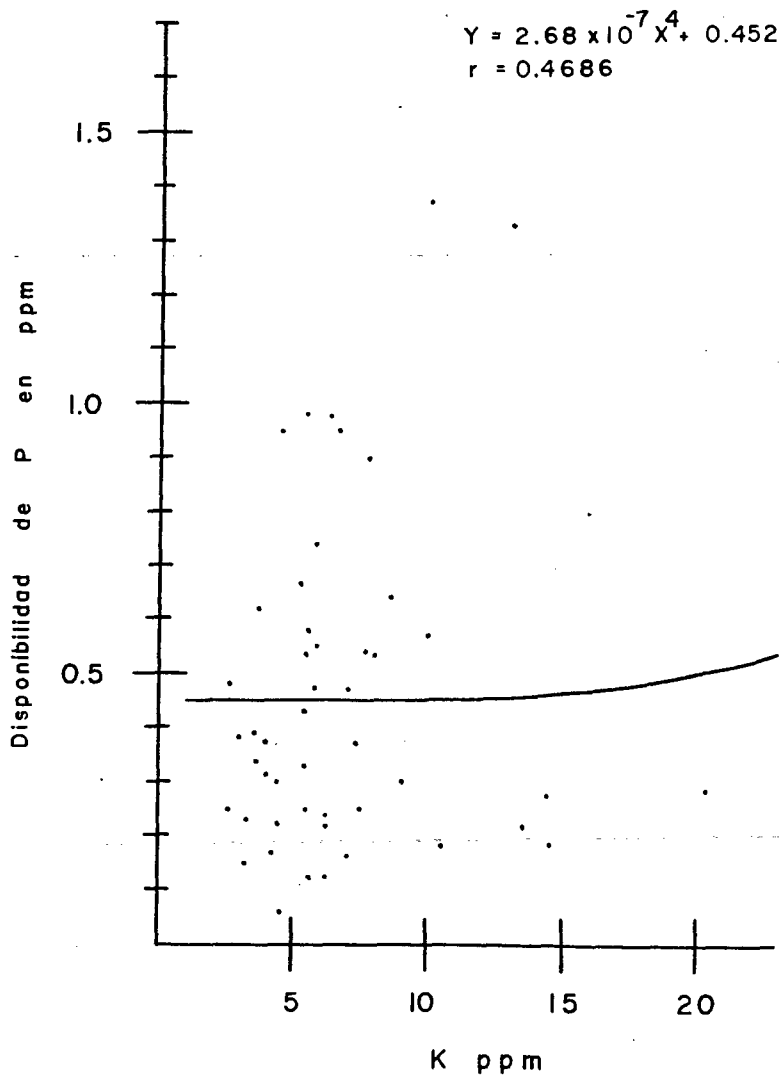
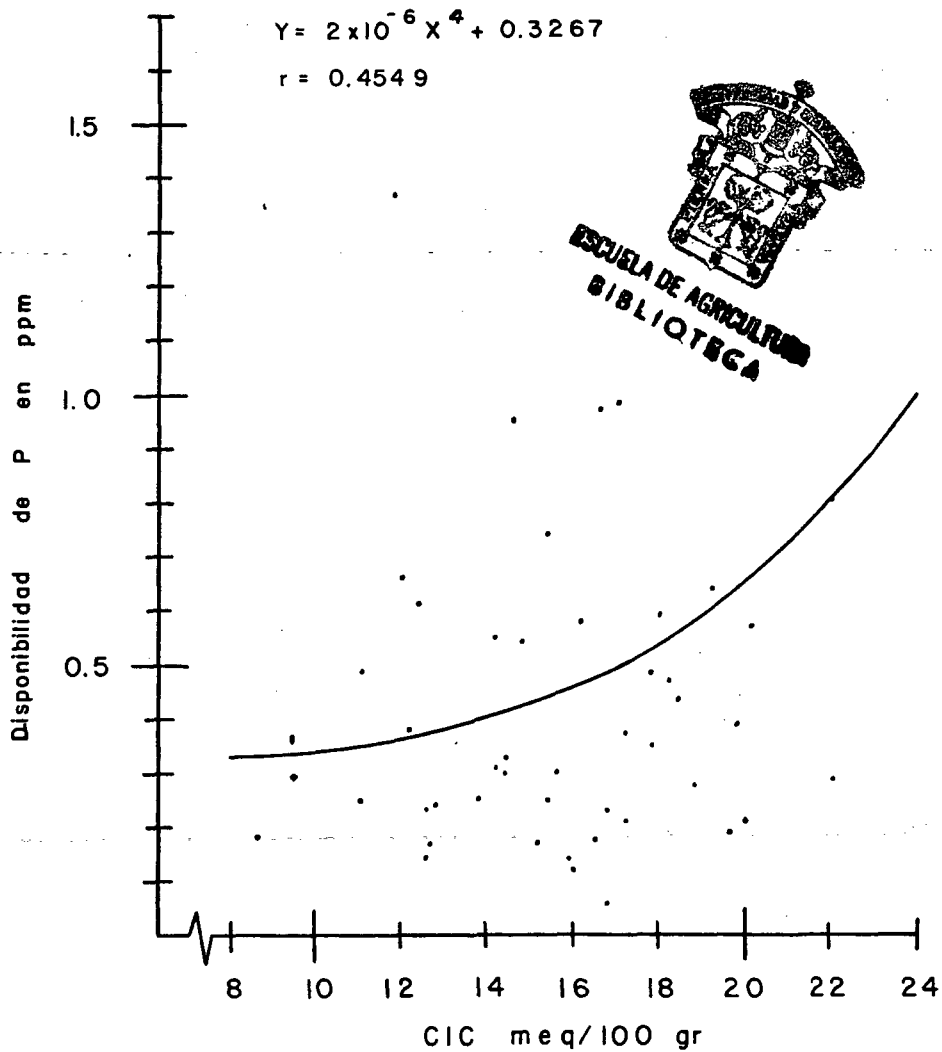


Fig. 4. Correlación entre el N total (%) y el P disponible (ppm)

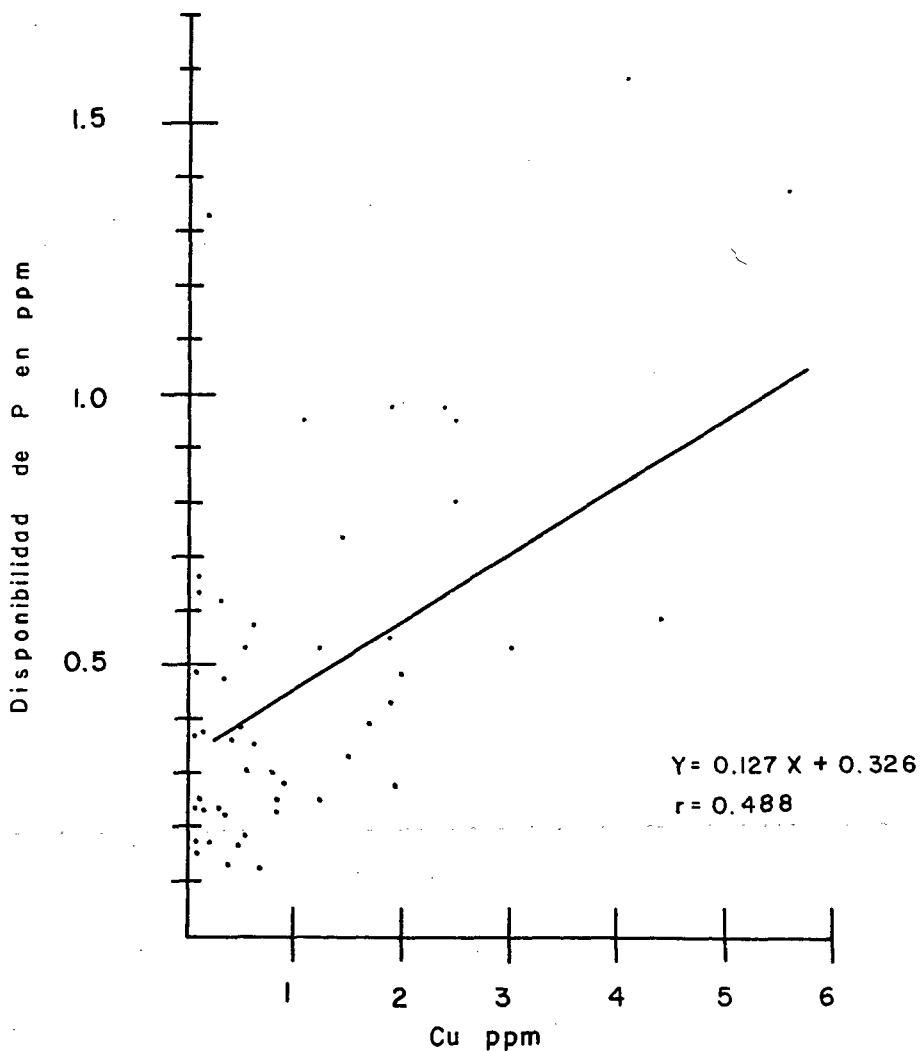


**Fig. 5.** Correlación entre el K (ppm) y el P disponible (ppm)



**Fig. 6.** Correlación entre la CIC (meq/100 gr) y el P disponible (ppm)





**Fig. 7.** Correlación entre el Cu (ppm) y el P disponible (ppm)

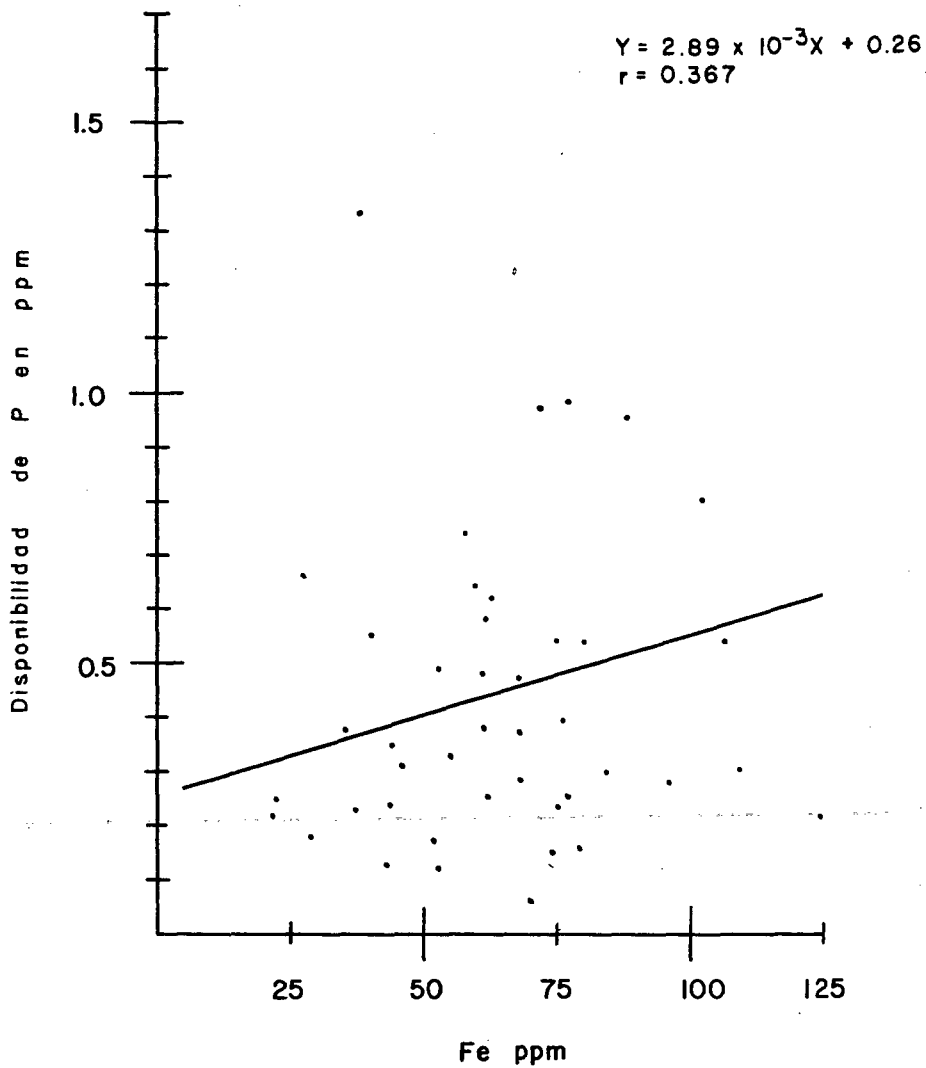


Fig. 8. Correlación entre el Fe (ppm) y el P disponible (ppm)

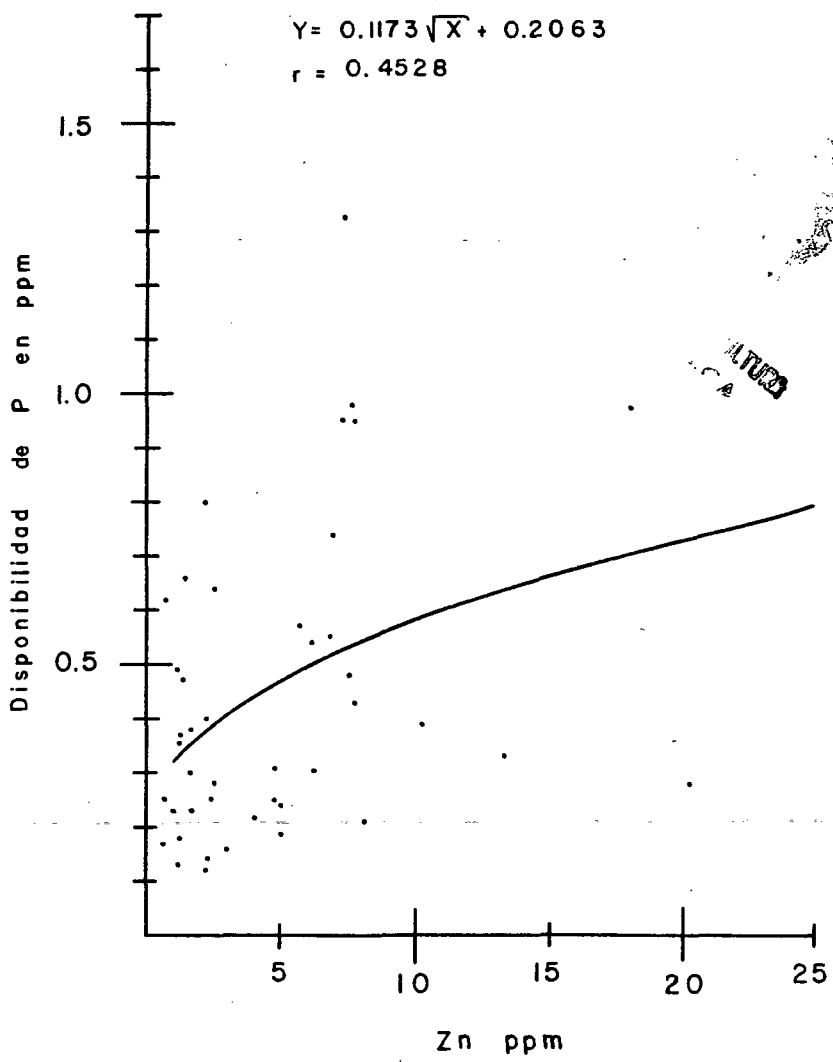


Fig. 9. Correlación entre el Zn (ppm) y el P disponible (ppm)

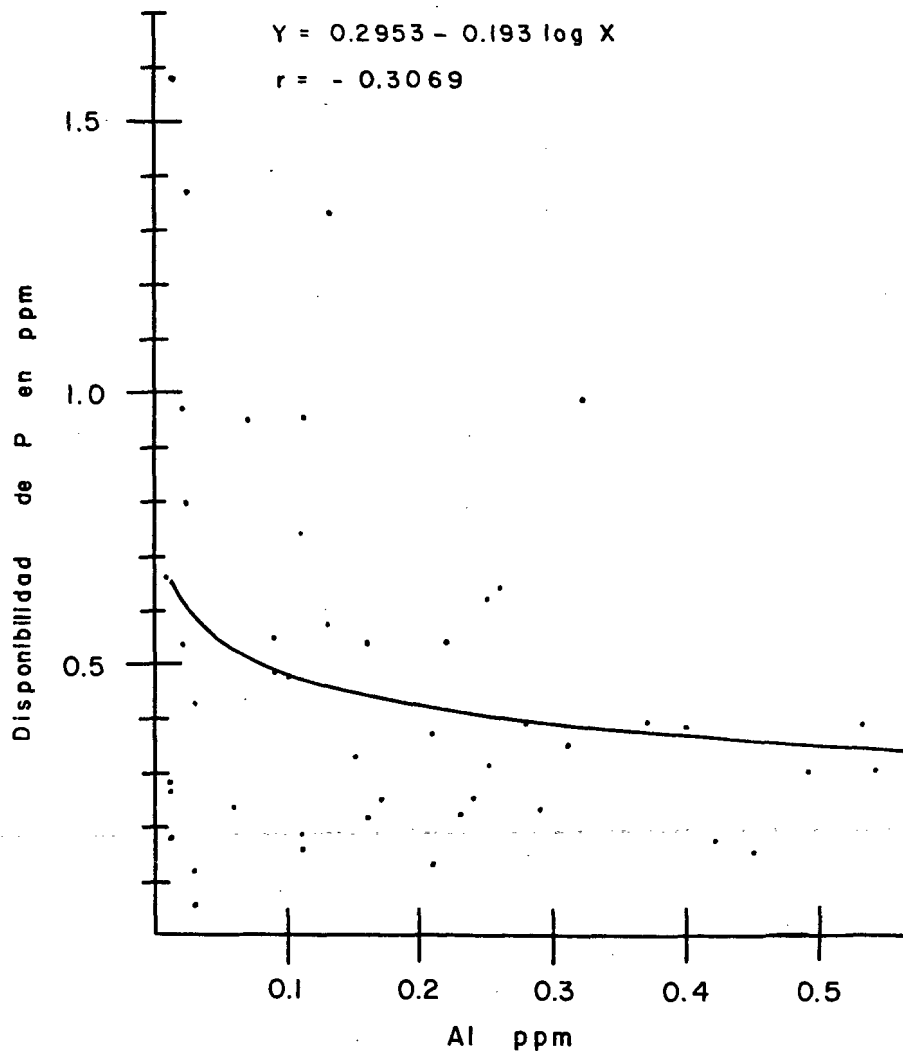


Fig. 10. Correlacion entre el Al (ppm) y el P disponible (ppm)

## VI DISCUSION.

En suelos muy ácidos el P se fija en forma de fosfatos de Fe y Al. Ello se debe a que la acidez da lugar a la formación de iones de  $Fe^{+++}$  y  $Al^{+++}$ , aumentando así su actividad. Los fosfatos de Ca y Mg tienden a ser poco frecuentes (9,21).

De acuerdo al método utilizado para la determinación de P aprovechable en suelos ácidos (Bray 1), la solución extractora libera las formas de P fácilmente solubles en ácido, principalmente fosfatos de calcio y una fracción de los fosfatos de hierro y aluminio (10,13,23).

La relación P-Ca+Mg de los suelos estudiados resultó no significativa (cuadro 3), lo que implicaría que en estos suelos prácticamente no se encuentran fosfatos de calcio fácilmente solubles.

Aún cuando se fertilice con fosfatos de calcio, estas formas cambian rápidamente a fosfatos de Fe y Al cuando el pH de los suelos es muy ácido, debido a la abundancia de estos dos iones.

La fracción de fosfatos de Fe y Al que de acuerdo al método pueden llegar a proporcionar fósforo, mostraron una correlación significativa. Para la relación P-Fe se tiene una  $r=0.37$ , y para P-Al una  $r=-0.31$  (cuadro 2, figs.8. y 10.).

El coeficiente de correlación negativo de la relación P-Al nos indica una precipitación de fosfatos de Al muy poco solubles y no disponibles para la planta (fig.10). Por lo que practicamente los fosfatos disponibles que se encontraron podrian provenir de algún tipo de fosfato de Fe.

El N orgánico representa comunmente, entre el 85 y 95% del N total que se encuentra en el suelo (9); y durante la mineralizacion de éste, se produce  $NH_4^+$  como producto intermedio. El cual puede ser retenido en las posiciones de cambio de la materia orgánica y de las arcillas. Lo mismo ocurre con las sales amonicas que se agregan al suelo como fertilizante (21).

Esto es doblemente importante si consideramos que en el Valle de Zapopan, generalmente se ha fertilizado con sulfato de amonio. En el caso de los análisis de N total reportados, encontramos que pueden explicarse en un 40% debidos a la capacidad de intercambio cationico ( $r=0.628$ ),

es decir, de las formas de N incluidas en el N total, un 40 % podría estar relacionada en forma de catión con la CIC (ver cuadro 3).

De entre los 32 fosfatos precipitados que reportan Lindsay, Frazier y Stephenson (9), se identificaron fosfatos que contenían N, Fe y Al cuando se adicionaba P como superfosfato (fertilizante comunmente utilizado en la zona de estudio). De acuerdo a las condiciones de acidez de los suelos estudiados, en donde tenemos la presencia de cantidades importantes de Fe y Al intercambiables (cuadro 1), podemos esperar que se repitan en forma natural las condiciones creadas por estos investigadores. De los coeficientes de correlación en las relaciones N-Fe, N-Al y Fe-Al, solo la relación N-Fe resultó significativa ( $r=0.77$ ), por lo que podríamos esperar la formación del siguiente fosfato:  $NH_4Fe(HPO_4)_2$ , ya que no existe evidencia de algún tipo de relación entre el Al y el Fe y N (ver cuadro 3).

Este fosfato tiende a ser poco estable a medida que aumenta el pH de un nivel muy ácido a otro ligeramente ácido o neutro. Esto podría explicar las correlaciones P-N (0.52), fig. 4., P-Fe (0.37), fig. 8., y P-pH (0.33), fig. 3.. Por lo que se tendría P disponible para las plantas de este tipo de fuentes (9,21).

No obstante que existe una correlación importante entre el P disponible y el Cu y Zn intercambiables (cuadro 4, figs. 7. y 9.), no se puede olvidar que estos tres elementos tienen comportamientos similares cuando existe Al intercambiable. Es decir, tienden a disminuir a medida que el Al intercambiable aumenta (Al-P,  $r=-0.31$ ; Al-Cu,  $r=-0.422$ ; y Al-Zn,  $r=-0.425$ ), (13); (ver cuadros 2 y 3).

En un experimento Bingham y Garber (17), incrementando el contenido de P de 50 a 450 ppm, encontraron un incremento de Cu al nivel más elevado de fósforo. Respecto al Zn informaron que los cambios de concentración encontrados en el extracto acuoso no fueron significativos, con respecto a los niveles de P. Stuckenholtz et al. (17), no observaron cambios en el Zn soluble en soluciones 0.1 N de HCl en un suelo alcalino cuando la tasa de P se incremento de 10 a 1000 ppm.

De acuerdo a Gallardo (11), en los suelos estudiados se encontró la presencia de Alofano utilizando la técnica de Pierre Segal, y en su estudio de arcillas señala que la arcilla preponderante es la Caolinita, y en menor proporción Haloisita y Metahaloisita.



En la anterior relación de arcillas coincide con Besoain (3), en donde expone que el Alofan puede transformarse en Caolinita, via Haloisita/Metahaloisita. No obstante la presencia de estos minerales arcillosos, altamente fijadores de fosfatos (24), no se encontró en los suelos estudiados una relación significativa entre el % de arcillas y la disponibilidad de P; su coeficiente de correlación fue  $r=0.02$  (cuadro 2). Lo mismo ocurrió en la relación P-M.O., que resulto no significativa con un valor de  $r=0.15$  (cuadro 2).

Los coeficientes de correlación significativos que se obtuvieron de la relaciones P-K y P-CIC (cuadro 5, figs. 5 y 6), nos indicarian una fuerte asociación entre estas observaciones y el fósforo, pero podemos considerar que estos cambios son debidos a la influencia del pH, ya que ambos (K y CIC), aumentan a medida que aumenta este.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## VII CONCLUSIONES.

1.- No existe relacion entre el P disponible y el Ca intercambiable, ya que los fosfatos de calcio utilizados como fertilizante cambian rapidamente a otras formas no cálcicas (aluminicas y/o ferricas); y los fosfatos de calcio provenientes del material madre son minimos en estos suelos, de acuerdo a su origen volcanico.

2.- No es posible definir si existe antagonismo o sinergismo del P con Cu, Zn o Mn. Ya que el comportamiento de estos microelementos esta determinado por el pH y el Al intercambiable de estos suelos principalmente.

3.- Las formas de fósforo disponible determinadas, no estan relacionadas con los niveles de materia orgánica del suelo, ni con la presencia de arcillas altamente fijadoras de P como el Alofano y la Caolinita, ya que su contenido en los suelos es bajo. La aparente contradicción de que los fosfatos disponibles no provienen de la materia orgánica, se debe a que los microorganismos preferentemente utilizan los fósforos provenientes de la fertilización

4.- La disponibilidad de P en estos suelos esta principalmente relacionada con el contenido de N y Fe. Debido a la formación de un compuesto con estos dos elementos. Por lo que se constituye este fosfato en una fuente de P para la planta.

5.- La principal perdida de P se debe a la precipitación de fosfatos insolubles de aluminio.

## VIII BIBLIOGRAFIA.

1.- Alexander, Martin., 1980, Introducción a la microbiología del suelo. AGT EDITOR, S.A. México.

2.- Becerra Vivar, J. et al. 1986, Levantamiento Geológico del Municipio de Zapopan., Tesis Ing. Agronomo, Fac. Agricultura, Universidad de Guadalajara.

3.- Besoain, Eduardo., 1985, Mineralogía de arcillas de suelos, IICA, Turrialba, Costa Rica.

4.- Buckman, H.O. y Brady, N.C., 1966, Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon, S.A., Barcelona, España.

5.- Cooke, G. W., 1983, Fertilización para rendimientos máximos, Ed. CECOSA, México

6.- Curiel Ballesteros, A., 1983, Manejo de suelos y aplicación de fertilizantes. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario (INCA), México.

7.- Dominguez Vivancos, A. 1978, Abonos Minerales, quinta edición, Ministerio de Agricultura, Madrid, España.

8.- Espinoza Hidalgo, J., 1976, Practicas de Laboratorio de Fisica y Quimica de Suelos. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara, México.

9.- Fassbender, Hans W., 1980, Quimica de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina, IICA, Turrialba, Costa Rica.

10.- Garabito Neira, F., 1979, Propiedades químicas de los suelos, Instituto Geografico "Agustín Codazzi"; Subdirección Agrológica, Ministerio de Hacienda y Crédito Publico, Bogota, D.E. Colombia.

11.- Gallardo Torres, Alicia., 1983, Estudio de la fracción arcilla de los suelos arenosos del Valle de Guadalajara, Tesis Ing. Agronomo, Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara.

12.- Gaucher, G., 1971, Tratado de Pedología Agrícola. El suelo y sus características agronomicas, Ed. Omega, Barcelona, España.

13.- Laird, Reggie J., 1981, Apuntes mimeografiados de la clase de Fertilidad de Suelos II, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

14.- Lopez Sanchez, C.M., 1980, Climatología de Jalisco, Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara.

15.- McLean, E. O., 1965, Methods of soil Analysis, Aluminium, Agronomy No 9 part 2, American Society of Agronomy, USA.

16.- Mertz, Edwin T., 1977, Bioquímica, tercera reimpresión en español, Publicaciones Cultural, S. A., México.

17.- Mortvedt, J. J. et al. compilación, 1983, Micronutrientes en Agricultura, AGT EDITOR, S. A., México.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

18.- Ortega Torres, E., 1978, Química de Suelos,  
Ed. PATENA, Universidad Autónoma Chapingo,  
Chapingo, México.

19.- Ortiz Villanueva, B., 1977, Fertilidad de  
suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo,  
México.

20.- \_\_\_\_\_ y Ortiz S., C. A., 1980,  
Edafología, tercera edición, Universidad Autónoma  
Chapingo, Chapingo, México.

21.- Primo Y., E. y Carrasco D., J. M., 1973,  
Química Agrícola, Ed. ALHAMBRA, España.

22.- Reyes Castañeda, P., 1985, Bioestadística  
Aplicada. Agronomía-Biología-Química. tercera  
reimpresión, Ed. Trillas, México.

23.- Ruiz Bello, A. y Ortega Torres, E., 1979,  
Prácticas de Laboratorio de Química de Suelos.  
Departamento de Suelos, Universidad Autónoma  
Chapingo, Chapingo, México.

24.- Sánchez, Pedro., 1981, Suelos del Tropicó. Características y manejo, IICA, San José, Costa Rica.

25.- \_\_\_\_\_ y Salinas, J. G., 1983, Suelos Acidos, Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, Bogotá, Colombia.

26.- Secretaria de programación y presupuesto, 1980, Cartas de uso del suelo (escala 1:50000):  
Guadalajara Oeste F-13-D-65  
San Francisco Tesistan F-13-D-55

27.- \_\_\_\_\_, 1980, Cartas Edafológicas (escala 1:50000):  
Guadalajara Oeste F-13-D-65  
San Francisco Tesistan F-13-D-55

28.- \_\_\_\_\_, 1981, Síntesis Geográfica de Jalisco, México, D. F.

29.- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1986, Bioestadística: Principios y procedimientos, segunda edición (primera en español), Ed. McGraw-Hill, México.



30.- Tisdale, S. L. et al. 1982, Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes, Ed. UTEHA, México.

31.- Yagodin, B. A. et al. 1986 Agroquímica II, Ed. MIR, Moscu, URSS.

32.- Yamane, Taro., 1980, Estadística, Ed. HARLA, México

33.- Zarazua C., B., Practicas de Química Agrícola, Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara.

A P E N D I C E .

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE SUELOS.

n	pH	%N	K ppm	Ca+Mg *	CJC **	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm
1	5.72	0.095	4.65	2.810	16.80	4.700	69.4	55.1
2	5.07	0.089	5.38	2.810	14.40	1.490	54.5	93.2
3	5.80	0.067	5.63	3.125	16.00	0.695	52.4	233.0
4	5.92	0.103	7.81	3.125	22.40	2.480	102.0	89.8
5	5.90	0.106	5.63	2.500	16.20	4.370	61.9	45.5
6	6.50	0.128	20.19	3.750	22.00	0.912	68.2	185.0
7	5.10	0.084	6.14	4.690	15.80	0.372	43.4	97.7
8	5.45	0.120	6.96	4.375	17.80	1.990	60.6	78.4
9	5.70	0.168	9.06	2.810	11.80	5.570	144.0	67.0
10	4.80	0.095	3.54	2.190	19.80	0.507	44.8	58.0
11	5.30	0.067	3.97	3.125	14.20	0.541	46.0	38.1
12	5.20	0.072	5.88	3.650	14.20	1.860	39.9	67.0
13	5.13	0.098	13.04	3.440	19.60	0.236	38.4	48.9
14	4.50	0.145	9.01	3.440	15.60	0.770	109.0	142.0
15	5.92	0.163	8.10	3.125	19.40	1.250	106.0	159.0
16	5.50	0.109	5.63	2.810	14.80	3.000	79.5	109.0
17	4.92	0.067	3.97	3.440	9.40	0.233	35.4	23.6
18	4.65	0.092	3.13	2.810	13.60	1.730	75.8	59.5
19	5.30	0.117	4.65	3.750	14.60	1.100	88.4	67.0
20	6.67	0.224	45.2	4.060	26.00	4.130	217.0	159.0
21	5.70	0.039	10.61	2.500	8.60	0.100	29.3	12.0
22	5.90	0.100	6.41	3.125	16.60	2.400	72.0	40.9
23	5.15	0.156	9.97	3.125	20.80	0.600	144.0	161.0
24	5.20	0.151	6.69	2.500	26.00	2.530	152.0	176.0
25	4.90	0.120	14.51	3.750	19.60	0.567	222.0	83.0
26	5.80	0.162	14.51	4.375	18.80	1.950	95.8	55.6
27	4.65	0.106	4.42	3.125	14.40	0.563	84.1	118.0
28	5.40	0.092	7.52	3.125	15.40	1.260	77.1	149.0
29	5.85	0.254	13.40	3.750	17.20	0.159	124.0	144.0
30	5.00	0.106	3.13	3.125	12.60	0.166	73.6	42.4
31	5.30	0.103	7.81	3.440	18.00	0.563	74.8	95.2
32	5.15	0.109	6.96	2.500	12.60	0.497	79.4	109.0
33	4.85	0.128	5.63	3.125	19.40	1.920	133.0	144.0
34	4.70	0.079	4.19	3.500	15.20	0.232	52.3	78.0
35	5.90	0.070	5.13	2.810	12.00	0.166	26.6	58.5
36	4.50	0.079	3.75	2.500	12.40	0.298	63.1	41.9
37	5.00	0.067	5.63	2.810	13.80	0.851	61.9	114.0
38	5.30	0.069	6.14	2.500	12.80	0.795	44.4	94.0
39	5.05	0.079	5.88	3.125	15.40	1.420	58.4	102.0
40	4.75	0.092	5.38	3.125	17.00	1.920	77.1	86.0
41	5.30	0.089	3.75	3.440	17.80	0.629	44.4	20.3
42	4.58	0.084	5.88	2.190	18.20	0.364	67.8	112.0
43	5.20	0.056	3.13	2.500	12.60	0.066	36.9	15.4
44	4.75	0.086	7.24	2.500	17.20	0.099	67.8	66.5
45	5.45	0.100	8.70	2.500	19.20	0.166	59.6	20.4
46	5.22	0.097	2.74	2.500	11.00	0.099	52.6	15.4
47	4.30	0.079	4.42	3.440	16.80	0.265	74.8	54.5
48	4.72	0.072	3.32	2.810	12.20	0.132	60.7	29.8
49	5.05	0.126	6.14	2.810	20.00	0.264	21.0	73.4
50	5.15	0.056	2.74	2.500	11.00	0.166	22.0	9.63

\* meq/100 gr de suelo.

A P E N D I C E .

Cont.

n	Zn ppm	Mg ppm	Al ppm	%Anquilla	%H.O.	P ppm
1	30,6	29,26	0,030	13,8	1,88	0,060
2	13,2	3,11	0,151	14,0	1,03	0,332
3	2,17	24,67	0,035	23,8	0,94	0,121
4	2,11	3,87	0,025	11,75	2,39	0,798
5	36,7	3,49	0,020	14,1	2,75	0,580
6	2,51	5,08	0,015	18,0	3,39	0,282
7	1,11	19,52	0,205	12,0	2,10	0,127
8	7,47	22,47	0,104	12,08	4,06	0,477
9	26,2	3,87	0,125	7,5	2,57	1,370
10	2,17	23,20	0,369	12,03	2,80	0,389
11	4,76	18,04	0,248	9,1	6,27	0,307
12	6,79	18,04	0,087	13,17	4,90	0,551
13	7,47	19,09	0,127	2,8	1,79	1,332
14	6,05	20,25	0,493	24,2	2,82	0,303
15	6,05	24,67	0,021	16,05	3,45	0,535
16	7,88	2,72	0,220	24,0	1,75	0,536
17	1,15	18,04	0,208	4,9	1,21	0,365
18	10,2	13,04	0,277	15,8	4,66	0,387
19	7,34	25,00	0,108	10,8	4,11	0,951
20	31,6	25,14	0,014	18,01	5,93	1,582
21	1,25	3,11	0,011	10,01	2,46	0,181
22	18,0	18,78	0,019	11,8	1,22	0,972
23	5,77	20,26	0,122	14,8	2,90	0,568
24	7,88	3,49	0,072	26,05	3,70	0,951
25	5,03	11,37	0,112	13,0	2,78	0,188
26	20,2	25,42	0,100	6,19	3,13	0,275
27	1,63	2,34	0,544	14,22	3,11	0,299
28	4,82	3,11	0,640	14,86	1,96	0,259
29	8,07	21,73	0,160	14,08	2,20	0,215
30	2,21	3,11	0,446	13,19	2,24	0,145
31	7,94	24,67	0,156	17,95	4,46	0,535
32	2,99	3,49	0,108	5,15	3,61	0,163
33	7,81	23,20	0,032	16,01	4,00	0,430
34	0,74	19,52	0,416	10,08	3,15	0,170
35	1,43	1,96	0,010	11,4	3,80	0,658
36	0,85	0,809	0,251	5,35	1,21	0,616
37	2,18	20,26	0,215	17,4	1,15	0,254
38	5,08	19,89	0,061	12,8	0,90	0,237
39	7,93	22,47	0,112	4,8	0,94	0,743
40	7,68	20,26	0,222	18,8	1,46	0,980
41	1,56	19,04	0,312	23,8	0,85	0,345
42	1,24	22,47	0,583	16,0	0,78	0,473
43	1,09	18,78	0,292	2,7	5,30	0,233
44	1,24	20,63	0,529	8,8	1,20	0,367
45	2,54	3,87	0,264	6,05	1,15	0,644
46	1,20	13,78	0,088	2,0	0,52	0,485
47	1,76	1,96	0,602	5,5	1,65	0,277
48	1,63	4,62	0,400	3,4	1,22	0,376
49	3,97	4,62	0,231	7,9	1,94	0,217
50	0,79	19,78	0,170	0,8	0,71	0,251

\* Al ppm de la solución.

Al mcg/100 gr = (Al ppm sol.) 2.7