
Universidad de Guadalajara

FACULTAD DE AGRONOMIA



CLASIFICACION DE SUELOS DE VALLE DE ZAPOPAN, JALISCO
EN BASE A SU FERTILIDAD

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A
PEDRO GARCIA CHAVEZ
Guadalajara, Jalisco. **Diciembre de 1990.**



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente

Número

Marzo 25, 1937.

C. PROFESORES

ING. ARTURO CURIEL DALLESTEROS. DIRECTOR.

ING. ROGELIO HUERTA ROSAS. ASESOR.

ING. RAMON CEJA RAMIREZ. ASESOR.

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

"CLASIFICACION DE SUELOS DEL VALLE DE ZAPOPAN EN BASE A SU FERTILIDAD."

presentado por el PASANTE PEDRO GARCIA CHAVEZ 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

FACULTAD DE AGRICULTURA
ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 Facultad de Agricultura

Expediente
 Número

Marzo 25, 1987.

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

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante _____

PEDRO GARCIA CHAVEZ

, titulada -

"CLASIFICACION DE SUELOS DEL VALLE DE ZAPOPAN EN BASE A SU FERTILIDAD."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS,

ASESOR

ASESOR

ING. ROGELIO HUERTA ROSAS.

ING. RAMON CEJA RAMIREZ.

hlg.

"Somos como fruto de un árbol
que hoy acaba de madurar
tú eres ese árbol querida Escuela
y nosotros somos parte de ti
Llevamos dentro semillas
que tú nos has proporcionado.
Las gracias que yo te debo
no se dicen en prosa ni en verso
las gracias te las daré
quizá entre surcos
o dentro de un aula
mostrando tu mensaje
con orgullo, sinceridad y honestidad"

DEDICATORIAS:

A mis padres:

por su ejemplo y la fe que siempre me demostraron en los momentos mas difíciles de mi vida.

Por el espíritu de lucha que supieron inculcarme a través de sus triunfos, derrotas, alegrías y tristezas.

A mi hija Ana Margarita:

con el mejor deseo de que algún día realice los sueños de superación que ella misma se forja.

A mi Esposa:

Por que juntos encontremos la mejor continuación del camino iniciado.

A José Luis y Margarita:

Por el ejemplo y apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de la vida como estudiante.

A mis hermanos y sobrinos:

Con el deseo de que realicen todas las metas que se tracen en la vida.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a la Universidad de Guadalajara y a la Facultad de Agronomía por darme la oportunidad de alcanzar una formación profesional y lograr una meta más en la vida.

A los Ingenieros

Arturo Curial Pallesteros

Rogelio Huerta Rosas

Ramón Mejía Ramírez

Por haber aceptado colaborar en la realización de este trabajo

Agradezco a la Ing. Patricia López por su desinteresado apoyo en la culminación de esta tesis.

Agradezco a la M.C. Ana Valenzuela Zapata por la oportunidad y el apoyo que me ha brindado en el ejercicio profesional.

INDICE

pagina

Capitulo I.- Introducción.....	1
Capitulo II.- Objetivos e hipótesis.....	3
Capitulo III.- Revisión de Literatura.....	4
3.1.- Generalidades.....	4
3.1.1.- Definición de fertilidad.....	4
3.1.2.- Factores del crecimiento.....	5
3.1.3.- Técnicas para determinar el grado de fertilidad.....	7
3.1.3.1.- Síntomas de deficiencias de nutrientes en las plantas.....	7
3.1.3.2.- Análisis de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.....	8
3.1.3.3.- Pruebas biológicas.....	8
3.1.3.4.- Pruebas químicas del suelo.....	8
3.2.- Efectos del Al en el suelo.....	9
3.3.- Acidez del suelo.....	12
3.3.1.- Acidez actual.....	12
3.3.2.- Acidez total o titulable.....	12
3.3.3.- Corrección de la acidez del suelo.....	13
3.3.4.- Efectos de la acidez del suelo sobre el desarrollo de los cultivos.....	14
3.4.- Objetivos del encalado como mejorador del suelo.....	14
3.5.- Capacidad de Intercambio Cationico.....	15
3.6.- Componentes del suelo.....	16

3.7.-	El suelo como medio equilibrado.....	17
3.8.-	Antecedentes sobre la clasificación de suelos en Jalisco.....	19
3.9.-	Clasificación de suelos en base a su fertilidad.....	23
Capítulo IV.-	Materiales y Métodos.....	26
4.1.-	Descripción del área de estudio.....	26
4.1.1.-	Localización	26
4.1.2.-	Clima.....	26
4.1.2.1.-	Precipitación	27
4.1.2.2.-	Temperatura.....	27
4.1.3.-	Suelos	29
4.1.4.-	Aspecto socioeconómico.....	29
4.1.4.1.-	Población.....	29
4.1.4.2.-	PEA del sector agropecuario.....	30
4.1.4.3.-	Inmigración y emigración.....	31
4.1.4.4.-	Tenencia de la tierra.....	31
4.1.4.5.-	Especies cultivadas.....	32
4.1.4.5.1.-	El maíz como cultivo principal....	32
4.2.-	Metodología.....	32
Capítulo V.-	Resultados.....	41
Capítulo VI.-	Conclusiones.....	55
Capítulo VII.-	Recomendaciones.....	59
	Apéndice.....	61
	Bibliografía.....	71
	Índice general.....	74

CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL VALLE DE ZAPOPAN, JALISCO EN BASE
A SU FERTILIDAD.

Con el presente trabajo se pretende obtener una agrupación de suelos de acuerdo a su capacidad de fertilidad con el fin de facilitar al profesionista en agronomía, una herramienta más apegada a la realidad, que le permita dar recomendaciones más acertadas para las diferentes áreas de cultivo que se encuentran dentro del Valle de Zapopan, Jalisco.

Al obtener las limitantes de fertilidad en los diferentes grupos homogéneos, es posible encontrar la forma de modificarlos por medio de prácticas agrícolas, y así aumentar la producción tanto en calidad como en cantidad.

Actualmente, las áreas destinadas para la agricultura en el Valle de Zapopan, son manejadas en forma general sin tomar en cuenta la heterogeneidad de sus suelos.

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

El sistema de clasificación en base a su fertilidad resulta más económico y práctico, debido a que el método analiza directamente características que han sido seleccionadas para reflejar su interacción con el manejo de fertilidad en la capa superficial.

Debido a que el método maneja componentes del suelo poco estables (niveles modificadores) es necesario hacer clasificaciones en lapsos cortos de tiempo.

El mal manejo del suelo ha provocado en el Valle una serie de problemas, el de mayor importancia es el de fertilidad ya que ocasiona el decremento de la producción. Esto a su vez repercute en la economía del campesino que se ve obligado a emigrar a la ciudad en busca de mejores condiciones de vida, ocupando en ésta, los cinturones de miseria que van ganando terreno a las áreas cultivables.

El Valle de Zapopan ha sido invadido por la zona urbana limitando cada vez más las áreas de cultivo sin contemplar la importancia social y económica que para el hombre representa.

II.-OBJETIVOS

1.- Objetivo General.- Proporcionar un mecanismo práctico que permita al profesionista en agronomía dar recomendaciones sobre manejo de la fertilidad del suelo y actuar como agente de cambio al aumentar la producción y el nivel económico en la vida del campesino.

2.- Objetivo específico.- Con este trabajo se pretende obtener un agrupamiento de suelos a nivel local y en base a su fertilidad.

Hipótesis.- En los suelos del Valle de Zapopan Jalisco, se observa una heterogeneidad en cuanto a rendimientos de los cultivos agrícolas incluyendo el maíz, y seguramente asociada a las variantes de fertilidad que presenta los suelos de la zona.

III.- REVISION DE LITFRATURA

3.1.- Generalidades:

3.1.1.- Definición de fertilidad y su diferencia con la productividad:

Aún cuando no hay una estrecha relación entre la fertilidad y la productividad, resultan ser conceptos sumamente diferentes según lo mencionan algunos autores:

"La fertilidad de un suelo es la cualidad que permite al mismo proporcionar los compuestos adecuados en cantidades convenientes y el equilibrio apropiado para el crecimiento de determinadas plantas, cuando otros factores como luz, humedad, temperatura y condiciones físicas del suelo son favorables". (Kellog 1941, Foth H. 1978).

"La fertilidad de un suelo es su capacidad para producir mayores o menores cosechas de cultivos agrológicamente adaptados a la zona donde se hallan situados". (Ortiz, 1957).

"La productividad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo para producir una planta específica o secuencia de plantas bajo un sistema de manejo físicamente definido". (Kellog, 1941).

Un suelo únicamente puede ser fértil si constituye un medio favorable para el crecimiento de las raíces, el sistema radicular además necesita absorber agua y nutrimentos en cantidad suficiente para que el cultivo dé buen rendimiento de cualquiera de las partes del vegetal que se requieran. (Ressel, F.J. and Kussel, F.W. 1968). Por lo tanto, un suelo fértil no siempre es productivo, y en cambio un suelo productivo siempre es fértil.

3.1.2.- Factores del crecimiento:

El crecimiento de las plantas se ve afectado por una serie de factores tales como disponibilidad de elementos, luz, bióxido de carbono y agua.

El crecimiento de las plantas es función de varias condiciones ambientales o factores de crecimiento que pueden ser considerados como variables y cuya magnitud y combinación determinan el crecimiento que puede obtenerse (Tisdale y Nelson, 1983).

La producción de cosechas como un aspecto relacionado con el crecimiento también puede expresarse de la siguiente manera:

Producción = F(suelo, cultivo, clima y manejo) (Ortiz V. 1977)

La manera como influye cada uno de los siguientes factores en el rendimiento es:

Suelo.- Fertilidad, textura, humedad, aireación y condiciones especiales como acidez, salinidad, alcalinidad, toxicidad y erosión.

Cultivo.- Clase de planta, variedad, número de plantas por hectárea.

Clima.- Precipitación, intensidad, distribución total en el período vegetativo.

Manejo.- Preparación del suelo, control de enfermedades, plagas, malas hierbas, labores de cultivo, época de aplicación de fertilizantes.

Es fácilmente perceptible la importancia que tiene el suelo en la producción de cosechas, sin embargo es necesario dejar bien claro que solo es uno de los factores del crecimiento; y que en este trabajo solo se busca la interacción que tienen los diferentes grupos de suelos existentes, con los rendimientos encontrados en esos mismos grupos tomando en cuenta que se trabaja solo con maíz y que el clima año con año presenta características muy parecidas, en cuanto al manejo no encontramos mucha diferencia ya que una gran mayoría de los campesinos siguen trabajando la capa

arable y aplicando fertilizantes e insecticidas recomendados por instituciones encargadas de otorgar créditos y dar la asistencia adecuada.

Cuando el suelo no proporciona las cantidades adecuadas de elementos necesarios para el desarrollo normal de las plantas es imprescindible que las cantidades requeridas sean suministradas. Ello implica que se halle un método que permita identificar estos elementos deficientes (Fisdale y Nelson, 1983).

Si hay algo que no puede dejar lugar a dudas es el hecho ampliamente estudiado de que la fertilidad de un suelo es determinante para la obtención de altos rendimientos en la agricultura.

3.1.3.- Técnicas para determinar el grado de fertilidad:

Diversas técnicas que se emplean comúnmente dan una indicación del grado de fertilidad de un suelo.

3.1.3.1.- Síntomas de deficiencias de nutrientes en las plantas.- La planta actúa como integradora de todos los factores de crecimiento y son los productos que interesan al agricultor.

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

3.1.3.2.- Análisis de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.- El jugo procedente de las células rotas se analiza para ver el N, P, y K no asimilados.

3.1.3.3.- Pruebas biológicas en las cuales el crecimiento de las plantas superiores o microorganismos se usan como una medida de la fertilidad del suelo.

El crecimiento de la planta tiene mucha importancia en el estudio de requerimientos de fertilizantes, así, se hacen las siguientes pruebas:

- a).- Pruebas de parcelas de los campos de los labradores.
- b).- Pruebas de laboratorio y de invernadero, cultivo de recipiente de Mitcherlich; cultivo de lechugas en recipiente (Jenny), método de las semillas de Neubauer; técnicas de cultivo de girasol en recipientes para el Boro.
- c).- El método a corto plazo
- d).- Métodos microbiológicos, la técnica de Sackett y de Stewart, *Aspergillus Niger*.

3.1.3.4.- Pruebas químicas del suelo:

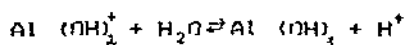
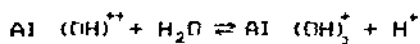
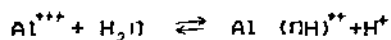
Se utilizan para determinar el poder de suministro de nutrientes de un suelo. Es mucho más rápido y tiene además las

ventajas sobre los síntomas de deficiencia y los análisis de las plantas de que se pueden determinar las necesidades del suelo antes de que se plante la cosecha (Tisdale y Nelson, 1973).

En el sistema de clasificación de suelos en base a su fertilidad se utiliza el método químico para detectar la deficiencia y niveles tóxicos de ciertos elementos como Al, Fe, Na, ó el Mn. Así mismo, los niveles de fertilidad basados sobre todo en la disponibilidad de elementos tales como N, P, K, Ca, Mg, S, Fe y Mn

3.2.- Efectos del Al en el suelo:

Toda una serie de trabajos recientes han puesto de manifiesto el papel esencial del Al en la edafogénesis. El Al es un elemento anfótero que actúa como catión Al^{+++} en medio ácido y como anión $Al(OH)$ en medio alcalino. Además, forma iones complejos más o menos fuertemente hidrolizados y de propiedades ácidas, ya que liberan iones H^+ (Duchaufor, 1978).



El $\text{Al}(\text{OH})_3$ se precipita en forma de gel coloidal y se polimeriza rápidamente; esta forma insoluble puede organizarse en cristales y dar la gibbsita, muy frecuentemente en los suelos tropicales (suelos ferralíticos).

Además de los silicatos complejos (minerales inalterados) y de las arcillas, el Al puede encontrarse en los suelos en tres formas principales: de cambio, coloidal y cristalina. (Duchaufour, 1978).

a).- Forma absorbida, de cambio o no cambiante.- La forma Al trivalente es de cambio; este ion es muy abundante en los suelos ácidos donde está asociado con los iones H; satura una parte de los elementos del complejo absorbente principalmente las arcillas. (Duchaufour, 1978).

Este aluminio de cambio está equilibrado con iones Al solubles, que se hidrolizan y liberan iones H que aumentan la acidez del suelo.



Cuando el pH aumenta progresivamente en los suelos ácidos, aparecen las formas intermedias $\text{Al}(\text{OH})^{++}$ y $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ las cuales son formas no o poco cambiantes que son, en parte, responsables de las cargas variables de las arcillas.

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

f) encalado, una elevación de contenido en Ca de cambio, disminuye siempre el aluminio absorbido; existe en pequeña cantidad en los suelos calizos o saturados. (Duchaufour, 1978). Estas formas $(Al^{+++}, Al(OH)^{++}$ y $Al(OH)_2^+$) las podemos encontrar cuando el pH desciende a niveles menores de 5.5 provocando una toxicidad a la cual ciertos vegetales son sensibles (trigo, cebada, maíz). (Gaucher, 1971).

b).- Forma fijada.- La alumina es fijada con frecuencia en forma no cambiabile entre los estratos de las arcillas hinchables, principalmente las vermiculitas, este fenómeno se observa en los suelos ácidos y con clima húmedo. Cuando la alumina interlaminar se hace muy abundante, puede constituir un estrato y dar lugar a una clorita secundaria (Duchaufour, 1978).

c).- Formas pseudo-soluble e insoluble.- La alumina se comporta como el Fe; ligada al complejo húmico arcilloso en los mull activos, es movilizada en forma pseudo-soluble por la materia orgánica en medio muy ácido y finalmente precipita en los horizontes de acumulación en forma de gel mixto de tipo alófono.

3.3.- Acidez del suelo:

Los físicos químicos distinguen dos clases de acidez; la acidez real o actual y la acidez total, potencial o titulable.

(Gaucher, 1971).

3.3.1.- Acidez actual:

Expresa la cantidad de iones H que existen en el medio y que proceden de la disociación iónica de las moléculas de valencia ácida; se simboliza por el pH o cologarítmico de iones H existentes en el suelo. (Gaucher, 1971).

3.3.2.- Acidez total o titulable:

Es la cantidad total de los H⁺ reemplazables por un metal y que se hallan en el medio (Gaucher, 1971).

Indiscutiblemente es el complejo absorbente el que constituye para la mayoría de los suelos, el fundamento de su reacción dando lugar al nacimiento de los iones H⁺ y determinando las condiciones del equilibrio ácido-bases característico del suelo. (Gaucher, 1971).

La acidez del suelo está altamente relacionada con el contenido de aluminio intercambiable en el suelo.

Los suelos ácidos son propios de regiones con alta precipitación pluvial, donde los cationes básicos (Ca, Mg, K, y Na) se han lixiviado (Cejá, 1984).

Químicamente hablando se dice que un suelo es ácido cuando es menor de 7. Agronómicamente debe tomarse en cuenta el cultivo para hablar de una acidez ya que generalmente los problemas típicos de suelos ácidos comienzan a pH menores de 6.2. Esto resulta aún más importante cuando pretendemos mejorar un suelo con CaO o cal agrícola, ya que no es necesario la neutralización total de nuestros suelos. (Cejá, 1984).

3.3.3.- Corrección de la acidez del suelo:

Para corregir el problema de la acidez podemos utilizar materiales encañantes como carbonatos, silicatos, óxidos o hidróxidos de calcio y de magnesio. La acidez de los suelos se origina principalmente por el desplazamiento de los radicales básicos, Ca, Mg, Na y K tanto del complejo de intercambio como de la solución del suelo y sustitución por los iones H ó Al.

3.3.4.- Efectos de la acidez del suelo sobre el desarrollo de los cultivos:

a).- Alta concentración de Al intercambiable y en solución, causa toxicidad directa, interfiere en la disponibilidad de P en el suelo y en la movilidad de Ca en la planta.

b).- Fijación del P

c).- Toxicidad del Mn, origina una deficiencia de Ca, Mg ó Mn.

e).- Reducida actividad microbiológica.

f).- Reducida capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) consecuentemente lixiviación de iones amonio, Ca, Mg y K. (Ceja, 1984).

3.4.- Objetivos de encalado como mejorador de suelo:

a).- Inactivar el Al intercambiable en la solución .

b).- Reducir la fijación de P.

c).- Contrarrestar la toxicidad del Mn.

d).- Corregir deficiencia de Ca, Mg ó Mn.

e).- Elevar la CTC (Ceja, 1984).

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

3.5.- Capacidad de Intercambio Cationico:

La CEC del suelo depende de su composición y fundamentalmente de las arcillas.

Los cationes cambiabiles influyen en la estructura, la actividad biológica, el régimen hídrico y gaseoso, la reacción, los procesos genéticos del suelo y en su formación.

Se entiende por intercambio catiónico, los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa, desabsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros iones y establecen un equilibrio entre ambas fases. (Fasbender, 1942).

Como cationes cambiabiles en el suelo se presentan principalmente Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, e H. La suma de los cationes Ca, Mg, K y Na cambiabiles se denomina bases cambiabiles y su porcentaje dentro de la capacidad total de intercambio se llama porcentaje de saturación. Si el valor del porcentaje de saturación es de 75 %, indica que la cubierta de iones esta compuesta en un 75 %, indica que la cubierta de iones esta cubierta en un 75 % de Ca, Mg, K y Na y en un 25 % por H y Al y otros elementos cambiabiles. El H, Al y Mn cambiabiles se agrupan bajo la acidez cambiabile. La suma de la acidez y las bases cambiabiles en la CEC (Fasbender, 1942).

Existe una relación directa entre el por ciento de saturación de bases (PSB) y el pH del suelo: de forma que los valores por debajo del 80 % del PSB el suelo es ácido (Yáfera, 1981).

3.6.- Componentes del suelo:

El suelo tiene cuatro componentes minerales, materia orgánica (M.O.), aire y agua.

Estos componentes dan origen a las tres fases que forman el suelo las cuales son:

a).- Fase sólida.- Compuesta por la parte mineral y orgánica ocupa hasta el 50 % del volumen total.

b).- Fase gaseosa.- Esta compuesta por el aire junto con la fase líquida ocupa el 50 % del volumen total. (Fasbender, 1982).

Las proporciones que mantienen entre si los cuatro componentes van a dar origen a la diversidad de suelos que existen en la corteza. Variando sus características de acuerdo al desarrollo, el cual dependerá de los procesos de formación y de la relación que existe en la mezcla de los cuatro componentes. Esto influye directamente sobre el desarrollo vegetal y sobre el componente mecánico del suelo, determinando

así el grado de fertilidad existente, drenaje adecuado, penetración de raíz, retención de humedad y ciertas propiedades químicas del suelo como son pH, M.O., y CIC, disponibilidad de nutrientes y ciertos niveles tóxicos de algunos elementos.

3.7.- El suelo como medio equilibrado:

El suelo es un medio en equilibrio y como tal está sometido a la Ley del desplazamiento del equilibrio. Esta impone que el suelo se resista a cualquier acción que tienda a desplazar este equilibrio y su reacción adquiera una intensidad proporcional a la acción perturbadora. (M. Gaucher, 1971).

La regla del desplazamiento del equilibrio o Chatelier puede escribirse de la siguiente manera:

"En un sistema en equilibrio, toda modificación de uno de los factores ocasiona un desplazamiento del equilibrio en el sentido que tiende a oponerse a esta modificación". Esto se demuestra con las siguientes pruebas:

a).- Cuando el suelo se seca, se ve que su humedad disminuye rápidamente, después con más lentitud y finalmente se mantiene en un valor característico.

b).- Cuando se examina el complejo mecanismo de los cambios de bases, se comprueba que tiende a imponer un equilibrio y una concentración de las soluciones del suelo igualmente características.

c).- Cuando se quiere modificar el pH del suelo, se observa una resistencia tanto más marcada cuanto más intentamos alejarnos del pH primitivo; este poder tampon, por otra parte, no es más que una consecuencia del comportamiento del complejo absorbente que se desarrolló en el suelo.

d).- Cuando el suelo empobrece de humus, alcanza cierto nivel húmico por debajo del cual desciende muy lentamente. Además cualquiera que sea este nivel húmico, la misma composición de las materias orgánicas tiende hacia un equilibrio que el valor de la relación C/N caracteriza para cada suelo.

e).- Cuando el suelo se descalcifica o decalcifica, solo lo hace hasta cierto límite por encima del cual el fenómeno disminuye claramente el proceso de descalcificación es todavía una incidencia del comportamiento del complejo absorbente.

f).- Cuando el suelo se empobrece en elementos fertilizantes los rendimientos bajan y después se estabilizan. (Gaucher, 1971).

3.B.- Antecedentes sobre la clasificación de suelos en Jalisco:

La Comisión Nacional de Irrigación y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, son las entidades que mayor impulso han dado a los estudios agrológicos, pero han quedado limitados a zonas áridas que necesitan riego.

En el año de 1952, al ponerse en marcha el Plan Jalisco de fertilización se llevaron a cabo estudios físicos dirigidos por el Ing. Rafael Ortiz Monasterio, estudiándose los climas y los suelos del Estado (Caja, 1973).

Aprovechando los estudios agrológicos efectuados en Jalisco y con ayuda de análisis de suelos hechos en la SARH y Guanos y Fertilizantes de México S.A. se formó el mapa de suelos de Jalisco. Gracias a estos estudios se encontró que más del 90 % de los suelos de Jalisco son pobres en N y el 80 % de los suelos de Jalisco son ricos en K (Padilla S., 1963). Así mismo se encontró que los niveles de N en el Valle de Zapopan son pobres lo mismo ocurre con los de P, no así los

de K que resultaron altos, sin embargo ahora sabemos que no todo ese potasio es asimilable por su grado insoluble. En los estudios de pH encontramos que es menor de 4.5. (Padilla S., 1963).

Existen una serie de Cartas de incalculable importancia para profesionistas, no solo del área agronómica sino que también sirven de auxiliar en varias ramas de la Ciencia. Estas Cartas representan graficamente la distribución geográfica de los suelos del país clasificados de acuerdo con la descripción de unidades del suelo FAO/UNESCO (1978) modificada por DETENAL.

En este trabajo solo hablaré de los pasos que se siguieron para elaborar la Carta Edafológica esto con el fin de dar una idea de lo laborioso que resulta llegar a su fabricación así como el contenido de la misma.

a).- Representación cartográfica:

a.1.- Unidad de suelo.- Tipo de suelos puro o asociados y dominancia de cada uno de los indicados.

a.2.- Fases químicas.- Presencia de salinidad y sodicidad en la unidad cartográfica, considera tres niveles ligera, moderada y fuerte, y un nivel de sodicidad (fase sódica).

a.3.- Fases físicas.- Presencia de un estrato duro coherente y continuo que limita el desarrollo de las raíces o de fragmentos de él en la superficie en grado tal que impida el uso de maquinaria agrícola.

Considera dos profundidades del estrato: somera y profunda; y dos tamaños de fragmentos del estrato: fase gravosa y fase pedregosa.

a.4.- Clase textural.- Granulometría de los 30 cm superficiales. Considera tres texturas: gruesa, media y fina.

a.5.- Altimetría y planimetría.- Representación del relieve por medio de curvas de nivel cada diez o veinte metros.

a.6.- Cuadrícula UTM cada km.

b).- Descripción de actividades y operaciones:

b.1.- Inspección preliminar.- Consiste en conocer la nueva zona de trabajo y se establecen criterios de foto-interpretación y verificación de campo consta de las siguientes operaciones: análisis de información básica, estudio de la zona ya disponible; Itinerario, se establece la ruta a seguirse en campo; recorrido de campo, se describen y

clasifican los suelos, se analizan sus relaciones con los otros elementos del paisaje y con las imágenes fotográficas; discusión de criterios, operación en la que se acuerda en que forma habrá de ser trabajada la zona ya dividida en hojas, se unifican los criterios de relaciones de suelo, paisaje, fotográficas aéreas y se analizan las áreas con mayores problemas de cartografía.

b.2.- Foto-interpretación.- Actividad en la que se elabora un mapa de suelos a nivel de hipótesis, con base en los criterios previamente establecidos consta de las siguientes operaciones; interpretación y revisión.

b.3.- Verificación en campo.- Se comprueba el mapa de suelos a nivel de hipótesis o, en su caso, se obtiene la información necesaria para hacer las modificaciones requeridas.

b.4.- Análisis de muestras.- Determinación de características físicas y químicas de mas muestras de horizontes o capas de los perfiles de suelos.

Análisis que se determinan; Na,K,Ca,Mg,P, textura, pH, determinación de colores en seco y húmedo, Conductividad eléctrica, M.O. sulfatos y carbonatos, determinaciones mineralógicas.

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

b.5.- Re-interpretación.- Se realiza un mapa definitivo de suelos.

b.6.- Transferencia.- Se refiere la información contenida en las fotografías aéreas.

Fuente: (D.G.F.I.N. Dto. de Edafología).

3.9.- Clasificación de suelos en base a su fertilidad:

Hablar de clasificación de suelos para muchos profesionistas significa hablar de un complejo sistema taxonómico capaz de mostrarnos la génesis y evolución de los suelos; sin embargo, hablar de clasificación de suelos en base a su fertilidad es hablar de un sistema diferente y sencillo que ha reunido en pocos símbolos la interpretación de las características más importantes que reflejan el estado actual de cualquier tipo de suelo. Este sistema de clasificación es originario de E.U. sin embargo, ha sido probado en varios países manejando dos niveles: local y nacional. De hecho es conveniente hacer una combinación del método para aplicarlo con mayor beneficio.

Siendo el suelo un sistema biológico nos obliga a estudiarlo en forma continua de ahí la importancia de este método, ya que es rápido y una vez calibrado para cualquier zona, debe ser efectivo.

La mayoría de los sistemas de clasificación dan mayor importancia a las características del subsuelo, como criterio de diagnóstico en el agrupamiento jerárquico de suelos y desestiman en gran forma las características de la superficie; confinándolas a rasgos para ser usados en las categorías inferiores (Buol, 1975).

El grupo de fertilidad en general confina su muestreo a la capa arable o a los veinte cm de profundidad.

En el Valle de Zapopan Jalisco como en muchas zonas de nuestro país resulta urgente la aplicación de técnicas que muestran resultados rápidos y económicos que permitan la obtención de mayor cosecha y permita a la población campesina de escasos recursos sobrevivir en su lugar de origen, sin tener que emigrar. Este método podría resultar un auxiliar para este tipo de problemas que crecen en forma progresiva obligando a los campesinos a vender tierras de uso agrícola que son destinadas la mayor parte de veces a la construcción de fraccionamientos o centros comerciales.

Si tomamos en cuenta que el suelo es un medio de producción y que para formarse ha ocupado cientos de años, resulta inconcebible que se este desperdiciando, enriqueciendo solamente a un pequeño sector de la población mientras que una gran parte del sector campesino se ve despojado del único medio de subsistencia que podría retenerlos en el campo sin ir a provocar mas problemas en la ciudad.

IV.- MATERIALES Y METODOS

4.1.- Descripción del área de estudio:

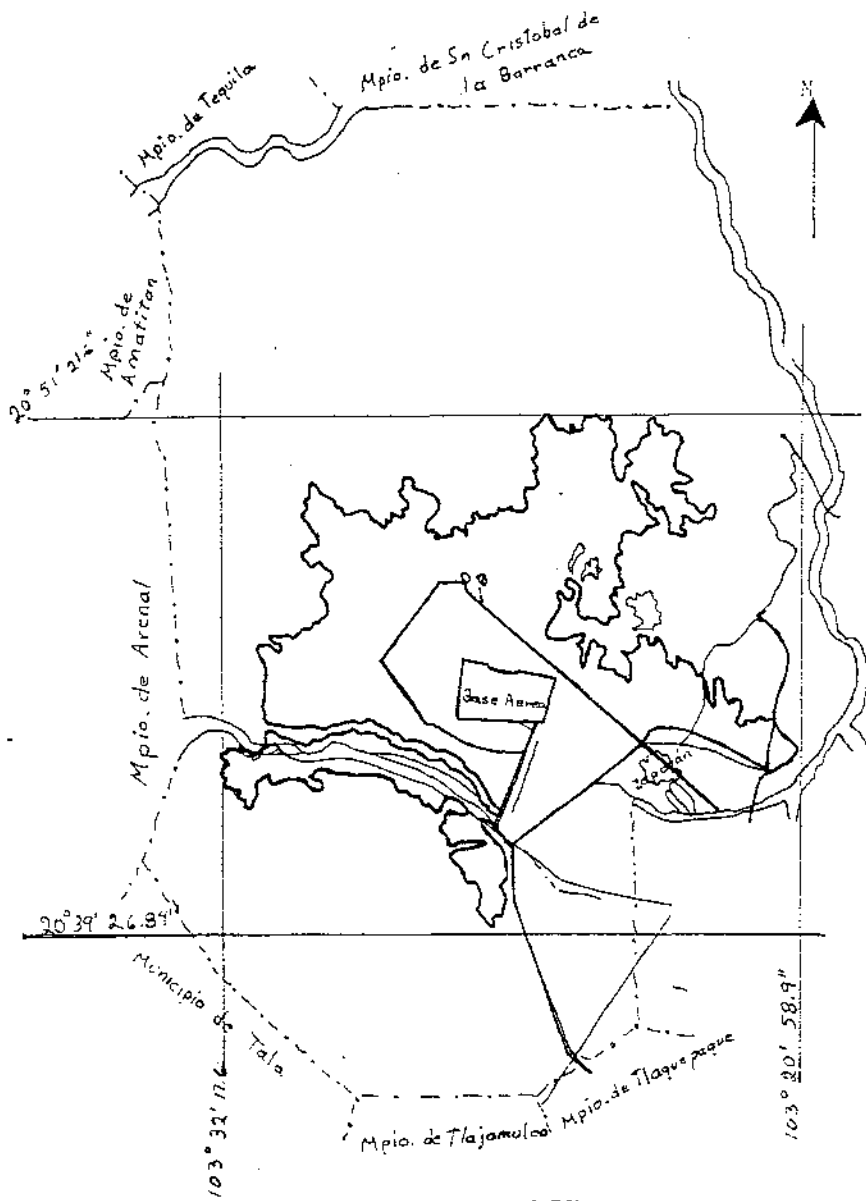
4.1.1.- Localización:

El Valle de Zapopan esta localizado en la región centro del Estado de Jalisco, perteneciendo al área de influencia del Distrito de desarrollo Rural de Zapopan.

Esta ubicada geográficamente entre los meridianos $103^{\circ} 35'$ y $103^{\circ} 23'$ de longitud Oeste y entre los paralelos $20^{\circ} 54'$ y $20^{\circ} 42'$ de latitud Norte (Fig. # 1) se encuentra a una altura aproximadamente de 1580 metros sobre el nivel del mar. Teniendo una extensión aproximada de 260 km cuadrados.

4.1.2.- Clima:

En el Valle de Zapopan se presenta mas del 70 % de la precipitación en los seis meses mas calientes y esta es mayor de dos veces la temperatura media anual mas 14 es decir $2(7+14)$, además presenta uno o más meses con temperatura media menor de 18 grados centígrados, ninguno menor de -3°C , al menos uno mayor de 18°C por lo que se considera de acuerdo a Köppen (Villaalpando citado por Palacios, 1988) como un clima templado caliente (c) en el primer orden, en el segundo es



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

Fig. 1

invierno seco (W) dado que la precipitación del mes más seco en la estación invernal es menor de 1/10 del mes más húmedo del verano (mes más seco, febrero con menos de 5 mm, mes más húmedo, julio con 250 a 260 mm) y en el tercer orden pertenece a un verano caliente (a) donde la temperatura del mes más caliente es superior a 27 °C (que en este caso corresponde a mayo con 23-24 °C). Por lo que se concluye que el clima del Valle de Zapopan es un clima templado-caliente con invierno seco y verano caliente (Cwa).

En la Síntesis Geográfica de Jalisco que publica la Secretaría de Programación y Presupuesto (1981) se establece que en la región de Zapopan el clima pertenece al grupo de los climas templados, en el subgrupo de los climas sub-húmedos, situándose entre los de un nivel intermedio de humedad de los semi-calidos.

4.1.2.1.- Precipitación:

La precipitación anual que se tiene registrada es de 850 mm. Los meses de julio y agosto presentaron la más alta precipitación pluvial.

4.1.2.2.- temperatura:

Uno de los principales factores climáticos limitantes en la producción de cultivos, es la temperatura.

El punto crítico de la relación temperatura-planta es cuando ésta se encuentra en antesis; lo cual ocurre en el mes de julio. En el año en que se realizó el estudio no se presentaron efectos adversos por temperaturas altas y/o falta de humedad.

Por el climógrafo de Gaussen que se basa en clasificar como mes seco aquel en el cual la temperatura media mensual es dos veces mayor a la precipitación pluvial correspondiente al mes en cuestión.

Los meses de octubre a mayo encajan en la categoría de meses secos; el resto de los meses se catalogan como húmedos y semi-húmedos.

4.1.3.- Suelos:

Los suelos más frecuentes en la región son los tipo regosol, Cambisol, Feozem. A continuación se presentan las características principales de cada uno de ellos:

Regosol eótrico (Re).- Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y muy similares a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Frecuentemente son someros, de fertilidad moderada alta.

Cambisol crómico (Rc).- Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece mas suelo que roca, ya que en ella se forman terrones; ademas pueden presentar acumulacion de algunos materiales, como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso pero sin que esta acumulacion sea muy abundante, presentan una coloracion de rojizo a pardo-oscuro y por tener una alta capacidad para retener nutrimentos, se usan para explotar pastos naturales en ganaderia, inducidos y cultivados, y en agricultura para cultivos de granos y oleaginosas principalmente, en ambos casos sus rendimientos son de medios a altos.

Feozem háptico (Fh).- Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrimentos, semejante a las capas superficiales de los chernozems y castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con que cuentan estos dos suelos.

4.1.4.- Aspecto socio-económico:

4.1.4.1.- Población.- El primer sujeto de estudio en el desarrollo integral de una entidad es su gente, por lo cual no es posible separarlo del desarrollo agrícola de una región determinada.

En 1970 la población total del municipio de Zapopan era de 155,488 habitantes, representando el 9.7 % de la población en el Distrito I del Estado de Jalisco; con respecto a la población económicamente activa (PEA) esta es de un 59.8 % de la población total en el municipio (93,044). En 1978 la población ascendió a 361,393 habitantes, teniendo un incremento de 43 % con respecto a 1970. En 1978 el 15 % de la población total del Distrito I pertenecía al municipio de Zapopan; con respecto a la población económicamente activa se tenían 195,547 habitantes, siendo el 54.1 % de la población total en el municipio. En 1978 dentro del Distrito I, la población dedicada a las actividades agropecuarias estuvo localizada principalmente en los municipios de Zapopan, Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga y Zapotlanejo con un 78.3 % total de la población agropecuaria existente; el 21.7 % faltante se localizaba en los municipios restantes, que comprendían el Distrito.

4.1.4.2.- Población económicamente activa del sector agropecuario:

En 1978 se tienen en Zapopan 35,393 habitantes de PEA destinados al sector agropecuario de las cuales 650 son pequeños propietarios (10.2 % de PEA agropecuaria), y 1847 ejidatarios (23.1 % de PEA agropecuaria), 32,897 jornaleros

(62.1 % de PFA agropecuaria).

El total de la PFA agropecuaria en el Distrito de temporal I del Estado de Jalisco dedicados a jornaleros en el año señalado fue de 52,982 personas, de los cuales el 62 % pertenecían al municipio de Zapopan.

4.1.4.3.- Inmigración y emigración:

Zapopan es un polo de atracción por encontrarse junto al área metropolitana de la ciudad de Guadalajara; durante el periodo de 1970-1978 se recibieron a 72,485 individuos representando el 9.5 % del total de inmigrantes en el Distrito I.

4.1.4.4.- Tenencia de la tierra:

De acuerdo a los reportes de 1978, la superficie agropecuaria de Zapopan es 68,415 hectáreas. El número de ejidos es de 23 con 1847 ejidatarios, el total de la superficie agropecuaria ejidal es de 21,883 has. de las cuales 796 son de riego, 6,841 de temporal y 14,246 de agostadero. A la propiedad privada corresponden 47,152 has. en total, de las cuales 628 son de riego, 36,428 de temporal y 9,484 de agostadero.

4.1.4.5.- Especies cultivadas:

El cultivo principal en Zapopan es el maíz, existiendo otros como el de caña de azúcar sorgo, frijol, camote, huertos y hortalizas y frutales. En este municipio la comercialización es alta y no existe problema para el abastecimiento de alimentos.

4.1.4.5.1.- El maíz como cultivo principal:

Aproximadamente el 90 % de la superficie agrícola del Distrito de Zapopan se siembra con maíz. En 1978 de 166,773 has. cosechadas, 149,340 pertenecían a maíz.

En el Valle de Zapopan el maíz se siembra bajo tres condiciones de humedad; humedad residual, temporal y riego. El número de has. cultivadas varían de un año a otro. En 1987 se sembraron 23,534 has. de humedad residual, 2280 de temporal y solamente 21 has. de riego. (Palacios, 1988).

4.2.- Metodología:

El presente trabajo dio inicio con la investigación de todo el material existente sobre el estudio de la zona. Encontrando que en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara existe un Departamento de Bosques

en donde se hicieron estudios de foto-interpretación del área de trabajo, esto permitió la selección de sitios de muestreo representativos de toda la zona del Valle de Zapopan. Estos mismos estudios permitieron decidir la cantidad de muestras que debían tomarse.

Una vez seleccionados los sitios de muestreo se procedió a obtener 50 muestras de suelo, las cuales fueron divididas en dos partes para complementar los análisis requeridos ya que unos se hicieron en la Facultad de Agronomía y otros en el Laboratorio de Suelos y Apoyo Técnico de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Jalisco. A las 50 muestras se les realizaron los siguientes análisis:

- 1.- Textura.- Por el método del hidrómetro de bouyucos.
- 2.- Materia orgánica.- Método de Walkley y Black.
- 3.- Potencial Hidrogeno.-Método del potenciómetro.
- 4.- Capacidad de intercambio catiónico.- Acetato de amonio.
- 5.- Calcio y Magnesio.- Espectrofotómetro y verseno.
- 6.- Potasio.- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- 7.- Manganeso, Hierro y Aluminio.- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- 8.- Fósforo.- Bray P1 y colorimetría.

El primer intento de agrupación se efectuó siguiendo los criterios de clasificación de suelos de acuerdo a su capacidad fertilidad (Curiel, 1983).

FIRMATO

Tipo.- Textura media de la capa arable o de los 20 cm de profundidad, el que sea menos profundo.

- S Arenoso: arena y arena migajosa.
- L Franco: menor de 35 % de arcilla, excepto arena y arena migajosas.
- C Arcillosos: mayor de 35% de arcilla.
- O Suelo orgánico: mayor de 30 % de materia orgánica en los primeros 50 cm.

Subtipo.- usado solo si existe un cambio de textura o capa dura que impide el desarrollo radicular dentro de los primeros 50 cm.

- S Subsuelo arenoso : igual que en tipo.
- L Subsuelo franco: igual que en tipo.
- C Subsuelo arcilloso: igual que en tipo.
- R Roca u otra capa dura que restrinja el desarrollo radicular.

MODIFICADORES

En la capa arable o de los 20 cm el que sea menos profundo, excepto cuando está marcado con un asterisco (*).

*g = (Gley):

Moteaduras con cromas menor o igual a 2 dentro de los primeros 60 cm y debajo de los horizontes A, ó suelo saturado con agua por más de 60 días en la mayoría de los años.

*d = (seco):

Suelo seco por más de 60 días consecutivos por año dentro de 20 a 60 cm de profundidad.

*e = (Baja capacidad de intercambio cationico)

Menor de 4 meq/100 g. de suelo determinado por suma de bases + Al extraído por KCl 1N. ó menor de 7 meq/100 g. de suelo determinado por suma de cationes a pH 7. ó menor de 10 meq/100 g de suelo determinado por suma de cationes + Al' + H a pH 8.2.

$\%a$ = (Toxicidad de aluminio):

Mayor de 60 % de la CIC saturada con Al (por suma de bases + aluminio) en los primeros 5 cm.

ò mas del 67 % de la CIC saturada con Al (determinado por suma de cationes a pH 7) en los primeros 50 cm.

ò mas del 86 % de la CIC saturada con Al (determinado por suma de cationes a pH 8.2) en los primeros 50 cm

ò pH en agua (1:1) menor a 5 excepto en suelos orgánicos.

$\%h$ = (Acido):

10 a 60 % de la CIC saturada por Al (por suma de bases + Al), en los primeros 50 cm.

ò pH en agua (1:1) entre 5 y 6.

i = (Fijación de Fe-P):

% Fe_2O_3 libre/% arcilla mayor a 0.2, o matices mas rojos que 5yR y estructura granular.

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

x = (Minerales amorfos):

pH mayor de 10 en NaF 1N, o prueba de NaF en el campo positivo, u otras evidencias indirectas del alófono como mineral de arcilla predominante.

v = (Vertisol):

Mas del 35 % de arcilla muy plástica y pegajosa y mas del 50 % de la fracción arcilla expandibles (2:1), o CME mayor de 0.09, o severo agrietamiento o hinchamiento del suelo.

*K = (K deficiente):

Menos del 10 % de minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 50 cm, o un contenido de K intercambiable menor a 0.7 meq/100 g.
o K menor al 2 % de la suma de bases si ésta es menor a 10 meq/100 g de suelo

*b = (Calcáreo):

Carbonato de calcio libre dentro de 50 cm (en efervescencia con HCl), o pH mayor 7.3.

$\%s$ = (Salino):

Mayor a 4 milimhos/cm de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25 °C dentro de un metro de profundidad.

$\%n$ = (sódico):

mas del 15 % de la CEC saturada con sodio dentro de los 50 cm. de profundidad.

$\%c$ = (Cat-clay):

pH en agua (1:1) menor de 3.5 cuando seco, moteamiento de jarosita con matices 2.5 Y o mas amarillos y cromas de 6 o mas altas dentro de 60 cm.

Una vez obtenidos los grupos de acuerdo al anterior formato, se procedió al análisis de varianza para encontrar la diferencia significativa entre los grupos formados (prueba de t).

Los rendimientos se obtuvieron de la siguiente manera: se cosecharon 200 plantas de maíz en hileras con 25 plantas cada una y con competencia completa siguiendo la metodología tradicional de parcelas experimentales.

Estos rendimientos fueron correlacionados con los elementos resultantes del análisis de suelos de las 50 muestras, encontrando así los coeficientes de determinación.

Debido a que el primer intento de agrupación siguiendo las reglas del formato capacidad fertilidad no mostraron diferencia de medias, se tomó la determinación de realizar una adaptación del método a la zona de estudio, modificando los rangos que el formato nos indicaba, para ello se procedió de la siguiente manera:

Todos los datos de pH, C.I.C., Al, Na, Ca, Mg, M.O., K, textura, P y Mn se ordenaron en forma progresiva sin importar el orden del número de muestra; junto con estas muestras se le colocó el rendimiento y densidades. El primer intento de formar dos subgrupos diferentes se dividió en dos partes iguales (25), enseguida se hizo la comparación de medias (prueba de t), si no se encontraba diferencia entre las medias entonces se recorría la división formando sub-grupos desiguales (30-20) hasta encontrar medias diferentes que nos diera a conocer los rangos que afectaban el rendimiento. De esta manera se obtuvieron subgrupos que posteriormente pasarían a formar los grupos que integrarían la clasificación de suelos en base a su fertilidad para los suelos del Valle de Zapopan Jal. Esta agrupación se logró analizando las muestras

individualmente con las características obtenidas de los modificadores y que al final de cuenta son las limitantes de fertilidad de esta zona.

Con ayuda de las cartas topográficas y edafológica editada por INEGI se logro obtener un mapa de la zona de estudio a una escala de 1 : 50000 con las curvas de nivel que la atravesaban, obteniéndose así una división en el mapa por medio del método cartográfico simple de clasificación, basado en las curvas de nivel; el cual posteriormente sirvió de auxiliar para lograr la división final por medio de parcelas y basándose principalmente en las fotografías aéreas que nos indicaban la extensión representativa de cada una de las muestras tomadas.

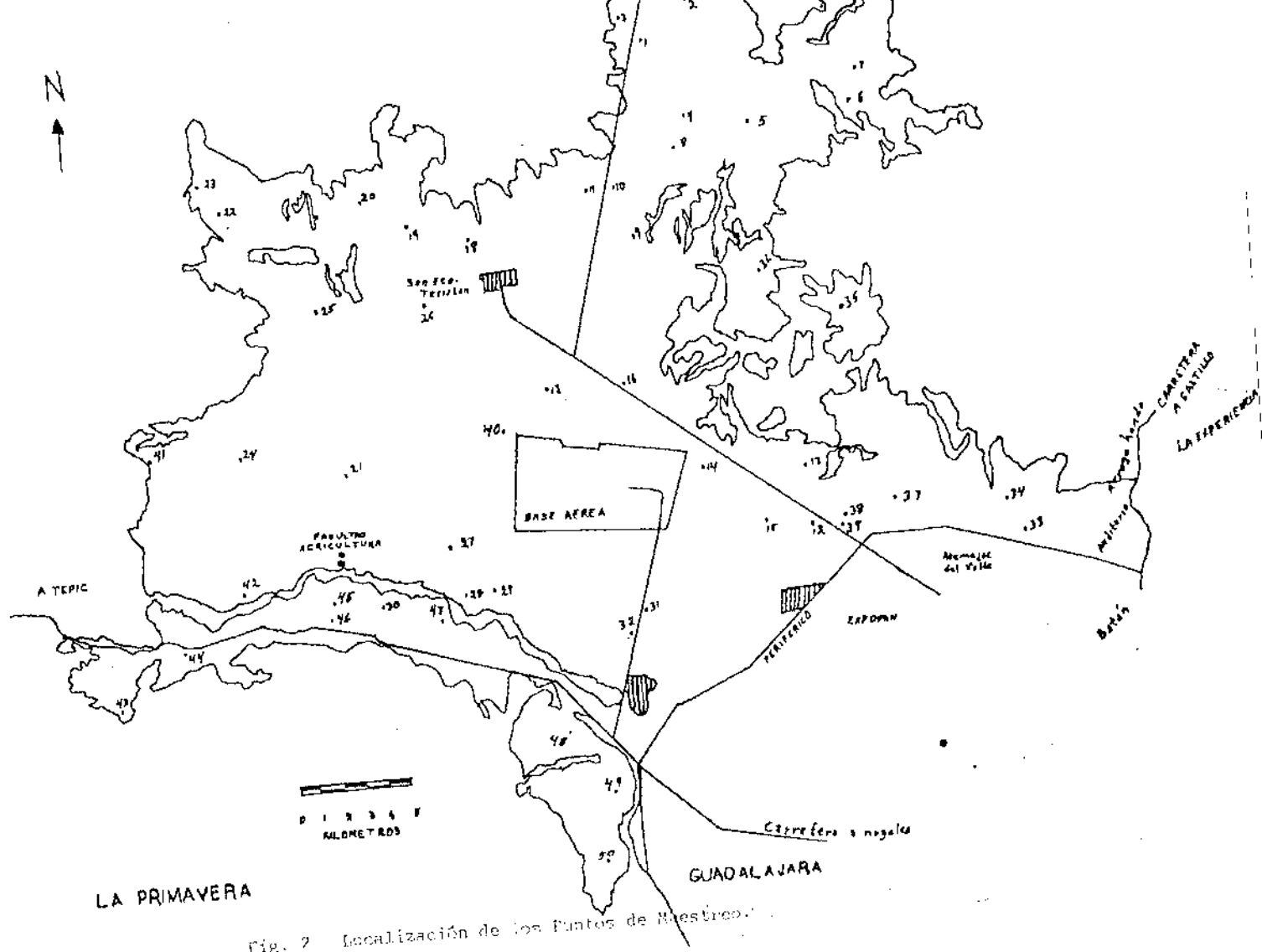


Fig. 2 Localización de los Puntos de Muestra.

V.- RESULTADOS.

De acuerdo los datos de la tabla 1 (ver apéndice) se encontró dos tipos de textura; según el formato capacidad fertilidad se clasifican como textura franco (F) en un 84 % de acuerdo al número de muestras y como textura arenosa (S) en un 16 % igualmente.

Textura franco -----84 %

Textura arenosa-----16 %

En todas las muestras se observaron modificadores, por lo tanto todos los suelos tienen alguna limitante en su fertilidad.

Las limitantes de fertilidad encontradas son las siguientes:

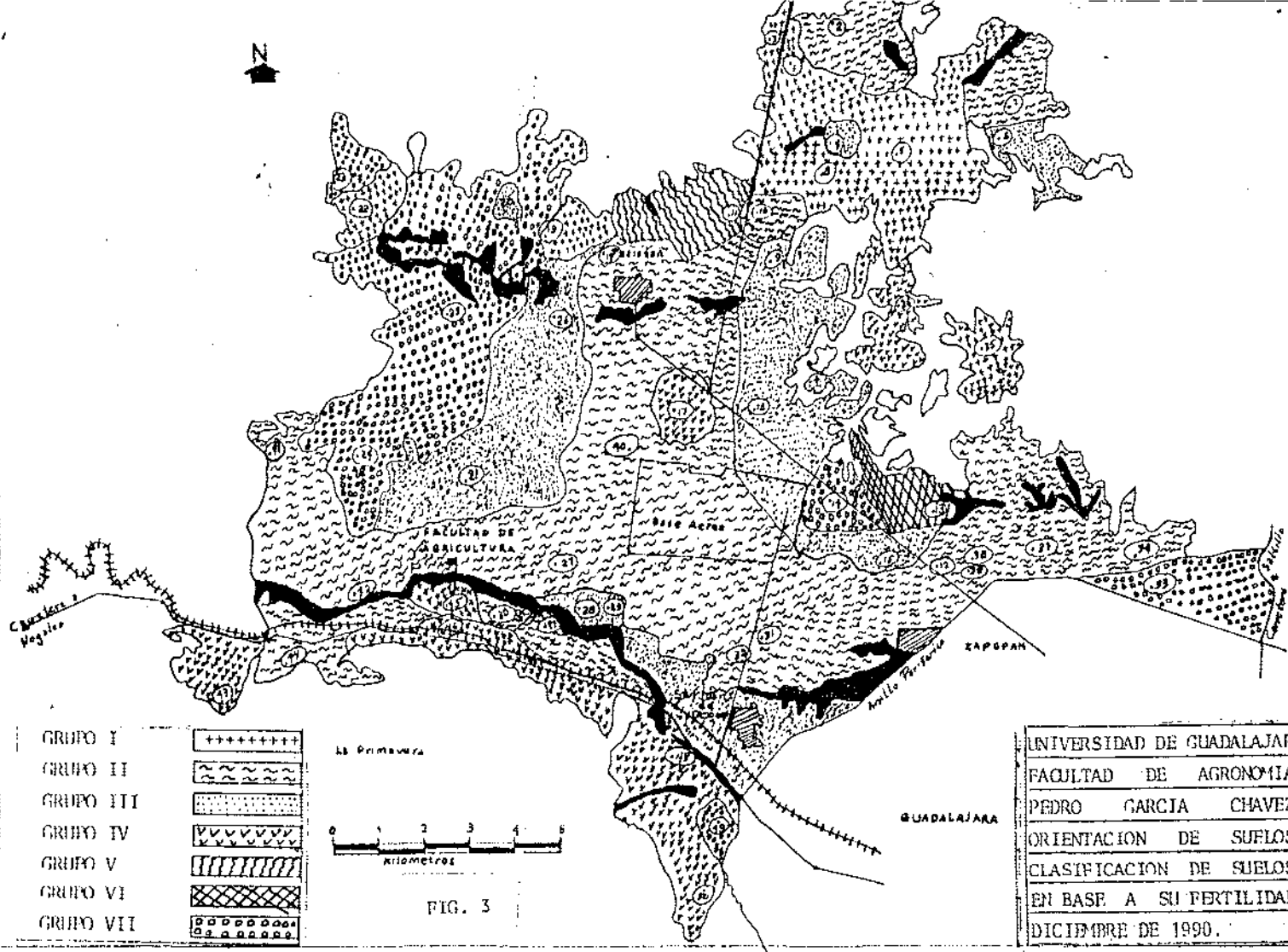
- a).- Toxicidad por aluminio (a)
- b).- Acidez presente (h)
- c).- Baja capacidad de intercambio catiónico (e)

En algunos casos estos modificadores se presentaron solos y en otros combinados. A continuación se presenta en el cuadro 1 las 50 muestras con sus respectivas limitantes:

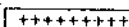
De la tabla 1A (ver apéndice) se obtuvieron grupos aparentemente homogéneos que dieron origen a la formación de siete agrupaciones las cuales mediante el método cartográfico simple permitieron hacer las divisiones respectivas en el mapa mostrado en la Fig. 3. Los grupos formados fueron los siguientes:

CUADRO # 1 CARACTERÍSTICAS DE CADA GRUPO

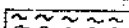
Grupo #	Características %	Clave de modificadores	Muestras que lo integran.	
I	suelos ácidos no toxicidad por Al. Textura franca	20	1h	4, 6, 9, 15, 16, 20, 21, 26, 28, 29.
II	Baja CIC, pH ácido, no toxicidad por Al. textura franca.	16	Leh	1, 3, 5, 8, 19, 22, 35, 45.
III	Baja CIC, pH ácido, no toxicidad por Al. textura arenosa.	2	Seh	11.
IV	Toxicidad por Al. textura franca.	12	La	14, 23, 24, 25, 33, 49
V	Toxicidad por Al. textura arenosa	2	Sa	13
VI	Baja CIC toxicidad por Al. textura franca.	36	Lea	2, 7, 10, 12, 18, 27, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 47.
VII	Baja CIC toxicidad por Al. Textura arenosa.	17	Sea	17, 36, 43, 46, 48, 50.



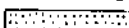
GRUPO I



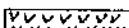
GRUPO II



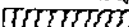
GRUPO III



GRUPO IV



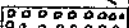
GRUPO V



GRUPO VI



GRUPO VII



La Primavera



FIG. 3

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

PEDRO GARCIA CHAVEZ

ORIENTACION DE SUELOS

CLASIFICACION DE SUELOS

EN BASE A SU FERTILIDAD

DICIEMBRE DE 1990.

Estos siete grupos se presentan en el mapa de la Fig. 3.

Al hacer el análisis estadístico de los siete grupos por comparación de medias (prueba de t) se encontró que no había diferencia significativa entre ellos.

Este análisis estadístico se llevo a cabo con los rendimientos obtenidos en cada parcela muestreada. Llegándose a la conclusión de que era necesario hacer una calibración del método adaptado a la zona de estudio. La modificación se llevo a cabo de la siguiente manera:

a).- todos los datos obtenidos de los análisis de suelos se enlistaron en forma progresiva, incluyendo texturas, densidades de población y contenido de arcillas.

b).- De cada lista de resultados se formaron dos subgrupos; haciendo divisiones iguales (en cuanto a número de muestras). Posteriormente se analizaron dichos subgrupos; si ambos mostraban diferencias significativas, se marcaban nuevos rangos para manejar dos niveles, alto y bajo.

c).- Cuando el análisis estadístico no mostraba diferencia significativa la división se recorría formando subgrupos desiguales (en cuanto al número de muestras).

d).- Cuando el grupo menor disminuía a tal grado que ya era demasiado incongruente se desechaba la idea de formar dos grupos diferentes, por lo tanto el elemento estudiado se desechaba como posible limitante de fertilidad.

Una vez obtenidos los rangos de los modificadores en sus niveles alto y bajo se siguió el procedimiento indicado en el método capacidad fertilidad para obtener el mapa de suelos.

Para localizar con mayor facilidad y rapidez los elementos que se debían trabajar, se hicieron una serie de correlaciones entre el rendimiento y los resultados obtenidos en los análisis de suelos. Estos resultados pueden verse en la tabla número 2 del apéndice.

Algunos elementos que a simple vista o por lógica se consideraron como posibles causantes de la fertilidad se fueron eliminando poco a poco por el procedimiento ya descrito quedando solamente los siguientes:

Aluminio

Potencial hidrógeno

Capacidad de intercambio catiónico

Como posibles limitantes de la fertilidad en los suelos del Valle de Zapopan Jal.

A continuación se presentan los subgrupos obtenidos y los rangos en donde se encontró diferencia significativa por comparación de medias (prueba t).

Es necesario subrayar que, para ciertos suelos ácidos el valor de CIC, medido en solución tamponada a pH 7, es mucho más elevado que el obtenido con ayuda de una solución no tamponada, cuyo pH se ajusta al suelo; se definen así dos valores de CIC, de significado muy diferente: la CIC, medido al mismo pH del suelo, que corresponde a lo que generalmente se llama "cargas permanentes", y la CIC medida a pH constantes, por ejemplo, a pH 7; la diferencia entre estos dos valores de CIC corresponde a lo que se ha convenido en llamar las "cargas variables" del suelo. Esta diferencia puede ser del orden de la tercera parte del valor de CIC a pH 7.

Las cargas variables se deben a grupo (OH) de débil constante de ionización, o bien, para las arcillas, a iones complejos de Al hidratados que no son cambiables al pH mismo del suelo, pero que liberan nuevas cargas negativas cuando el pH aumenta (Duchaufour, 1968).

Los diferentes elementos absorbentes del suelos están dotados de propiedad de cambio muy distintas, tanto en lo que concierne a las cargas permanentes como a las cargas variables.

Como media, los compuestos húmicos son, desde este punto de vista de 4 a 5 veces más activos que las arcillas; la mayor parte de

ellos se caracterizan sobre todo por cargas permanentes, mientras que los compuestos húmicos y los alófanos se caracterizan por el predominio de las cargas variables.

CUADRO # 2
SUBGRUPOS OBTENIDOS POR EL CONTENIDO DE ALUMINIO

s u b g r u p o # 1 NIVEL ALTO DE Al < 1 meq/100 g				
contenido promedio Al meq/100g.	Rendimiento promedio ton/ha.	Densidad pts.	No. de muestras	
1.40	1.519	15600	28, 47, 42, 27, 44, 14, 30, 34, 48.	
s u b g r u p o # 2 NIVEL BAJO DE Al > 1 meq/100 g				
contenido promedio Al meq/100 g.	Rendimiento promedio ton/ha.	Densidad pts.	No. de muestra	
0.3572	2.7	27250	10, 40, 41, 43, 18, 45, 36, 11, 49, 16, 37, 17, 7, 50, 29, 31, 2, 23, 13 39, 25, 32, 19, 8 46, 12, 24, 38, 3 33, 1, 9, 4, 15, 5, 22, 6, 20, 21, 26, 35	

Los datos de donde se obtuvo este cuadro aparecen en la tabla # 3 del apéndice.

RELACIONES ENCONTRADAS PARA EL CONTENIDO DE ALUMINIO FUERON:

NIVEL ALTO = > 1 meq/100 g. DE SUFLU

NIVEL BAJO = < 1 meq/100 g DE SUFLU

pH. - Con excepción de las muestras 6 y 20 (representa un 4 %) todos los suelos presentan problemas serios de acidez. El grado lo determinó el contenido de aluminio. En términos generales no se encontró la existencia de grupos heterogéneos en cuanto a pH. Todas las muestras se manejaron como ácidas (ver resultados en la tabla # 1 del apéndice).

CUADRO # 3 SUBGRUPOS OBTENIDOS POR DIFERENCIAS EN SU C. I. C.

S U B G R U P O # 1 NIVEL BAJO < 7 meq/100 g			
# muestra	CIC promedio meq/100 g.	Rendimiento promedio ton/ha.	Densidad pts.
31, 35, 43, 50, 46, 11, 39, 7, 17, 36, 8, 42, 37, 22, 45, 38, 7, 32, 34, 3, 48, 18, 47, 10, 19, 44, 1, 40, 5, 12, 27, 41.	5.77	2.59	27789
S U B G R U P O # 2 NIVEL ALTO > 7 meq/100 g			
# muestra	CIC promedio meq/100 g.	Rendimiento promedio ton/ha.	Densidad pts.
13, 33, 21, 30, 9, 28, 29, 23, 16, 25, 15, 49, 26, 6, 24, 14, 4, 20	4.27	2.08	20838

Los datos de donde se obtuvo este cuadro aparecen en la tabla # 4 del apéndice.

RANGOS ENCONTRADOS PARA LA C.I.C. QUE AFECTAN AL
RENDIMIENTO:

NIVEL ALTO = > A 7 meq/100 g.. DE SUELO

NIVEL BAJO = < A 7 meq/100 g.. DE SUELO

En el cuadro, número 3 anterior aparecen los resultados promedio de rendimiento obtenido en los subgrupos 1 y 2 diferenciados por su CIC. Nótese que el rendimiento en ton/ha. en el nivel alto (> a 7 meq/100 g. de suelo) es inferior al rendimiento en el nivel bajo (< 7 meq/100 g. suelo). Este comportamiento puede deberse a que la tercera parte de la CIC sea por efecto de las cargas variables ocasionadas por el Al hidratado. Por ello a mayor CIC habrá más cargas variables que retienen a los nutrientes a tal grado de que no estén disponibles para las plantas o bien, puede deberse a que el nivel de toxicidad por Al aumente en la solución del suelo, por lo tanto a mayor CIC es mayor el efecto tóxico. Cabe mencionar que esto es una posible causa y que es conveniente analizarla a fondo y pudiera ser tema de otra tesis, ya que esta incongruencia resulta importante para tomar una decisión en el manejo de fertilidad. En este trabajo se tomó la

decisión de subdividir las superficies a partir de la diferencia encontrada en rendimientos por efecto de la CIC; pero esta subdivisión bien podría moverse al mejorar el pH y los efectos en rendimiento no se presentarían tan contradictorios por la CIC. De cualquier manera es conveniente mejorar la CIC; pero induciendo a que el PSR se eleve en tal grado que los efectos tóxicos de otros elementos no se manifiesten ocasionando pérdidas en lugar de ganancias.

Una vez que se obtuvieron los rangos determinados para la CIC, pH, contenido de Al, se procedió a estudiar cada muestra en particular agrupándolas de acuerdo a sus características físicas y químicas; logrando la formación de 5 grupos, que a continuación se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO # 4 GRUPOS DE SUELOS OBTENIDOS EN BASE A SU FERTILIDAD ACTUAL.

Grupo #	Muestras que lo integran	Combinación de modificadores	Interpretación	%
I	28, 6	L	Ausencia de modificadores. suelos fértiles con textura franco.	4
II	4, 9, 15, 16, 23, 25, 29, 33, 49, 21, 24, 26. 13	Lh 5h	Nivel bajo de toxicidad por Al; presentan problemas de acidez y su textura es franco en su mayoría; habiendo una pequeña proporción arenosa.	26
III	1, 2, 5, 7, 8, 10, 17, 19, 22, 31, 39, 41, 12, 18, 32, 35, 37, 38, 40, 45, 11, 43, 46, 50, 36	Leh 5eh	Baja toxicidad por Al; Baja CIC (menor de 7) y acidez. Su textura la mayoría es F con bajo porción de arenosa.	57
IV	14, 28, 30,	Lah	Toxicidad alta de Al y en consecuencia acidez. Su textura es franca.	6
V	27, 34, 42, 44, 47, 48	Laeh 5aeh	Elevada toxicidad por Al, acidez y baja CIC, textura franca y arenosa en proporción pequeña.	12

Partiendo del cuadro anterior podemos mencionar las características de cada grupo de la siguiente manera:

Grupo I.- Consta de dos muestras, son las únicas que no muestran modificadores lo cual indica que tienen un nivel de fertilidad aceptable; aun cuando no son representativas de la zona es conveniente tomarlas como punto de referencia para mejorar los suelos del Valle.

Grupo II.- Presenta un nivel bajo de toxicidad por Al, la única limitante de fertilidad es un bajo pH que provoca acidez. La textura en su mayor superficie es franco, solo la extensión representada por la muestra 13 es arenosa.

Grupo III.- Presenta toxicidad por Al, a un nivel bajo, acidez y una baja CEC < a 7 meq/100 g. de suelo su textura es franco y arenosa. En este grupo aparte de la acidez se encuentra una baja CIC que es la principal causante de su baja fertilidad.

Grupo IV.- Son suelos que presentan una alta toxicidad por Al, > a 1 meq/100 g. de suelo esto provoca una fuerte

acidez. Los problemas que acarrea esta toxicidad son los principales causantes de una baja fertilidad en los suelos. La textura que se presenta es franco en su totalidad.

Grupo V.- Al igual que el caso anterior este grupo presenta serios problemas de toxicidad por Al, si a esto le aumentamos que existe una baja CII; encontramos que los suelos pertenecientes a este grupo son los mas pobres en fertilidad de todo el Valle de Zapopan Jalisco.

Puede observarse en el cuadro anterior que en los grupos I, II y III, encontramos dos tipos de texturas, (en algunos casos en un solo grupo). La razón de estar en un solo grupo es porque no se encontró diferencia significativa al formar dos subgrupos, es decir, en el estado actual en que se encuentran los suelos del Valle, no hay efecto en el rendimiento; probablemente después de mejorar estos suelos si se encuentre grupos diferentes en cada uno de los grupos mencionados al principio; pero en el estado de fertilidad en que se encuentran actualmente solo encontramos tres grupos (I,II y III).

CUADRO # 5 PROMEDIOS DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO EN CADA UNO DE LOS GRUPOS

Grupo #	# de muestras	Modificadores	Contenido Al. †	pH	C.I.C. †	Rendimiento	Densidad ptas.
I	2		0.03	6.58	11.9	2.03 ton/ha	25389
II	13	h	0.24	5.39	8.9	2.28 ton/ha	21439
III	26	eh	0.43	5.24	5.09	2.92 ton/ha	30099
IV	3	ah	1.42	4.9	4.12	1.25 ton/ha	11481
V	6	aeh	1.38	4.61	5.8	1.65 ton/ha	17780

Comparando el grupo I con el grupo II se observa un contenido mayor de aluminio, esto provoca un aumento en la acidez superior a la unidad de pH, también podemos ver que no existe problemas de C.I.C. ya que ambos grupos tienen mas de 7 meq/100 g de suelo. En cuanto a fertilidad podemos decir que el grupo I es mejor que el grupo II, aun cuando el rendimiento promedio es superior en el grupo II, la diferencia puede deberse al manejo del cultivo.

Se puede observar el papel que desempeña el Al en el rendimiento y en la acidez, ya que cuando los niveles tóxicos sobrepasan la unidad en meq/100 g de suelo, disminuye notablemente la media en rendimiento siendo menor de dos ton/ha. El pH también desciende hasta menos de 5. Se refleja claramente que el principal problema en los suelos de esta zona es el contenido de Al, ya que cuando la C.I.C. (grupo IV) es

superior a 7 el rendimiento se manifiesta bajo, lo mismo ocurre cuando la FIC se sitúa abajo de 7 (grupo V) también el rendimiento se ve afectado por la toxicidad de Al.

La densidad de plantas también juega un papel importante como puede verse en el cuadro anterior, sobre todo en los grupos II y III que al final de cuentas son los más representativos en los suelos del Valle, sobre todo por la superficie que ocupan. Aun cuando son las más altas en promedio, encontramos que son bajas densidades, esto quiere decir que el problema de las plagas de la raíz provoca grandes pérdidas, o posiblemente el manejo o calidad de la semilla no sea la más adecuada; pero principalmente puede suceder que hay insolubilidad de nutrientes y en consecuencia no se abastecen las necesidades que requieren la cantidad de plantas que se siembran.

A continuación en la fig. 4 se presenta el mapa obtenido, en la clasificación de suelos en base a su fertilidad, modificado para la zona del Valle de Zapopan Jalisco.

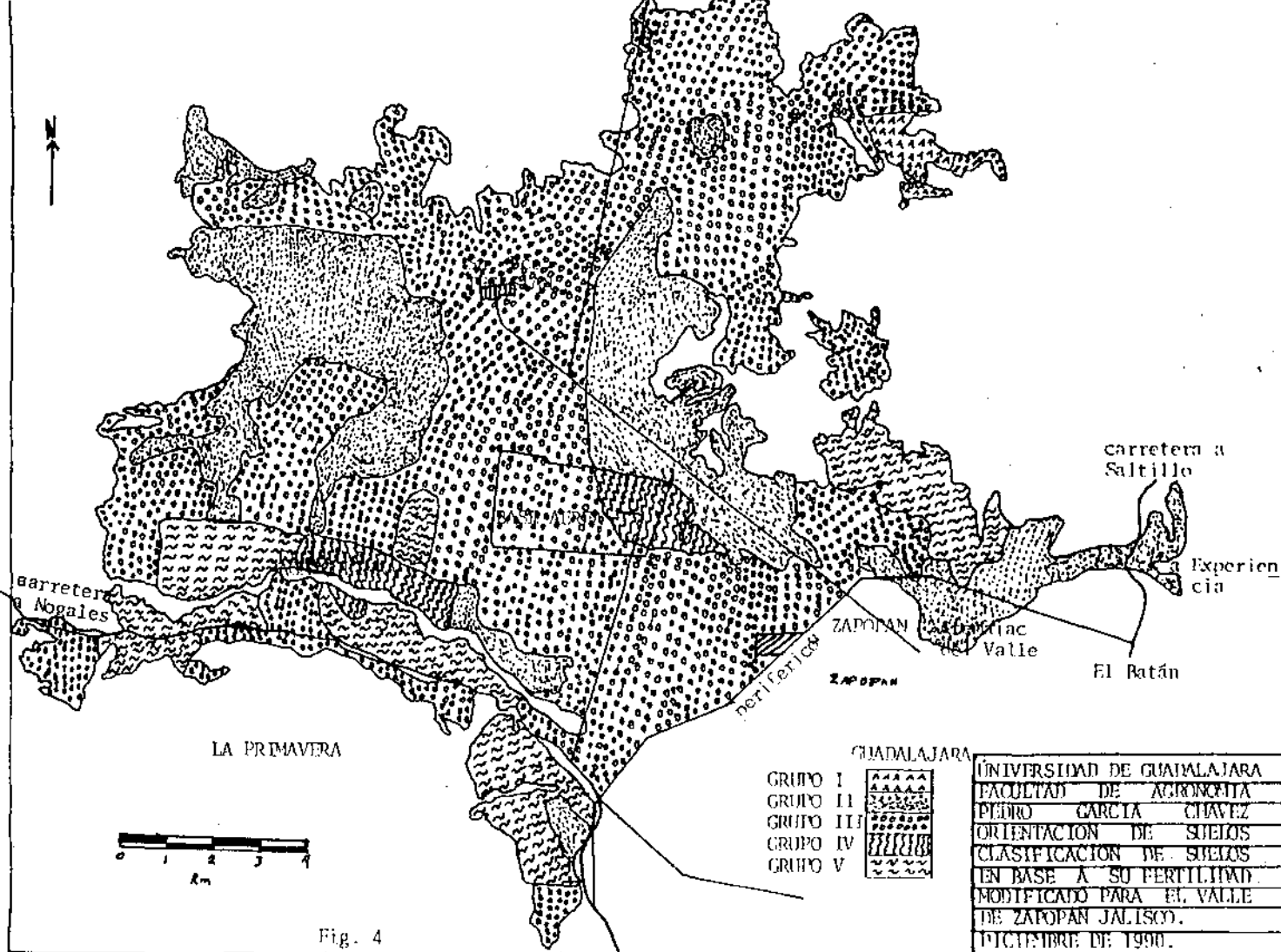


Fig. 4

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PIEDRO GARCIA CHAVEZ
ORIENTACION DE SUELOS
CLASIFICACION DE SUELOS
EN BASE A SU FERTILIDAD
MODIFICADO PARA EL VALLE
DE ZAPOPAN JALISCO.
DICIEMBRE DE 1990.

VI.- CONCLUSIONES

1.- El método de clasificación de suelos en base a su fertilidad es adaptable a cualquier zona siempre y cuando se establezcan rangos particulares mediante la calibración de los modificadores que afectan el rendimiento del cultivo.

2.- Siguiendo los pasos del formato se encontraron siete grupos de suelos (Figura 3) mediante el análisis estadístico se determinó que no existía diferencia significativa.

3.- En el Valle de Zapopan existen dos tipos de texturas, Franca (84%) y Arenosa (16%); el tipo de textura no interfiere en el rendimiento del maíz, en el estado actual en que se encuentran los suelos. Probablemente al modificar sus deficiencias se manifieste su efecto directo.

4.- Mediante la calibración del método (Capacidad fertilidad se encontraron los niveles de Al y CIC que dieron como resultado la formación de 5 grupos de suelos que aparecen en la Figura 4.

5.- El contenido de Al define dos niveles de toxicidad:

NIVEL ALTO > 1 meq/100 g. de suelo

NIVEL BAJO < 1 meq/100 g de suelo

6.- La CIC se debe en su mayoría al tipo de arcilla predominante ya que el contenido de M.O. es bajo de acuerdo a los resultados de los análisis (Apuntes Química de Suelos, 1997). Por su CIC los suelos presentan dos niveles:

NIVEL ALTO > 7 meq/100 g de suelo

NIVEL BAJO < 7 meq/100 g de suelo

7.- El grupo I (superficie del 4 %) tiene el nivel de fertilidad más alto ya que no presenta modificadores.

El grupo II (superficie de 26 %) es ácido sin llegar a tener un nivel alto de toxicidad por Al.

El grupo III (superficie de 52 %) además de ser ácido tienen un nivel bajo en su CIC.

El grupo IV (superficie de 6 %) presenta toxicidad por contenido de Al (mayor a 1 meq/100 g de suelo) es la principal limitante en su fertilidad.

El grupo V (superficie de 12 %) además de presentar toxicidad por Al tiene una baja CIC. Son los suelos con más bajo nivel de fertilidad.

R.- Cuando el contenido de Al sobrepasa 1 meq/100 g de suelo el rendimiento disminuye aún cuando la CIC sea superior a 7 meq/100 g de suelo (nivel alto). Por lo tanto, el principal problema en los suelos del Valle de Zapopan es la toxicidad provocada por el contenido de Al.

VII.- RECOMENDACIONES

1.- Para utilizar el método de clasificación de suelos en base a su fertilidad en cualquier localidad se recomienda hacer una calibración del mismo con el fin de determinar rangos en los modificadores.

2.- De los 5 grupos encontrados el único sin problemas fue el número I, los demás se tienen que tratar en diferente forma para su rehabilitación.

El grupo II, se recomienda aplicar cal agrícola partiendo del análisis sobre necesidades de cal para elevar el pH.

El grupo III, elevar el porcentaje de M.O. con fines de humificación para mejorar la CEC, posteriormente hacer aplicaciones de cal de tal manera que si se provoca la mineralización, exista una reserva de M.O.

Grupo IV, se recomienda la aplicación de cal agrícola o cal de construcción para disminuir la toxicidad provocada por el Al, esta aplicación debe partir de un análisis de

necesidades de cal para no provocar un cambio brusco en la reacción del suelo.

Grupo V, este resultó con toxicidad por Al y baja CEC, se recomienda hacer aplicaciones de M.O. antes de hacer cualquier aplicación de cal ya que se corre el peligro de mineralizar la M.O. existente en el suelo y empobrecer los suelos en forma acelerada. Posterior a la adición de M.O. es conveniente hacer aplicaciones de cal de tal forma que los cambios se ocasionen en forma gradual y partiendo de un análisis de necesidades de cal.

3.- Aún cuando la textura es un factor que interviene directamente en la fertilidad, es posible que en los suelos de Zapopan sean más fuertes los efectos negativos que producen las limitantes, lo suficiente como para evitar que la textura presente diferencias en los rendimientos; es recomendable mejorar el pH, CEC, y anular la toxicidad por Al para que se manifieste la textura como limitante de la fertilidad.

4.- En los grupos en donde resulta que el contenido de Al es $> 1 \text{ meq}/100 \text{ g}$ de suelo se recomienda hacer aplicaciones de materiales encalantes como $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ó cal agrícola, partiendo

de un análisis con fines de determinar las necesidades de Ca en forma gradual ya que un cambio brusco ocasionaría problemas en el sistema del suelo.

5.- Para elevar la CIC en los suelos del Valle es necesario hacer aplicaciones de M.O. en forma de abonos verdes, estiércoles, residuos de cosecha, desechos industriales como bagazo de caña o cachaza. Las cantidades estarán determinadas por el contenido de M.O. existente y el porcentaje que se quiera alcanzar cuidando que lleve fines de humificación y que la incorporación sea para elevar el porcentaje en forma gradual.

6.- Aparte de adicionar materiales encalantes se recomienda utilizar fertilizantes que no tengan reacción ácida como el sulfato de amonio. Puede ser: urea, nitrato de amonio, como fuente de N; KCl como fuente de K y SPT como fuente de P

APENDICE

TABLA 1 A. - LIMITANTES DE FERTILIDAD

# de muestra	textura tipo	Toxicidad (A1) a	Acidez h	Baja CIC e
1	L		=====	=====
2	L	=====		=====
3	L		=====	=====
4	L		=====	
5	L		=====	=====
6	L		=====	
7	L	=====		=====
8	L		=====	=====
9	L		=====	=====
10	L	=====		=====
11	S		=====	=====
12	L	=====		=====
13	S	=====		
14	L	=====		
15	L		=====	
16	L		=====	
17	S	=====		=====
18	L	=====		=====
19	L		=====	=====
20	L		=====	
21	L		=====	
22	L		=====	=====
23	L	=====		
24	L	=====		
25	L	=====		
26	L		=====	
27	L	=====		=====
28	L		=====	
29	L		=====	
30	L	=====		
31	L	=====		=====
32	L	=====		=====
33	L	=====		
34	L	=====		=====
35	L		=====	=====
36	S	=====		=====
37	L	=====		=====
38	L	=====		=====
39	L	=====		=====
40	L	=====		=====
41	L	=====		=====
42	L	=====		=====
43	S	=====		=====
44	L	=====		=====
45	L	=====		=====
46	S	=====		=====

# de muestra	Textura tipo	Toxicidad (AI) a	Acidez h	baja (C) e
47	L	=====		=====
48	S	=====		=====
49	L	=====		
50	S	=====		=====

 TABLA # 1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANALISIS DE SUELOS

mues- tra	pH	Al 1:1 meq/100g	K .483	P .06	arena %	limo %	arci- lla %	tex- tura %	MO %	CIC meq/100g	Ca meq/100g	Mg
1	5.72	.081	.483	.06	66.6	19.59	13.8	1	1.88	6.33	3.45	5.75
2	5.07	.408	.644	.33	67.86	18.13	14	1	1.03	4.38	2.30	4.6
3	5.80	.095	.575	.12	61.12	15.08	23.80	1	.943	5.64	2.30	3.45
4	5.92	.068	.805	.798	64.84	23.41	11.75	1	2.39	11.9	5.75	5.75
5	5.9	.054	.609	.580	66.95	18.95	14.10	1	2.75	6.62	1.15	1.15
6	6.5	.041	1.46	.282	57.56	24.44	18	1	3.39	10.5	3.45	3.45
7	5.1	.554	.644	.127	71.23	16.77	12	L	3.10	5.41	2.30	2.30
8	5.45	.281	.644	.477	61.10	26.82	12.08	1	4.06	4.91	2.30	2.30
9	5.70	.088	.966	1.37	36.36	56.14	5.5	L	2.57	8.12	3.45	3.45
10	4.80	.996	.391	.389	68.64	19.27	12.03	L	2.80	5.83	3.45	4.6
11	5.3	.670	.483	.307	79.49	11.41	9.10	S	6.27	4.13	3.20	5.75
12	5.2	.216	.644	.551	69.17	17.66	13.17	L	4.89	6.69	1.15	4.60
13	5.13	.343	.736	.332	77.32	19.88	2.80	S	1.78	7.06	1.15	6.05
14	4.5	1.33	1.12	.303	37.11	38.68	24.2	L	2.82	11.1	2.30	5.75
15	5.92	.057	.805	.535	56.84	27.05	16.05	L	3.45	8.89	2.30	6.90
16	5.5	.594	.575	.536	52.85	23.15	24	L	1.75	8.64	2.30	5.75
17	4.92	.562	.483	.365	80.18	14.91	4.90	S	1.21	4.40	3.45	5.75
18	4.65	.748	.391	.387	62.94	21.26	15.80	L	4.66	5.73	2.30	3.45
19	5.3	.292	.483	.951	68.84	20.35	10.80	L	4.11	6.14	2.30	3.45
20	6.62	.038	.371	1.58	65.37	16.61	18.01	1	5.93	13.3	8.05	12.7
21	5.7	.030	.391	.181	70.52	19.43	10.01	1	2.46	7.73	2.30	2.30
22	5.9	.051	.805	.972	63.45	24.75	11.80	L	1.22	5.23	2.30	3.45
23	5.15	.348	.897	.568	55.49	29.41	14.80	L	2.90	8.48	3.45	4.60

mues- tra	pH 1:1	Al meq/100 g.	K %	P %	arena %	limo %	arci- lla %	tex- tura	MO %	CIC meq/100 g	Ca %	Mg g
24	5.2	.194	.851	.951	27.78	46.16	26.05	L	3.70	11.0	4.60	6.90
25	4.9	.302	1.38	.188	58.53	28.47	13	L	2.78	8.69	5.75	1.15
26	5.8	.027	1.12	.775	67.46	26.34	6.9	L	3.13	10.3	2.30	4.60
27	4.65	1.47	.644	.299	54.30	31.05	14.22	L	3.11	6.73	2.30	2.30
28	5.4	1.73	.897	.250	61.48	23.66	14.86	L	1.96	8.23	3.45	2.30
29	5.85	.432	.196	.215	52.44	33.47	14.08	L	2.19	8.48	4.60	2.30
30	5	1.20	.575	.145	66.16	20.66	13.18	L	2.24	3.00	5.75	6.90
31	5.3	.421	.736	.535	61.76	20.29	17.95	L	4.46	2.15	2.30	1.15
32	5.15	.292	.644	.163	66.19	28.66	5.15	L	3.61	5.50	2.30	2.30
33	4.85	.086	.483	.430	39.53	44.37	16.01	L	4.00	7.47	4.60	4.60
34	4.70	1.12	.483	.170	59.24	30.68	10.08	L	3.15	5.50	2.30	2.30
35	5.9	.027	.644	.650	69.60	19.00	11.40	L	3.80	3.83	2.30	4.60
36	4.5	.678	.483	.616	80.16	14.49	5.35	S	1.21	4.54	2.30	4.60
37	5	.581	.621	.254	67.80	15.60	17.40	L	1.15	5.04	1.15	4.60
38	5.3	.165	.575	.237	68.07	19.13	12.80	L	.899	5.32	2.30	5.75
39	5.05	.302	.644	.743	70.46	24.64	4.80	L	.935	4.36	2.30	3.45
40	4.75	.869	.575	.980	56.39	24.81	18.80	L	1.46	6.33	2.30	3.45
41	5.3	.842	.483	.345	60.87	15.33	23.80	L	.856	5.32	2.30	3.15
42	4.58	1.58	.644	.473	58.08	25.92	16.00	L	.783	4.36	1.15	3.45
43	5.2	.784	.391	.233	84.12	8.13	2.70	S	5.30	6.33	1.15	3.45
44	4.75	1.43	.736	.367	67.30	23.90	8.80	L	1.20	6.74	1.15	3.45
45	5.45	.713	.887	.644	68.39	25.56	6.05	L	1.15	4.95	2.30	3.45
46	5.22	.778	.345	.485	72.46	25.54	2.00	S	.515	4.08	1.15	3.45
47	4.30	1.62	.575	.287	66.66	27.84	5.50	L	1.65	5.77	1.15	3.45
48	4.72	1.08	.575	.376	76.44	20.15	3.40	S	1.22	5.64	1.15	2.30

mues- tra	pH	Al meq/100 g.	K meq/100 g.	P meq/100 g.	arena %	limo %	arcilla %	textura	MP %	CIC meq/100 g	Ca	Mg
49	5.05	.064	.005	.217	68.65	23.48	7.90	L	1.94	9.06	3.45	3.45
50	5.15	.459	.391	.251	92.34	6.87	0.80	S	.711	3.92	2.30	3.45

Tabla # 2 CORRELACIONES ENTRE PORIALES MODIFICADORES (CON RENDIMIENTO)

Modificador	Coefficiente de correlación
Al	-0.251
pH	0.041
Mn	-0.04
Zn	0.04
Mg	-0.017
Na	0.335
K	-0.043
P	0.024
Arenas gruesas	0.02
Arenas finas	-0.3 X 10
Arcillas	-0.043
Limos	-3F-03
M.O.	0.002
C.I.C.	-0.162
Ca	-0.124
Mg	0.066
MSR	0.014
N	-0.091
Cu	-0.066
Fe	-0.047
Mn	-0.063
Zn	-0.085
CUARZO	-0.021

TABLA # 3 SUBGRUPOS OBTENIDOS POR EL CONTENIDO DE ALUMINIO

Subgrupo # 1 NIVEL ALTO > 1 meq/100 g de suelo

# de muestra	Contenido de Al meq/100 g suelo	Rendimiento ton/ha.	Densidad plantas
28	1.728	1.357	10652
47	1.6254	1.906	18519
42	1.5768	0.637	10582
27	1.4688	2.419	19048
44	1.4283	1.089	13093
14	1.3311	1.666	16071
30	1.2042	0.734	7722
34	1.1252	0.342	16071
48	1.08	3.521	29365

Subgrupo # 2 NIVEL BAJO < 1 meq/100 g. de suelo.

10	0.9963	0.963	14881
40	0.8694	3.085	53371
41	0.8424	2.000	14286
43	0.7884	1.259	15476
18	0.7479	1.955	28571
45	0.7128	4.173	44048
36	0.6777	6.806	71429
11	0.6696	1.461	19643
49	0.6399	2.276	13690
16	0.594	2.044	12450
37	0.5805	3.638	33333
17	0.5616	2.424	17262
7	0.5535	3.213	23571
50	0.459	1.511	12226
29	0.432	1.854	16698
31	0.4212	2.311	22696
2	0.4077	0.203	6969
23	0.3483	0.758	22449
13	0.3429	0.981	14286
39	0.3024	0.924	21645
25	0.3024	3.737	24405
32	0.2916	7.108	54167
19	0.2916	1.75	17500
8	0.2808	1.65	21427
46	0.2376	1.368	7143
12	0.216	5.273	42857
24	0.1944	5.33	33929
38	0.1647	5.428	44429
3	0.0945	1.054	33333
33	0.0864	1.448	17262
1	0.081	1.746	22024
9	0.0675	1.923	11034
4	0.0675	1.666	14825
15	0.0567	2.511	23214
5	0.054	2.602	1845

# de muestra	Contenido de Al meq/100 g suelo	Rendimiento ton/ha.	Densidad ptas./ha
22	0.0513	2.605	23529
6	0.0405	2.6	35097
20	0.0378	1.448	14081
71	0.0297	2.584	29670
26	0.027	3.635	50000
35	0.027	6.595	101099

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

 TABLA # 4 SUBGRUPOS OBTENIDOS POR DIFERENCIA EN SU C.I.C

Subgrupo # 1 NIVEL BAJO <7 meq/100 g de suelo

# de muestra	CIC en meq/100 g	Rendimiento ton/ha	Densidad (plantas)
31	2.15	2.311	27696
35	3.83	8.595	101099
43	3.85	1.259	15476
50	3.92	1.511	12226
46	4.08	1.368	7143
11	4.13	1.461	19645
39	4.36	0.974	21645
2	4.38	0.203	6969
17	4.40	2.424	17262
36	4.54	6.806	71429
8	4.91	1.65	21427
42	4.95	0.637	10582
37	5.04	3.638	33333
22	5.23	2.605	23529
45	5.23	4.173	44048
38	5.32	5.428	46429
7	5.41	3.2013	23571
32	5.50	7.188	54167
34	5.50	0.342	16071
3	5.64	1.054	33333
48	5.64	3.521	29365
18	5.73	1.955	28571
47	5.77	1.906	18519
10	5.84	0.963	14031
19	6.14	1.75	12500
44	6.24	1.089	13093
1	6.33	1.746	27024
40	6.33	3.885	53571
5	6.62	2.602	18452
12	6.69	2.273	42857
27	6.73	2.419	19048
41	6.74	2.000	14286

Subgrupo 2 NIVEL ALTO >7 meq/100 g de suelo

13	7.060	0.981	14286
33	7.47	1.448	17262
21	7.73	2.584	29670
30	8.00	0.734	7722
9	8.12	1.923	11034
28	8.23	1.357	10657
29	8.48	1.054	16698
23	8.48	0.758	22449
16	8.64	2.044	12450
25	8.69	3.737	24405
15	8.89	2.511	23214
49	9.06	2.266	13690

Subgrupo 2 NIVEL ALTO >7 meq/100 g de suelo

# de muestra	CIC meq/100 g	Rendimiento ton/ha.	Densidad pts.
26	10.27	3.635	50000
6	10.47	2.60	35897
74	11.03	5.33	33929
14	11.13	1.666	16071
4	11.85	0.618	14025
20	13.34	1.468	14881

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Huol S.W., Hole F.D., Mc Cracken R.J. Génesis y Clasificación de Suelos. Traducción de la primera Edición en inglés. Soil Génesis and Clasication. Poe Editorial Trillas. 1981.
- 2.- Daniel Ballesteros Arturo. Manejo de Suelos y Aplicación de Fertilizantes. México, Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario. 1983.
- 3.- Ceja Ramón. Memorias del Primer Simposium de Fncalado de Suelos Agrícolas. Predio las Agujas Facultad de Agricultura Universidad de Guadalajara. 1984.
- 4.- Duchaufour Philippe. Manual de Edafología. Editorial toray masson, s.a. 1978.
- 5.- Gaucher M., Tratado de Pedología Agrícola. Ediciones Omega S.A. Barcelona 1971. La edición original fue editada por Editorial Dunot con el título Traite de Pedologie Agricole Le Sol et Ses Caracteristiques Agronomiques.

6.- Instituto de Geografía y Estadística de la Universidad de Guadalajara. Análisis Hecoeconomico de Zapopan.

7.- I.N.F.G.), Dto. de Edatologia, (cartas Edafologicas y Topograficas. 1977.

8.- Lair Reggies J. Investigación Agronómica para el Desarrollo de la Agricultura Tradicional. Chapingo México, Colegio de Postgraduados 1977.

9.- Ortega T. Enrique. Química de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. 1981.

10.- S. Ortiz Villanueva. Fertilidad de Suelos, Chapingo Mex. 1977.

11.- Ortiz Villanueva. Edafologia. Universidad Autonoma de Chapingo, 1980.

12.- Padilla Sánchez Ramón. Bases Técnicas del Sistema Zapopano. México, 1963.

13.- Palacios. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara tesis de Maestría, 1988.

14.- Secretaria de Programación y Presupuesto. Síntesis Geográfica de Jalisco L. 1981.

15.- Steel/Lorrie, Biestadística Principios y procedimientos. primera edición en español Editorial McGraw-Hill. México 1980.

16.- Tisdale y Nelson. L.W. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. UTEHA, México 1982

BIBLIOTECA ESCUELA DE AGRICULTURA

INDICE GENERAL

Temas	Página
Título e Introducción	1
Objetivos e Hipótesis	3
Revisión de Literatura	4
Definición de Fertilidad	4
Definición de productividad	4
Factores del crecimiento	5
Técnicas para determinar el grado de fertilidad	7
Efectos del Al en el suelo	9
Acidez del suelo	12
Corrección de la acidez del suelo	13
Objetivos del encalado como mejorador del suelo	14
Capacidad de Intercambio catiónico	15
Componentes del suelo	16
El suelo como medio equilibrado	17
Antecedentes sobre Clasificación de Suelos en Jal.	19
Clasificación de Suelos en Base a su Fertilidad	23
Materiales y métodos	26
Localización y clima del área de estudio	26
Mapa de la localización del área de estudio	26a
Suelos	28
Aspecto socio-económico	29
Metodología	32
Mapa de los sitios de muestreo	40a
Resultados	41
Características de grupos en base al formato	42
Mapa de los grupos encontrados en base al formato	42a
Método modificado para Zapopan	46
Subgrupos obtenidos por el contenido de Al	46
Niveles encontrados para contenido de Al	46
Subgrupos obtenidos por su C. I. C.	47
Niveles para C. I. C.	48
Grupos obtenidos con el método modificado	50
Mapa de los grupos formados por el método adaptado	54a
Conclusiones	55
Recomendaciones	58
Apéndice	61
Bibliografía	71
Índice	74