

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



"Efecto de la Aplicación de Sulfato de Amonio sobre el pH y  
la Materia Orgánica de los Suelos de la Región de  
Jerécuaro, Gto."

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
ORIENTACION SUELOS  
P R E S E N T A  
ERNESTO SOLIS MOYA  
GUADALAJARA, JAL. 1984



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Enero 13, 1984.

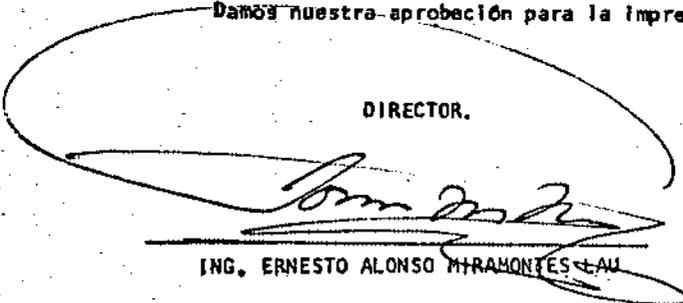
ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_  
ERNESTO SOLIS MOYA \_\_\_\_\_ titulada,

"EFECTO DE LA APLICACION DE SULFATO DE AMONIO SOBRE EL pH Y LA MATERIA  
ORGANICA DE LOS SUELOS DE LA REGION DE JERECUARO, GTO."

Damos nuestra aprobacion para la impresion de la misma.

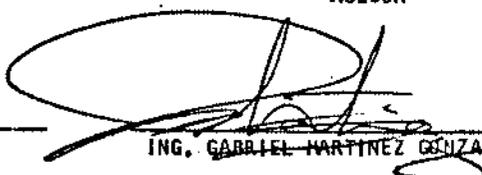
DIRECTOR.

  
ING. ERNESTO ALONSO MIRAMONTES

ASESOR

ASESOR

  
ING. NESTOR VILLAGRANA SANCHEZ.

  
ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ.

A' contestar este oficio dirijase a la fecha y número

## DEDICATORIA

A mis padres con admiración y cariño por su insuperable esfuerzo para lograr un futuro mejor para sus hijos.

Urzula Moya Sandoval  
Jose Solis Nario

A mis hermanos por su apoyo sincero en cualquier situación.

|             |         |               |
|-------------|---------|---------------|
| Ma. Dolores | Jorge   | Ricardo       |
| Josefina    | Ana Ma. | Irma Patricia |
| Micaela     | Silvia  | Karen Rocio   |
| Miguel      | Jose L. |               |

A mi esposa con amor.

Carmen Gutiérrez Gómez.

## AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A LA ESCUELA DE AGRICULTURA

A LOS IGNS. ERNESTO A. MIRAMONTES LAU  
NESTOR VILLAGRANA SANCHEZ  
GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

Por su asesoría en este trabajo.

Muy especialmente

AL DR. EVERARDO VILLAREAL FARIAS

Por su apoyo y dirección en la realización de este  
trabajo.

A MIS MAESTROS

A MIS AMIGOS

## CONTENIDO.

|  | Página. |
|--|---------|
| Resumen.   |         |
| INTRODUCCION.  | 1       |
| 11. OBJETIVOS, HIPOTESIS , Y SUPUESTOS.  | 5       |
| 111. REVISION DE LITERATURA.   | 7       |
| 1.- pH del suelo.  | 7       |
| 1.1. Importancia del pH del suelo  | 7       |
| 1.2. Influencias de la reacción sobre las características, físicas, químicas y biológicas del suelo. | 8       |
| 1.2.1. Disponibilidad de $H^+$ y $OH^-$  | 8       |
| 1.2.1. Toxicidad de Al y Mn.   | 9       |
| 1.2.3. Porcentaje de saturación de bases.  | 9       |
| 1.2.4. Zinc, Boro, Cobre, y Hierro.  | 10      |
| 1.2.5. Molibdeno.  | 10      |
| 1.2.6. Formas y retención de fosfatos inorgánicos.   | 10      |
| 1.2.7. Organismos del suelo.   | 11      |
| 1.2.8. Estabilidad de agregados y texturas del suelo.  | 12      |

|  |    |
|--|----|
| 1.3. Efectos de la reacción sobre el desarrollo vegetal.                                 | 13 |
| 1.4. Fuentes de acidez en los suelos.  | 14 |
| 1.4.1. Grupos acidos de los minerales arcillosos.  | 14 |
| 1.4.2. Grupos acidos de la materia orgánica.   | 16 |
| 1.4.3. Sales solubles.   | 17 |
| 1.5. Causas de la acidificación progresiva de los suelos.                                | 17 |
| 1.6. Relación entre la acidez de los suelos y los fertilizantes.                         | 18 |
| 1.7. Teorías respecto al efecto de los fertilizantes nitrogenados en la acidez del suelo | 19 |
| 2.- Materia orgánica del suelo.  | 29 |
| 2.1. Importancia de la materia orgánica.   | 29 |
| 2.2. Factores que afectan el contenido de materia orgánica del suelo.                    | 33 |
| 2.3. Descomposición de la materia orgánica del suelo.                                    | 36 |
| 2.4. Efectos de los sistemas de cultivo en la materia orgánica del suelo.                | 39 |
| 2.5. Efectos de los fertilizantes en la materia orgánica del suelo.                      | 40 |
| 2.6. Efecto de los nutrientes añadidos a los vegetales .                                 | 44 |

|  |    |
|--|----|
| IV. MATERIALES Y METODOS.  | 48 |
| 1.- Descripción de la zona de estudio.   | 48 |
| 1.1. Localización.   | 48 |
| 1.2. Límites municipales.  | 48 |
| 1.3. Extensión territorial.  | 48 |
| 1.4. Climatología.   | 49 |
| 1.5. Hidrología.   | 49 |
| 1.6. Orografía.  | 49 |
| 1.7. Unidades de suelos.   | 50 |
| 1.7.1. Faeozem.  | 50 |
| 1.7.2. Vertisol.   | 52 |
| 2.- Localización de los sitios donde se tomarón<br>las muestras.                   | 54 |
| 3.- Metodo para tomar las muestras.  | 57 |
| 4.- Tecnología actual en la zona de estudio.                                       | 59 |
| 5.- Breve descripción de la metodología emplea-<br>da, para analizar las muestras. | 61 |
| 5.1. Reacción del suelo.   | 61 |
| 5.2. Materia orgánica.   | 61 |
| 5.3. Textura.  | 61 |
| 5.4. Capacidad de intercambio cationico.   | 62 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSION.   | 65 |
| 1.- Caracterización de los suelos de acuerdo -                                     |    |

- a su nivel de pH y contenido de materia orgánica. 65
- 2.- Influencia del sulfato de amonio en el pH y materia orgánica de dos unidades de suelo Faeozem y Vertisol . 70
- 2.1. Cambios en el pH del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitrogenado en suelos Faeozem. 71
- 2.2. Cambios en el pH del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio, como fertilizante nitrogenado, en suelos Vertisol. 79
- 3.- Modificaciones en la materia orgánica del suelo provocados por el manejo, que incluye como fuente de fertilizante nitrogenado al sulfato de amonio, en suelos Faeozem y Vertisol. 85
- 3.1. Cambios en la materia orgánica del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio, como fertilizante nitrogenado en suelos Faeozem. 85
- 3.2. Cambios en la materia orgánica del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitroge-

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| nado en suelos Vertisol. | 86  |
| VI. CONCLUSIONES.        | 95  |
| VII. LITERATURA CITADA.  | 98  |
| VIII. APENDICE.          | 102 |

LISTA DE CUADROS.

|   | Pagina. |
|---|---------|
| CUADRO 1. NITROGENO LIBERADO DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO DURANTE EL PERIODO DE DESARROLLO DE UN CULTIVO.                   | 32      |
| CUADRO 2. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL DE LOS 30 SITIOS MUESTREADOS SEGUN SU NIVEL DE pH.                   | 65      |
| CUADRO 3. CARACTERIZACION DE LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL DE LOS 30 SITIOS MUESTREADOS SEGUN SU CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA. | 68      |
| CUADRO 4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO EN pH, MATERIA ORGANICA Y TEXTURA EN LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL.     | 104     |
| CUADRO 5. RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A pH, DpH, MATERIA ORGANICA, DMO, CIC, Y No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILI          |         |

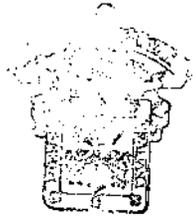
ZANTES, EN SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL  
EN 5 Y 15 SITIOS RESPECTIVAMENTE.

106

CUADRO 6. ECUACION DE REGRESION, COEFICIENTE -  
DE CORRELACION, Y GRADO DE SIGNIFI--  
CANCIA, PARA CADA CASO EN AMBOS TI--  
POS DE SUELOS.

91

LISTA DE FIGURAS.



ESCUELA DE AGRICULTURA <sup>Página.</sup>  
BIBLIOTECA

- |          |   |    |
|----------|---|----|
| FIGURA 1 | LOCALIZACION DE LOS SITIOS DONDE SE-COLECTARON LAS MUESTRAS.  | 56 |
| FIGURA 2 | TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA RELACION DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL-<br>No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILI-ZANTES EN SUELOS FAEOZEM (5 SITIOS).  | 73 |
| FIGURA 3 | TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REAC-CION DEL SUELO EN RELACION CON LA --<br>CIC EN SUELOS FAEOZEM (5 SITIOS).   | 74 |
| FIGURA 4 | TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REAC-CION DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL-<br>No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILI-ZANTE EN SUELOS FAEOZEM (15 SITIOS). | 77 |
| FIGURA 5 | TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REAC-CION DEL SUELO EN RELACION CON LA MA-TERIA ORGANICA EN SUELOS FAEOZEM ---<br>(15 SITIOS).                         | 78 |

- FIGURA 6 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REAC-  
CION DEL SUELO EN RELACION CON LA --  
CIC EN LOS SUELOS FAEOZEM (15 SI----  
TIOS). 81
- FIGURA 7 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REAC-  
CION DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL-  
No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILI  
ZANTE EN SUELOS VERTISOL (5 SITIOS). 82
- FIGURA 8 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA MATE-  
RIA ORGANICA INFLUENCIADOS POR EL NO  
DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZAN-  
TE EN SUELOS VERTISOL (5 SITIOS). 88
- FIGURA 9 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA MATE-  
RIA ORGANICA INFLUENCIADOS POR EL --  
No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILI  
ZANTE EN SUELOS VERTISOL (15 SITIOS) 89

## RESUMEN.

El efecto residual que dejan en el suelo los fertilizantes nitrogenados, ha sido estudiado desde principios de siglo, desde entonces se ha reconocido que hay algunos que dejan un residuo básico, y otros que usandolos continuamente provocan una acidez progresiva en los suelos.

La mayor parte de los fertilizantes empleados en el país son de carácter ácido, entre ellos destaca el sulfato de amonio por ser uno de los más usados, así como por ser un fertilizante cuyo efecto es reconocido entre los de mayor grado de acidez.

El presente trabajo se realizó para determinar que efectos ha provocado el uso continuo del sulfato de amonio en el pH y la materia orgánica de dos tipos de suelo Faезem y Vertisol en la región de Jerecuaro Gto.

Para esto se muestrearon 15 localidades en cada unidad de suelo, 2 sitios por localidad. Tomandose además una muestra en la orilla de cada parcela muestreada, para obtener los valores DpH y DMO y relacionar estos por medio de regresión simple con los valores de pH, materia orgánica y CIC de los suelos de las parcelas, así también se relacio-

no con el número de años de aplicación de fertilizante para determinar que efectos a provocado en el suelo el uso continuo de sulfato de amonio.

Los resultados obtenidos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1.- Los suelos Faeozem tienen un decremento de 0.025- unidades de pH por año de aplicación de sulfato de amonio, los cambios de pH varían según el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio cationico de los suelos es decir a medida que estos últimos aumentan los cambios son menores.

2.- En los suelos Vertisol hay una ligera disminución en el pH al inicio de la aplicación de sulfato de amonio, pero despues hay una tendencia a incrementarse el pH o a estabilizarse a su nivel original.

3.- En los suelos Faeozem no hubo correlación significativa entre los años de aplicación de sulfato de amonio y la disminución de materia orgánica del suelo.

4.- Los suelos Vertisol sí mostraron una correlación altamente significativa entre las pérdidas de materia or-

gánica y el número de años de aplicación de sulfato de --  
amonio, es decir que la tendencia del sistema actual de -  
cultivo segun los resultados obtenidos es hacia el decre-  
mento de la materia orgánica del suelo.

## 1. INTRODUCCION.

El aumento de la población tanto agrícola como urbana que a propiciado una necesidad más marcada tanto en lo económico como en lo alimenticio, a motivado al hombre a; --- abrir nuevas tierras al cultivo (casi siempre de agostadero) obteniendo en la mayoría de los casos bajos rendimientos, pues estos terrenos son por lo general muy delgados y de pendientes fuertes, o a buscar la forma de producir más por unidad de superficie.

Para lograr esto último, el campesino a reducido el periodo de descanso de sus tierras, y a hecho uso de los insumos que la investigación agrícola le ha recomendado como: fertilizantes, semillas mejoradas, maquinaria agrícola, etc; el manejo de los suelos agrícolas a cambiado, sobre todo con la introducción de los fertilizantes, que ha permitido al agricultor cultivar la tierra en forma continua, ya sea con dos cultivos al año como en el caso de tierras de riego, o un cultivo por año en vez de cada dos --- años, como en el caso de tierras de temporal.

Por otra parte los estudios de la fertilidad del suelo en el país, nos indica que el contenido de Nitrógeno es bajo, el de Fosforo medio, y el Potasio rico. El resto de-

los nutrientes que los cultivos necesitan, están presentes en los suelos en cantidades suficientes, para cubrir las - necesidades de los rendimientos potenciales y solo hay sin tomas de deficiencia de algunos de ellos, en suelos que po seen condiciones químicas o físicas inadecuadas.

Por estas razones se ha incrementado día con día, el uso de los fertilizantes nitrogenados y fosforados, sin em bargo en la mayoría de los casos, se aplica indistintamente cualquier fertilizante, sin tomar en cuenta las condi- ciones del suelo, no considerando en la mayoría de los casos el efecto acidificante de los fertilizantes nitrogenados utilizados en el país, pues se sabe que los fertilizantes portadores de Fosforo no tienen mucha influencia en es ta característica del suelo, y por tanto su uso no tende- ría a alterar el pH del suelo.

Se ha determinado que la cantidad aproximada para neu tralizar el efecto acidificante del sulfato de amonio es - da 110 kgs. de  $\text{CaCO}_3$  por cada 100 kgs. de este material.

No obstante y a pesar de que el sulfato de amonio es el fertilizante generalmente empleado en el país y en Jere cuaro Gto lugar en el que se enfoca el presente estudio; - se a utilizado desde que se empezó a usar fertilizantes, -

no se ha tomado en cuenta su efecto residual y se emplea indistintamente, tanto en suelos neutros, alcalinos o en suelos fuertemente ácidos.

Además del pH la Materia Orgánica es otro factor importante que influye marcadamente en la producción de los cultivos, por ser fuente de nutrimentos, y por mejorar -- las condiciones físicas y químicas del suelo, de su existencia en cantidades adecuadas depende en gran parte el obtener rendimientos satisfactorios; no obstante cuando los suelos son cultivados con varios factores que aceleran su proceso de descomposición, el mantener el nivel natural de Materia Orgánica del suelo es difícil, sin embargo con un manejo adecuado puede lograrse un nivel óptimo que permita obtener altos rendimientos.

Jerécuaro Gto. es un Mpio. preferentemente agrícola su superficie de temporal (30,000 Has.) excede en mucho a la de riego (5,456 Has.) es por esto que el estudio se hizo exclusivamente en la zona temporalera.

En esta región las prácticas de manejo en lo que respecta a actividades, como: barbecho, cruza, corte de surco, siembra, rotación de cultivos, etc. es similar.

La cantidad y tipo de fertilizantes que se aplican es por lo tanto similar en la región, y generalmente no se toman en cuenta las condiciones del suelo, de esta forma suelos con altos o bajos contenidos de Materia Orgánica reciben la misma cantidad de fertilizantes; así mismo no se toman en cuenta los niveles de pH del suelo y se aplica generalmente el mismo fertilizante (sulfato de amonio) tanto en suelos ácidos como en alcalinos.

El área que ocupa el Mpio. de Jerecuaro está ampliamente dominada por dos unidades de suelos; Faeozem y Vertisol, según el sistema FAO/DETENAL.

Determinar que modificaciones ha tenido el suelo en el pH y la Materia Orgánica debido al uso continuo de sulfato de amonio de estas dos unidades de suelo es la finalidad de este estudio.

## 11. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.

Tomando como base las condiciones actuales de manejo de cultivos que tiene como fuente de Nitrógeno a un material fuertemente acidificante como es el sulfato de amonio se realizó el presente trabajo en las dos unidades de suelo dominantes en el area, y tiene como objetivos, hipótesis y supuestos los siguientes:

### Objetivos.

- Determinar que modificaciones han tenido el pH y la Materia Orgánica del suelo a través del tiempo que se ha fertilizado con sulfato de amonio.
- Caracterizar los suelos de acuerdo a su contenido de Materia Orgánica y nivel de pH.

### Hipotesis.

- El uso continuo de sulfato de amonio en la dosificación actual tendera a disminuir el pH de suelos arenosos.
- Los cambios en el pH provocados por el uso continuo de sulfato de amonio serán cada vez menores de acuerdo au--

mente la CIC y el contenido de Materia Orgánica del suelo.

- El uso continuo de sulfato de amonio modificará la canti  
dad de Materia Orgánica presente en el suelo.
  
- A mayor CIC en los suelos los cambios en la Materia Orgá  
nica de estos influenciados por el uso de sulfato de amo  
nio serán menores.

Supuestos.

- El suelo de las orillas de las parcelas, es el mejor pun  
to de comparación del suelo de las parcelas.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## 111. REVISION DE LITERATURA.

### 1.- pH del suelo.

#### 1.1. Importancia del pH del suelo.

Una de las características fisiológicas del suelo -- más importantes es su reacción. Debido a que los microorganismos y plantas superiores responden tan notablemente a su medio químico, la importancia de la reacción del suelo y de los factores asociados con ella a sido debidamente reconocido. Tres condiciones son posibles: la acidez, neutralidad y alcalinidad.

La acidez del suelo es común en todas las regiones -- donde la precipitación es alta, lo suficiente para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables de -- los niveles superficiales de los suelos, tan esparcida es su precencia y tan marcada es su influencia sobre las --- plantas que ha llegado a ser una de las propiedades más -- estudiadas de los suelos.

A causa de la gran extensión de los suelos acidos -- arables la importancia de la acidez del suelo sobrepasa -- prácticamente a la alcalinidad.

La alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases, la presencia de sales especialmente de Calcio, Magnesio y Sodio, en forma de carbonatos da también preponderancia de iones  $\text{OH}^-$  sobre los iones  $\text{H}^+$  en la solución del suelo. Bajo tales condiciones el suelo es alcalino y a veces muy fuertemente, sobre todo si está presente el carbonato sódico no siendo raro el pH de 9 a 10. Los suelos alcalinos son desde luego característicos de las regiones más áridas y semiáridas (4).

## 1.2. Influencias de la reacción sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

### 1.2.1. Disponibilidad de $\text{H}^+$ y $\text{OH}^-$ .

La concentración de iones  $\text{H}^+$  en la solución del suelo es la medida directa de su reacción y es inversamente proporcional a la concentración de iones  $\text{OH}^-$ . Variaciones en la concentración de  $\text{H}^+$  no solo influyen en la absorción de otros iones inorgánicos por las plantas, sino que pueden influir directamente el desarrollo vegetal, produciéndose a pHs menores que 4 una alta absorción de  $\text{H}^+$ .

Esta absorción puede conducir a una disminución de cosechas, el efecto más importante es sin embargo a tra--

vés de su influencia sobre otros elementos como Al, Mn, y Ca. Bajo condiciones de alcalinidad, en cambio aumenta la concentración de iones  $\text{OH}^-$ . (7).

#### 1.2.2. Toxicidad de Al y Mn.

Bajo condiciones de fuerte acidez aumenta la proporción de Al y Mn en la cubierta iónica del complejo de cambio paralelamente a la de  $\text{H}^+$ . Así mismo aumentan las concentraciones de estos elementos en la solución del suelo, produciéndose muchas veces toxicidad. Esta se manifiesta con síntomas característicos variables de acuerdo a las especies vegetales que tienen una susceptibilidad diferente. (3)

#### 1.2.3. Porcentaje de saturación de Bases.

La suma de bases cambiables denominada también porcentaje de saturación (valor V) guarda una relación específica con el pH.

Pratt y Alvahyo mencionados por Fassbender (1977) - encontraron que, a un valor de pH de 4.5 las bases cambiables saturan solamente el 10% de la capacidad de intercambio y su participación aumenta progresivamente con el pH,

asi a un valor de 5.5 se obtiene una saturación del 70% y con un pH de 7.5 la cobertura por bases es practicamente del 100%.

En la mayor parte de los suelos el Ca predomina dentro de los cationes cambiabiles su promedio varia del 50 - a 81% de la suma de las bases cambiabiles, el Mg guarda -- una posición intermedia, el K contribuye con el 3.8 al -- 7.0% de los cationes intercambiabiles.

#### 1.2.4. Zinc, Boro, Cobre, y Hierro.

La disponibilidad de estos elementos guarda una correlación directa con el pH y bajo condiciones de fuerteacidez pueden resultar limitantes de la producción por toxicidad. (25)

#### 1.2.5. Molibdeno.

La disponibilidad del molibdeno es limitada a bajos-pHs y los encalados aumentan su aprovechabilidad. (2)

#### 1.2.6. Formas y retención de fosfatos inorganicos.

Los fosfatos inorgánicos que existen en el suelo ---

guardan ciertas relaciones con el pH, los fosfatos de Calcio predominan bajo condiciones de neutralidad y alcalinidad en los suelos, mientras que los fosfatos de Hierro y Aluminio predominan bajo condiciones acidas, la precipitación de fosfatos insolubles de Hierro y Aluminio en los suelos es más alta bajo condiciones acidas. (7)

#### 1.2.7 Organismos del suelo.

Es bien conocido que el pH tiene gran influencia sobre la microflora y microfauna presente en el suelo y su actividad. A valores de pH menores de 5.5 la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja; estos aumentan óptimamente bajo condiciones neutras. Los hongos son por lo general más adaptables y se desarrollan en un ámbito de pH más amplio.

De esto se desprende que todos los procesos biológicos del suelo son influenciados por el pH. La nitrificación y fijación de N prosperan mejor bajo condiciones neutras, ya que la participación de las bacterias en estos procesos es decisiva. (17)

La mineralización de la materia orgánica también es influenciada por la reacción del suelo. La velocidad de -

los procesos de amonificación y mineralización de compuestos sulfatados y fosforados son proporcionales al pH y estos procesos ocurren en su mejor forma bajo condiciones - de pH neutros. (16)

#### 1.2.8. Estabilidad de agregados y textura del suelo.

La influencia del pH sobre estas propiedades físicas del suelo es indirecta a través de la cubierta iónica del complejo de intercambio. Al predominar Ca (pH alto) en la cubierta del complejo de cambio se observa que:

- La dispersión o floculación es óptima.
- A través de la intensa actividad biológica se facilita - la formación de agregados.
- La intensidad de agregados es constante.

Si ha pesar del pH alto predominan Na y K en la cubierta del complejo, se produce una dispersión excesiva - de los coloides y se pierde la estabilidad de los agregados. (7)

Bajo condiciones de acidez, se producen también efec

tos dañinos de coagulación de los coloides.

### 1.3. Efectos de la reacción sobre el desarrollo vegetal.

En experimentos conducidos en soluciones nutritivas se ha podido demostrar que variando el pH de las soluciones entre 4 y 9 no se tiene una influencia marcada sobre la absorción de iones. Solo a pH menores de 4 se producen trastornos en el desarrollo radical, a pH mayores que 9 - se produce una absorción deficiente de los fosfatos.

De esto resulta que el efecto del pH sobre el desarrollo vegetal es más bien asociado con la influencia que ejerce sobre todas las propiedades del suelo anteriormente presentadas. La mayor cantidad de las plantas económicas ajustan así su desarrollo óptimo a una serie de factores edáficos que se reflejan en una determinada reacción del suelo.

La mayor parte de las plantas cultivadas prosperan - óptimamente en condiciones de acidez débil (pH 6.0 - 6.5) hasta de alcalinidad muy débil (pH 7.0 - 7.5), bajo condiciones de acidez, o sea con cantidades bajas de Ca y de - Mg cambiables, alta cantidad de Al, Mn y Fe y baja dispo-

nibilidad de P y N sólo crecen bien algunas plantas como: las frambuesas, el arándano, diferentes especies de azalea y de rododendrum latino, bajo condiciones de alta alcalinidad se desarrollan bien la alfalfa, la remolacha, el trébol, los espárragos, las palmas datileras y los cocoteros. (7)

#### 1.4. Fuentes de acidez en los suelos.

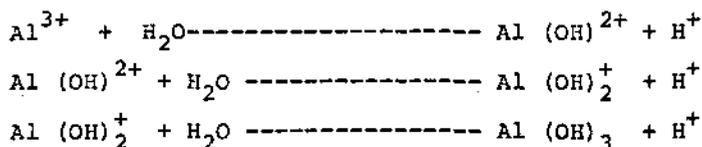
La acidez de los suelos proviene de diferentes fuentes que pueden ceder protones, de los cuales se presentarán a continuación sus diferentes características.

##### 1.4.1. Grupos ácidos de los minerales arcillosos.

Son del tipo 1:1. Se ha mostrado que la carga total de los materiales coloidales del suelo se puede dividir en 2 categorías la carga permanente que es responsable del ligamento electrostático del  $H^+$  y  $Al^{3+}$  y otros iones, la que probablemente proviene de la substitución isomorfica. La otra es la carga dependiente del pH que resulta del ligamento covalente del  $H^+$  y otros iones. Este tipo es mejor ilustrado por la carga en la materia orgánica del suelo, que se debe a los grupos carboxílicos y fenólicos; también se considera que en las arcillas aluminosili-

catadas proviene de los grupos  $\text{OH}^-$  estructurales en las esquinas de las aristas de los cristales de la arcilla y cuyos iones  $\text{H}^+$  pueden disociarse a valores de pH ligeramente ácidos y/o alcalinos.

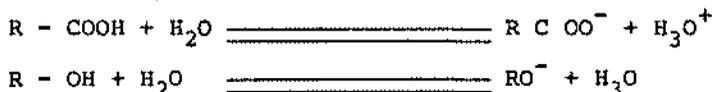
Actualmente se reconoce que tanto el  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  así como la pérdida de cationes  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ , y  $\text{K}^+$  están involucrados en el desarrollo de la acidez del suelo. En los suelos ácidos, existe un equilibrio entre los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{Al}^{3+}$ . Como los iones  $\text{H}^+$  se incrementan en el suelo, ellos a su vez disolverán el Al del retículo cristalino de la arcilla. En sistemas arcillosos no saturados de bases tanto el  $\text{H}^+$  como el  $\text{Al}^{3+}$  están presentes como iones intercambiables, si una base se agrega al suelo los iones  $\text{H}^+$  serán neutralizados primero. Al agregar más de la base el Al se hidroliza con la producción de  $\text{H}^+$  en cantidades equivalentes al Al presente. A valores bajos de pH la mayor parte del Al está como ión  $\text{Al}^{3+}$  exahidratado. A pHs superiores de 5 los iones hidratados del hidroxialuminio existen en forma intercambiables. Esto se ilustra por las ecuaciones siguientes:



Los iones de hidroxido de Al descritos tienden a polimerizarse para producir sistemas mucho más complejos. -  
(17)

#### 1.4.2. Grupos acidos de la materia orgánica.

La materia orgánica al igual que los minerales arcillosos, actúan como cambiador. Una molecula prototipo del humus tiene en su periferia radical activos fenólicos y carboxilos que son fuentes de protones al disociarse de acuerdo a la formula:



La intensidad de la acidez depende del componente  $R^-$  de la molecula. De manera general los grupos carboxilicos son acidos más fuertes que los fenolicos.

Al presentarse un acido humico en forma disociada -- ( $R-COO^-R-O^-$ ) muestra cargas de absorción de cationes. De acuerdo a la "cubierta ionica" o sea, la participación de iones  $H(H_3O)$  y Al en la misma, se aplican los conceptos expuestos para los minerales arcillosos a la fracción humica del suelo. (7)

### 1.4.3. Sales solubles.

La presencia de sales acidas neutras o básicas en la solución del suelo es debida a la intemperización mine---  
ral, descomposición de la materia organica, y a la adi---  
ción de los compuestos fertilizantes. (12)

### 1.5. Causas de la acidificación progresiva de los -- Suelos.

La acidificación progresiva que se presenta de mane-  
ra especial en los suelos de areas tropicales humedos se-  
debe al remplazo paulatino de las bases cambiables de Ca,  
Mg, K, y Na por iones de H y Al; este reemplazo resulta -  
de la percolación de agua, extracción de cationes básicos  
por las plantas y por el uso de fertilizantes de caracter  
acido.

Bajo condiciones de alta precipitación pluvial la --  
percolación de agua a través del perfil es bastante inten-  
sa; de esta manera se lixivian gran cantidad de iones de-  
Ca, Mg, K, y Na que se encuentran disueltos en la fase li-  
quida del suelo. Estas bases son reemplazadas por iones -  
H ( $H_3O$ ) en el complejo de intercambio cationico produciendose paulatinamente una acidificación.

Las cantidades de bases extraídas por las plantas -- del suelo varían para (CaO) entre 50 y 100, para (MgO) entre 40 y 80, para ( $K_2O$ ) entre 100 y 150 y para (NaO) entre 10 y 30 Kg/Ha y cosecha. La absorción de elementos nutritivos representan en promedio entre 0.5 y 1.0 miliequivalentes de bases por 100 grs. de suelo. Estas bases extraídas se reemplazan por el H en el complejo de intercambio. Parte de ellas se reincorpora al suelo en forma de restos vegetales y en parte se les puede reemplazar en -- forma de fertilizantes. Sin embargo muchas veces resulta un balance negativo que lleva a una acidificación paulatina del suelo. (7)

Frank Etal mencionados por Fassbender (1977). Trabajaron en la detección de la acidificación progresiva de los suelos debido a la extracción de los cultivos, ellos analizaron el pH del suelo después de dos, seis y quince años de cultivo continuo de maní y encontraron que el pH original de 6.4 se acidificó a 6.2 después de dos años -- 5.9, a los seis 5.0 y a los quince años.

#### 1.6. Relación entre la acidez de los suelos y los -- fertilizantes.

Como consecuencia de la absorción de nutrientes por-

las raíces de las plantas en el suelo pueden permanecer - otros constituyentes de los fertilizantes, los cuales según su reacción pueden influir en la acidificación, alcalinización o no afectar sensiblemente la reacción del suelo.

### 1.7. Teorías respecto al efecto de los fertilizantes nitrogenados en la acidez del suelo.

El efecto de las sales de los fertilizantes nitrogenados en la reacción del suelo ha sido ampliamente estudiado.

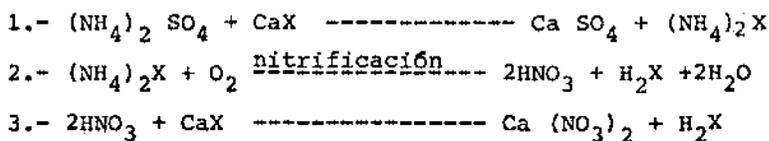
Meyer, explicado en detalle por Kappen (1927) fué -- probablemente el primero en avanzar en la teoría tocante a su acción. El clasificó los fertilizantes como fisiológicamente ácidos, neutros y alcalinos. Dependiendo si la planta absorbida la parte básica, la parte ácida o ambas partes de las sales en su nutrición. El creía que porque las plantas utilizan el potasio del cloruro de potasio y no el cloro, esta sal era fisiológicamente ácida, dejando un residuo hidrociorado en el suelo.

Por otra parte consideró el nitrato de sodio como fisiológicamente básico puesto que las plantas utilizan el-

nitrato y no el sodio.

Hall (1920) explicó el efecto del sulfato de amonio como sigue: "La acidez del suelo en donde las sales de amonio han sido usadas es debida al ataque de varios microhongos; ya que estos toman el nitrógeno para su nutrición y dejan libres los ácidos con los cuales el amonio está combinado".

Pierre (1928), apoyándose en los trabajos de Page -- mencionados por él, explicó que las sales de amonio adicionadas al suelo llevan a cabo un intercambio con el complejo de absorción. El explicó su teoría de esta forma: - "El complejo de absorción del suelo puede ser representado por la fórmula  $CaX$  en la cual el  $Ca$  representa las bases intercambiables con los cuales los aniones insolubles  $X$  están combinados en forma intercambiable. Asumiendo para facilitar la discusión que la  $X$  puede solo combinarse con un  $Ca$ . cuando el  $(NH_4)_2 SO_4$  es adicionado al suelo la siguiente reacción tiene lugar.



Como resultado de la reacción representada en la --- ecuación uno es evidente que la acidez no se ha desarro-- llado. El  $(\text{CaSO}_4)$  puede ser al pasar a la solución lixi-- viado fuera del suelo. El Calcio ha sido reemplazado del complejo de intercambio por el  $\text{NH}_4^+$ . Como resultado de la nitrificación se ve que dos moléculas de ácido nítrico y una molécula de ácido dibásico son formadas. El ácido nítrico puede más tarde reaccionar con otra molécula de ---  $(\text{CaX})$  formando  $(\text{CaNO}_3)$  en la cual el nitrato puede ser to mado por las plantas y otra molécula de  $(\text{H}_2\text{X})$  formada. De esta forma de una molécula de sulfato de amonio dos moléculas de ácido dibásico son eventualmente formadas. Esto nos muestra con bastante precisión que ocurre cuando el - sulfato de amonio es adicionado al suelo, pues es bien co nocido que la absorción por el suelo del amonio, del sul fato de amonio es muy rápida.

Por otra parte el 51% del nitrógeno puede que sea to mado como  $\text{HNO}_3$  por la planta, así solo una molécula de -- ácido nítrico representada en la ecuación dos, reacciona ría más tarde con  $\text{CaX}$  como la ecuación tres; y solo una - mitad o molécula de  $\text{H}_2\text{X}$  sería formada.

Mucho espacio en la literatura ha sido dedicado a -- los cambios químicos y físicos que tienen lugar cuando el

sulfato de amonio es adicionado al suelo.

Volk y Tidmore (1946) señalan que el sulfato de amonio aumento la cantidad de  $H^+$  intercambiable a 0.78 meq/-100 grs. de suelo por solo 0.17 meq. ocasionada al usar urea. Asi mismo encontraron que un incremento en el  $H^+$  intercambiable en el suelo esta usualmente acompañado por una disminucion en el  $Ca^{++}$  intercambiable y viceversa pero hay poca o ninguna relacion entre el  $H^+$  intercambiable y la cantidad de  $Mg^{++}$  y  $K^+$  intercambiables.

Resultados similares encontró Walcott (1964), él indico que en un experimento de 5 años la perdida de bases en una capa de suelo de 15 pulgadas fué equivalente a --- 1 1/3 tn/Acre de gal donde se uso sulfato de amonio. La perdida más pequeña para un material acidificante fue sobre 1/2 Ton. para la urea. Calcio y Magnesio fueron bases perdidas mientras que el Potasio intercambiable aumentó ligeramente con el empleo de materiales acidificantes.

Asi mismo Pierre (1927) indica que los cultivos tienen un efecto insignificante en la cantidad total de acidez formada en el suelo; y que el factor más importante es la oxidación del ion amonio a ion nitrato, que produce un aumento en la concentración de iones hidrogeno.

Esto queda ilustrado por lo encontrado por Volk y Tidmore (1946) los cuales cultivando continuamente durante 13 años, sin aplicar cal ni nitrógeno observaron una disminución en el pH de solo 0.21; cuando el sulfato de amonio se aplicó en el mismo periodo a una razón de 40 kg de nitrógeno/Ha por año el pH bajo en 0.51 unidades.

El efecto acidificante de los diferentes fertilizantes amoniacales depende de la dosis y granulación de ellos el pH original del suelo y su capacidad de tampón. Esta última se determina por las características del complejo de intercambio cationico y se define como la resistencia que este presenta al cambio del pH debido a la adición de iones H u OH, existen grandes diferencias entre las capacidades tampón o buffer de los suelos y dependen de la naturaleza de su complejo coloidal organico y mineral. (7)

Los suelos arenosos con una capacidad buffer baja están expuestos a sufrir cambios en la reacción de menos tiempo y en mayor area que los suelos arcillosos fuertemente tamponados. Esto ha sido demostrado por Pierre (1927) quien menciona que en un suelo arenoso con subsuelo del mismo tipo encontró cambios de 0.45 unidades de pH en la profundidad comprendida de 30.48 a 45.72 cms, el

cambio para la capa superficial que era de 0-15.24 cms. -  
fué de 0.6 unidades.

En cambio en un suelo que hasta una profundidad de -  
20 cms. era de textura migajón arenoso, y de 20-91 cms. -  
de textura migajón arcilloso encontró cambios de 0.85 uni  
dades en la capa de 0-20 cms. y de 20-30 cms. el cambio -  
fué de 0.45 unidades.

Por último en un suelo de textura ligeramente arci--  
llosa en la capa superficial y que a los 20 cms. era to--  
talmente arcilloso encontró los siguientes cambios: de --  
0.4 unidades en los primeros 20 cms. no habiendo cambios--  
a una profundidad mayor, cabe aquí mencionar que la canti  
dad de sulfato de amonio que se aplicó fué diferente en -  
los 3 casos: en el primer suelo aplicó 840 kg/Ha en el se  
gundo 3531 kg/Ha y en el tercero 1726 kg/Ha. El tiempo--  
que duró el experimento para cada caso fué de 1, 2 y 12  
años respectivamente.

Walcott (1964) aplicó un total de 1 681 Kg de N/Ha -  
en 5 años en un suelo migajón arenoso y encontró que los-  
cambios con respecto al suelo testigo fueron de 1.9 unida  
des de pH para la capa de 0-12.5 cms, de 2.0 unidades pa-  
ra la capa de 12.5-25 cms y de 1.3 para la capa de 25----

37.5 cms, en las parcelas donde se aplicó sulfato de amonio.

Paden (1937) trabajó en algodón en un suelo migajón-arcillo arenoso en el cual aplicó un total de 280 kg/Ha - de Nitrógeno en forma de sulfato de amonio, en 8 años y - encontró que las parcelas donde se aplicó este tuvieron - un incremento de 0.32 unidades de pH con respecto a la -- parcela testigo, concluye que esto se debió a la textura-arcillosa del suelo, en donde se llevo a cabo el experi--mento así como a la baja dosificación de sulfato de amonio.

Trogdon y Volk (1949) aplicando 161 kg de N/Ha en -- forma de sulfato de amonio a un suelo aluvión margoso en banda y en el fondo del surco, encontrarón que de 2.5-7.5 cms por encima de la banda hubo un cambio de 0.3 unidades de pH, de 7.5-12.5 no hubo cambio, señalan que por abajo de la banda de 0.5-7.5 cms hubo un cambio de 0.50 unidades de pH, y de 7.5-12.5 el cambio fué de 0.30. Los cambios a un lado de la banda fuerón de 0.4 unidades de pH a una distancia de 2.5-7.5 cms, de 0.3 unidades a una distancia de 7.5-12.5 cms, las muestras se tomarón a los dos meses de aplicación. El pH del suelo al inició del experimento erá de 5.0 aproximadamente concluyen que no se die-

ron cambios mayores debido a la condición originalmente -  
ácida del suelo.

Por otro lado Volk y Tidmore (1946) analizando muestras de un suelo muy fino de migajón arenoso tomadas del lomo del surco y de los entresurcos encontraron que en -- donde se aplicó el sulfato de amonio a una proporción de 40 Kg de N/Ha anualmente durante 15 años el pH bajo en re lación con la parcela no fertilizada 0.90 unidades en el lomo del surco y 0.80 unidades en el entresurco la textu ra del suelo era migajón arenoso y los cultivos eran una rotación de maíz-algodón.

Por otra parte una disminución en el pH del suelo -- provocado por el uso continuo de sulfato de amonio trae - consigo mismo efectos detrimenales en el suelo como los señalados por Trogdón y Volk (1949) los cuales encontra rón que el sulfato de amonio ocasiona una marcada disminu ción en el Fosforo disponible debido a un incremento en - la acidez con un consecuente empobrecimiento del suelo -- con respecto al Calcio y una última formación de fosfatos de Hierro y Aluminio.

Así mismo Aldrich ET AL, (1945) en un estudio para - determinar los efectos de los fertilizantes y correctores

del suelo en parcelas de irrigación, encontrarón marcados cambios físicos y químicos despues de 16 años de trata--- miento, señalan que el grado de percolación de agua a tra--- vés de los suelos fertilizados con nitrato de sodio o sul--- fato de amonio, es marcadamente menor que los fertiliza--- dos con nitrato de calcio. Indica que es probable que la--- reducción del movimiento del agua en los suelos con nitra--- to de sodio y sulfato de amonio sea debido al menos en --- parte a una disminución en el espacio de macroporos produ--- cidos por degradación estructural. Datos químicos sugie--- ren que la pobre condición física de la parcela de nitra--- to de sodio es debida a una desfavorable relación Calcio- Sodio. En tanto que la pobre condición física de la parce--- la de sulfato de amonio es aparentemente debida a la ac--- ción dispersante del ion amonio, el cual se vigoriza en --- el complejo de cambio, como resultado de una reducción de la habilidad de los organismos del suelo para nitrificar--- el amonio de un pH bajo (4.0-4.1) producido por la conti--- nua aplicación de sulfato de amonio.

Asi mismo Naftel (1931) había encontrado que el sul--- fato de amonio no es nitrificado en un pH de aproximada--- mente 4.0; señala que los suelos que tienen un pH de apro--- ximadamente 5.0 muestran un incremento en la nitrifica--- ción a no ser que su contenido de Calcio sea bajo. Y que---

a pH de 6.5 se desarrolla optimamente la nitrificación. -  
Concluye que en la mayoría de los casos las plantas cre-  
cen mejor a pH de 6.5 que en reacciones más ácidas; esto  
puede ser debido a que hay Calcio disponible para las ---  
plantas en pH altos o a que la nitrificación ocurre más -  
rápidamente suministrando a las plantas más materia orgá-  
nica,

De este modo con todo lo anteriormente citado es ---  
obvio suponer que el uso continuo de sulfato de amonio --  
sin adicionar la cal equivalente para neutralizar su efec-  
to acidificante producirá una disminución en el rendimien-  
to, en los suelos Faeozem, de pH bajo.

Refiriéndose al rendimiento de los cultivos por el -  
uso continuo de sulfato de amonio, se ha encontrado que -  
las fuentes no formadoras de ácidos producen un promedio-  
de alrededor de 112 kgs. de semilla de algodón y 235 kgs.  
de maíz más por Ha. que el obtenido fertilizando con sul-  
fato de amonio. (27)

Resultados similares obtuvo Davis (1938) quien men-  
ciona que el promedio en rendimiento para algodón en 10 -  
años tomando como base la producción de la parcela ferti-  
lizada con nitrato de sodio como 100%, obtuvo en tanto un

rendimiento con sulfato de amonio de 89%, así mismo el --  
rendimiento en el decimo año para la parcela fertilizada-  
con éste último fué de 85%. Cuando se adicionó  $\text{CaCO}_3$  para  
contrarestar el efecto acidificante del sulfato de amo---  
nio, se obtuvieron rendimientos ligeramente mayores a los  
obtenidos por los fertilizantes no formadores de ácido.

## 2.- Materia orgánica del suelo.

### 2.1. Importancia de la materia orgánica.

La materia orgánica se ha denominado "La sangre vi--  
tal del suelo", tiene una gran importancia sobre las pro-  
piedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (17)

La materia orgánica del suelo proviene de las rai---  
ces, residuos de plantas y organismos vivientes o muertos  
del suelo. Los suelos minerales contienen menos del 20% -  
de materia orgánica mientras que los suelos orgánicos ---  
(turbas y mucks) contienen más del 20% de materia orgáni-  
ca.

La acumulación de materia orgánica es favorecida en-  
areas de precipitación abundante, baja temperatura, vege-  
tación nativa de pastos o drenaje deficiente. La propor--

ción en que se descompone la materia orgánica es la clave de su acumulación en el suelo. Por ejemplo los suelos de tundra acumulan una capa de materia orgánica aunque la producción vegetal sea mínima, debido a que el proceso de descomposición es lento por efecto de la baja temperatura.

Los suelos minerales con suficiente materia orgánica permiten un laboreo eficiente. El laboreo o labranza se refiere a la operación de trabajar al suelo. La materia orgánica mejora las condiciones estructurales de los suelos arenosos como arcillosos. El bajo grado de cohesión y plasticidad de la materia orgánica afloja los suelos de textura fina al compensar la alta cohesión y plasticidad del arcilla. Los suelos arenosos que tienen muy poca cohesión y plasticidad son ligados por la materia orgánica, un buen abastecimiento de materia orgánica también mejora la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos.

Varios macronutrientes que sirven de alimento a las plantas como el N, P, y S son constituyentes de la materia orgánica. Más del 99% del N total, del 33 al 67% del Fosforo total y alrededor del 75% del Azufre total se encuentran en la materia orgánica del suelo. Estos nutrientes llegan a una condición aprovechable a través de las -

actividades de la descomposición por los microorganismos.

(17)

La materia orgánica posee propiedades de intercambio de cationes similares a las de las partículas de la arcilla. La descomposición de la materia orgánica produce  $\text{CO}_2$  que forma el  $\text{H}_2\text{CO}_3$  en el suelo, éste ácido aumenta la solubilidad de muchos compuestos del suelo aumentando así la aprovechabilidad de nutrientes.

El Nitrógeno para la formación de proteínas y otros nutrientes también son obtenidos de la materia orgánica del suelo. La mayoría de los organismos del suelo prefieren condiciones de buena aireación. La materia orgánica favorece las relaciones adecuadas de aire y humedad para muchos organismos a través de su efecto en la estructura del suelo. (9)

La liberación del Nitrógeno de la materia orgánica del suelo durante el periodo de desarrollo de los cultivos depende del porcentaje de materia orgánica presente, de la acción de las bacterias, de la textura del suelo, de la temperatura y condiciones de humedad existentes.

Los Kgs. de Nitrógeno por Ha. liberados durante un -

periodo de desarrollo de plantas anuales puede variar de 15 en migajones arcillosos bajos en materia orgánica, a 110 en migajones limosos altos en materia orgánica, como se puede ver en el cuadro No. 1. (17)

CUADRO No. 1 NITROGENO LIBERADO DE LA MATERIA ORGANICA --  
DEL SUELO DURANTE EL PERIODO DE DESARROLLO --  
DE UN CULTIVO.

| MO DEL SUELO % | NITROGENO LIBERADO EN KG/Ha |               |           |
|----------------|-----------------------------|---------------|-----------|
|                | FRANCO                      | FRANCO LIMOSO | ARCILLOSO |
| 1              | 50                          | 20            | 15        |
| 2              | 100                         | 45            | 40        |
| 3              | ---                         | 68            | 45        |
| 4              | ---                         | 90            | 75        |
| 5              | ---                         | 110           | 90        |

Antes de estudiar el mantenimiento práctico de la materia orgánica del suelo será mejor pasar brevemente revista a todo lo que se a supuesto sobre este constituyente tan importante. (5)

Las influencias más importantes pueden ser ordenadas como sigue:

- 1.- Efectos sobre el color del suelo: marrón o negro.
- 2.- Influencias sobre las propiedades físicas.
  - a) Granulación aumentada.
  - b) Plasticidad, cohesión etc. reducidas.
  - c) Capacidad de retención de agua aumentada.
- 3.- Alta capacidad de absorción de cationes.
  - a) dos o tres veces superior a la de los minerales coloidales.
  - b) Cantidades del 30 al 90% del poder absorbente de los suelos minerales.
- 4.- Abastecimiento y asimilación de nutrientes.
  - a) Fácil reemplazamiento de cationes presentes.
  - b) N, P, y S mantenidos en formas orgánicas.
  - c) Extracción de elementos minerales por los humus ácidos.

#### 2.2. Factores que afectan el contenido de materia orgánica del suelo.

Jenny mencionado por Fassbender (1975) señala que los contenidos de materia orgánica y Nitrógeno los determinan en primera instancia, el clima y la vegetación y los afectan otros factores locales como el relieve, el material parental, y la duración de explotación de los suelos.

Fassbender (1975) señala que los factores ecológicos; temperatura y precipitación pluvial influyen tanto la producción de restos vegetales y animales que se incorporan al suelo, como la velocidad de su mineralización, esta se inicia a 10°C y aumenta hasta alcanzar su máximo entre 30 y 40°C de esto resulta que a temperaturas relativamente bajas se producen más restos de los que se mineralizan y a temperaturas mayores de 25-28°C la materia orgánica disminuye, lo que implica que la temperatura crítica es aproximadamente 25°C es decisiva en la producción y degradación de los restos vegetales.

Entre los factores locales que influyen el contenido de materia orgánica de los suelos esta el relieve, la exposición e inclinación de los suelos influyen por un lado en el microclima y determinan también en parte el grado de erosibilidad de los suelos. Como efecto de la erosión se depositan en el fondo de los valles, las capas superficiales de los suelos de las zonas altas, que provocan un aumento del contenido de Carbono en ellos y una disminución en las cimas de las colinas. Este efecto se ha comprobado repetidas veces en el estudio de catenas en suelos del trópico.

Por otro lado hay que considerar al material paren-

tal de los suelos que tienen un efecto directo sobre el contenido del carbono. Rocas ricas en minerales y en elementos nutritivos como las cenizas volcánicas permiten el desarrollo de una vegetación exuberante con una alta producción de restos vegetales con un resultado de grandes contenidos de materia orgánica. En sedimentos meteorizados y traslocales que son pobres en elementos nutritivos especialmente en Calcio, Magnesio, y Potasio se desarrollan formaciones vegetales esporádicas que implican contenidos bajos de Carbono.

Entre las características intrínsecas de los suelos hay que considerar especialmente el contenido y tipo de las arcillas. Es de esperar que al aumentar el contenido de minerales arcillosos de los suelos se obtenga un efecto de estabilización de la materia orgánica y un aumento de su contenido.

La reacción del suelo influye igual en el contenido de la materia orgánica por lo general se ha encontrado que en suelos ácidos a valores de pH menores de 5.0 se produce una acumulación de la materia orgánica que se debe a diferentes razones: Por un lado el pH influye en el contenido y composición de los microorganismos de los suelos, bajo condiciones ácidas se limita la acción bacteriana

na y de la macroflora y se favorece la reproducción de -- hongos, resultando una menor eficiencia en la mineralización y humificación, con la consecuente acumulación de la materia orgánica, por otro lado la reacción del suelo, de termina la saturación del complejo de intercambio de los suelos; bajo condiciones acidas aumenta el Aluminio inter cambiante que tiene un efecto estabilizante de los complejos organominerales y también se producen deficiencias en Calcio y Magnesio para los microorganismos llevando igual mente a una acumulación del Carbono.

Los diferentes factores enumerados debidos a sus influencias unidas e interdependientes, son difíciles de va lorar individualmente. Sin embargo, colectivamente determinan de una manera definitiva el nivel al cual el Nitrógeno y la materia orgánica pueden llegar a estar más o me nos estabilizados en cada caso particular. Como puede su ponerse este nivel diferente en los diversos suelos y cam biará en cada uno según los cambios en su cubierta vegeta tiva y otros detalles de los cuidados para con la planta.

### 2.3. Descomposición de la materia orgánica del sue-- lo.

La descomposición de la materia orgánica es en pri--

mer lugar un proceso biológico que implica a los organismos del suelo. Algunas actividades químicas tales como la hidrólisis y solución, y cambios físicos también ocurren. (17)

Las clases de organismos del suelo activos en el proceso de descomposición son gobernados por la naturaleza química de los residuos orgánicos y condiciones del suelo. (17)

Merkle (1919) menciona que las legumbres que tienen un alto contenido de Nitrógeno muestran un mayor grado de descomposición que las pajas de cereales bajos en Nitrógeno. La relación de Carbono/Nitrógeno es variable en el sustrato a mineralizarse de acuerdo con las especies y la edad de las mismas. Plantas jóvenes y gramíneas generalmente presentan relaciones Carbono/nitrógeno alrededor de 20.0, al madurar un tejido baja el contenido de proteínas y minerales, aumenta el de lignina resultando un incremento de la relación Carbono/Nitrógeno a valores mayores de 30.0, así decrece la susceptibilidad del sustrato a descomponerse.

Sin embargo la teoría de la relación Carbono/Nitrógeno no siempre es sostenida Waksman y Tenny mencionados --

por Martín (1932) encontraron que aunque las hojas de roble contienen más Nitrógeno que los tallos de maíz; el grado de descomposición de las primeras es considerablemente más bajo debido a su alto contenido de lignina y a que las hojas de roble contienen taninas las cuales son tóxicas para los microorganismos; estos factores contribuyen a retardar la descomposición.

Así mismo Martín (1932) encontró que el follaje de las plantas se descompone más rápidamente que las raíces debido a que estas últimas tienen un alto contenido de lignina.

La cantidad de material adicionado al suelo también afecta la velocidad de descomposición; Broadbent y Bartholomew (1948) encontraron que el grado de descomposición de la paja de avena fué inversamente proporcional a la cantidad adicionada, es decir un menor grado de descomposición ocurre cuando una mayor cantidad de paja es adicionada, concluyen que la actividad microbial de los suelos puede ser limitada por una combinación de factores físicos y biológicos los cuales restringen el crecimiento microbial en proporción al espacio disponible.

Otro aspecto importante para detener o acelerar la -

descomposición de los residuos orgánicos es su colocación en el suelo McCalla y Dudley (1942) encontraron que la paja del trigo solo se descompone en un 45% dejando los residuos en la superficie del suelo, mientras que cuando se incorporaron en el mismo lapso de tiempo (78 días) se descompusieron en un 82%.

#### 2.4 Efectos de los sistemas de cultivos en la materia orgánica del suelo.

Normalmente un cambio muy marcado sucede cuando un suelo virgen, ya sea bosque o pradera empieza a ser cultivado, se establecen gradualmente nuevos y más bajos niveles de materia orgánica y Nitrógeno. No es sorprendente por tanto hallar tierra cultivada con cifras mucho más bajas en materia orgánica y Nitrogéno de un 30 a 60% menos que su equivalente suelo virgen. (5)

Los sistemas de cultivo afectan a la materia orgánica del suelo debido a diversos factores:

Tisdale (1982) menciona que la labranza produce una mayor aireación estimulando más la actividad microbiana y aumenta la velocidad de desaparición de la materia orgánica del suelo.

Un sistema de cultivo con una gran proporción de sembrados en hileras determina una pérdida mucho mayor de materia orgánica que un sistema con gran proporción de cultivos densos o de césped.

Esto concuerda con lo citado por Buckman y Brady --- (1977) ellos mencionan que las siegas de los cultivos extraen tanto o más Nitrógeno que las siegas de los céspedes. Además el laboreo y otros factores de su cuidado, -- aumentan rápidamente el índice de descomposición y disgregación de la materia orgánica. Como consecuencia la razón Carbono/Nitrógeno llega a ser rápidamente más pequeña y - de éste modo se acelera una vigorosa nitrificación y una probable pérdida de nitratos por lixiviación. De esta manera los cultivos en surcos se asocian a la depreciación de Nitrógeno en lugar de a una estabilización económica y con la reducción del humus en vez de su acumulación.

#### 2.5. Efectos de los fertilizantes en la materia orgánica del suelo.

Se ha discutido mucho acerca del efecto del Nitrógeno añadido sobre la acumulación de la materia orgánica, - Van Suchtelen citado por Merkle (1919) midió el grado de descomposición de la materia orgánica por medio de la can

tividad producida de  $\text{CO}_2$ , como se sabe a mayor producción de  $\text{CO}_2$  se deduce que hay un mayor grado de descomposición, el comparó la acción de algunos fertilizantes, y en contró que el suelo tratado con sulfato de amonio produjo una mayor cantidad de  $\text{CO}_2$  864 mg. por 145 mg. del suelo - que no recibió fertilizante alguno.

Fred y Hart citados por Merkle (1919) encontraron -- que el sulfato de amonio, sulfato de potasio y los fosfatos incrementan la producción de  $\text{CO}_2$  en la materia orgánica en descomposición el primero en grado sumo.

El mismo Merkle (1919) concluyó que los fertilizantes comerciales aparentemente actúan sobre el humus del suelo descomponiéndolo más rápidamente pero no actúan sobre la materia orgánica cruda, en la misma vía.

Esto último concuerda con lo encontrado por Smith y Douglas (1968) los cuales midieron el efecto residual de las aplicaciones de fertilizante nitrogenados en el grado de descomposición de tres variedades de paja de trigo, en contrando que la descomposición se incrementó en solo una de las variedades por efectos del Nitrógeno residual.

Pink ET AL (1948) encontraron que tanto la adición -

de abonos verdes como fertilizantes químicos bajó la relación Carbono/nitrógeno de la materia orgánica del suelo,-- concluyen que la adición de fuentes de energía fácilmente disponible incrementa la oxidación del carbón en la materia orgánica original del suelo.

Por otra parte la materia orgánica es la vida del -- suelo y de su descomposición depende su fertilidad; Hopkins citado por Merkle (1919) establece que "Es la descomposición de la materia orgánica y no su mera presencia la que dá la vida al suelo".

Tisdale (1966) indica que las siguientes funciones - de la materia orgánica:

- 1.- Actúa como almacen de nutrientes; Nitrógeno, Fosforo y Azufre.
- 2.- Incrementa la capacidad de intercambio cationico.
- 3.- Proporciona energía para la actividad de los microorganismos.
- 4.- Libera bioxido de carbono.
- 5.- Estabiliza la estructura y mejora la capa cultivable de la tierra.

Dependen de la descomposición. Por lo tanto la producción de una gran cantidad de residuos y su descomposición subsiguiente son necesarias para una buena cosecha y para la utilización del suelo.

Mantener la materia orgánica con el solo objeto de mantenerla no es una buena introducción a la labranza.

Es más realista usar un sistema de utilización que de una producción provechosa mantenida a un máximo.

Tisdale (1982) menciona que la fuente más grande de materia orgánica del suelo son los residuos originados a partir de cultivos corrientes por consiguiente la selección del sistema de cultivo y el método de manejar los residuos son igualmente importantes. Un sistema adecuado y la fertilización producirán cosechas grandes, lo cual interesa ante todo a los agricultores. Los residuos orgánicos son subproductos de esta producción elevada. Por lo tanto, los suelos que son tratados para que produzcan grandes cosechas son mejorados al mismo tiempo.

Buckman y Brady (1977) citan al respecto que la más importante fuente de residuos orgánicos especialmente en los suelos arables son las propias cosechas corrientes. -

El rastreo, el segundo corte y sobre todo los restos de raíces de varias clases quedan en el suelo para descomponerse y constituyen la mayor parte de estas contribuciones. Pocos cultivadores comprenden como los residuos de los sistemas radiculares de las plantas ayudan tanto al condicionamiento de sus suelos. Sin ellos, el mantenimiento práctico de humus sería imposible en muchos casos.

#### 2.6. Efecto de los nutrientes añadidos a los vegetales.

Tisdale (1982) menciona que "La cantidad de abono y fertilizante en los sistemas de cultivo afectan no solamente a la producción de la cosecha y a su composición, sino también a la cantidad de residuos producidos en la cosecha".

Esta cantidad mayor de residuos en la cosecha causada por grandes cantidades de nutrientes es importante para el mantenimiento de la materia orgánica. Además una mayor producción implica sistemas de arraigo más amplios -- que distribuyen la materia orgánica más profundamente en el suelo.

Las pérdidas anuales de Nitrógeno del suelo y por --

tanto de la materia orgánica del suelo, disminuyen con -- adiciones grandes de Nitrógeno. Se pone de manifiesto que si las adiciones de Nitrógeno fuesen iguales a un poco ma yores que la eliminación por el cultivo, las pérdidas en el suelo se reducirían a un mínimo.

Pink ET AL (1948) encontró que la materia orgánica -- fué incrementada por las adiciones de Nitrógeno comercial debido al la adición de residuos de raíces, menciona que -- aproximadamente 40 libras de Nitrógeno por cultivo son ne cesarias para mantener el contenido de materia orgánica -- del suelo.

Sutherland citado por McVickar ET AL (1963) ha deter -- minado que el nivel de materia orgánica del aluvión margo so de Edina en Iowa puede no solo ser mantenido sino in -- crementado a través de la incorporación de residuos alta -- mente fertilizados.

Foster (1981) menciona que "Los técnicos de la Uni -- versidad de Iowa, señalan que con un cultivo intensivo se a producido una declinación de la estructura de la mate -- ria orgánica del suelo, pero la mayor parte de los estu -- dios que pusieron esto en claro se hicieron en condicio -- nes de baja fertilidad y por consiguiente de bajos rendi --

mientos. Actualmente al cultivar maíz con fertilidad adecuada y altos rendimientos se producen de 7.5 a 10 tn. de residuos por Ha. residuos que casi en su totalidad se devuelven al suelo. Esto equivale aproximadamente a la cantidad de materia orgánica que devuelve cualquier sistema de cultivo. Por lo tanto los técnicos llegan a la conclusión de que no hay ningún motivo para creer que el índice de descenso de materia orgánica existente en el suelo sea con el cultivo continuo del maíz apreciablemente mayor -- que el que se produce con casi todos los demás sistemas.

El maíz altamente fertilizado en cultivo continuo, -- así como algunos sistemas de rotación, puede aumentar la materia orgánica de suelos que al comenzar la tenían en -- un nivel bajo.

Las técnicas señalan que sin embargo no debe emprenderse el cultivo continuo de maíz excepto en terreno plano o casi plano en donde los suelos sean profundos y permeables; deben emplearse grandes cantidades de Nitrógeno y otros fertilizantes y todas las cañas de maíz deben triturarse dejándolas en el suelo durante el invierno y la -- primavera, antes de volver a hacer labores de incorporación al suelo. Se necesitan insecticidas y herbicidas y -- en pocas palabras, es preciso ser mejor agricultor para --

hacer un cultivo continuo de maíz que para cultivarlo en una rotación".

Sobre éste aspecto Bukman y Brady (1977) mencionan - que la rotación sin fertilizar maíz-trigo-zulla mantuvo - el nivel de materia orgánica igual que el terreno origi-- nal el contenido de materia orgánica del primero fué de - 36.5 Tn/Ha, en tanto que el del segundo fué de 43.2 Tn/Ha el terreno cultivado por maíz continuo sin fertilizar tu- vó al final un promedio de 15.8 Tn de materia orgánica -- por Ha.

Asimismo Tisdale (1982) menciona los trabajos de Mi- ller en suelos en los cuales la materia orgánica se había agotado antes de que empezarán los experimentos, los sis- temas de cultivo con una producción grande de césped y -- muy densos y con un mínimo de tierra cultivada pueden dar por resultado un incremento de la materia orgánica y del- Nitrógeno, en una rotación que incluye maíz-trebol-trigo+ abono, aumentó el contenido de Nitrógeno en 20 años de -- 0.139 a 0.146 en tanto que el cultivo de trebol rojo la-- brado aumentó de 0.137 a 0.170.

#### IV. MATERIALES Y METODOS.

##### 1.- Descripción de la zona de estudio.

###### 1.1. Localización.

El Mpio. de Jerecuaro Gto. esta localizado al SE del estado teniendo por límites las coordenadas geográficas - siguientes: 100'20 y 100'38.2' de longitud Oeste del meri- diano de Greenwich, además 20'01.4' y 20'25.8' de latitud Norte; la cabecera municipal esta situada en los 100'29.9 de longitud y 20'08.9' de latitud. Posee una altura prome- dio de 1,787 msnm.

###### 1.2. Límites Municipales.

Limita al Norte con el Mpio. de Apaseo el Alto al NO con el estado de Queretaro; al Este con el Mpio. de Coro- neo; al SE con el estado de Michoacán; al Sur con el --- Mpio. de Tarandacuao; al SO con el Mpio de Acambaro y al- Oeste con el Mpio de Tarimoro.

###### 1.3. Extensión Territorial.

La superficie del Mpio. comprende 828.30 Km<sup>2</sup> equiva-

lentes al 2.71% de la superficie total del estado.

#### 1.4. Climatología.

Entre los factores importantes del clima en el Mpio. tenemos que éste tiene un promedio de 819.0 mm anuales de precipitación pluvial, la evaporación promedio es de ---- 1,720.0 mm, y su temperatura media anual es de 17.6°C. Su periodo de heladas es variable pero estas ocurren con mayor frecuencia en el periodo comprendido de finales de octubre al mes de febrero.

#### 1.5. Hidrología.

Los acuíferos más importantes en el Mpio. son: El río Lerma que es la parte que señala el límite con el Mpio. de Tarandacuao; el río Tigre, formado por los arroyos; el Mezquital, Capulín, las Mangas, Puruagua, El Durazno, Agustinos, La Barranca, Tacambarillo y otros de menor importancia.

#### 1.6. Orografía.

El Mpio. de Jerecuaro se encuentra prácticamente dentro de la Sierra de los Agustinos. Por tal razón tiene --

gran cantidad de cerros y mesas. Son notables las siguientes elevaciones: Cerro Pelón, la Bufa, la Rosa, el Capulín, el Tepozan, la Cruz y otros muchos cuya importancia no es menor. La altura promedio de estas elevaciones es de 2,600 m sobre el nivel del mar.

### 1.7. Unidades de suelos.

Los suelos predominantes en el Mpio. son el Faeozem y el Vertisol algunas características de éstos suelos se dan a continuación:

#### 1.7.1. Faeozem.

(Del griego phaeo; pardo, y del Ruso tierra, zmelja literalmente tierra parda).

Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas desde zonas semiáridas, hasta templadas y tropicales muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos desde planos, hasta montañosos, pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales.

Su característica principal es una capa superficial-

oscuro suave rica en materia orgánica y en nutrientes semejantes a las capas superficiales de los Chernozems y -- Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal -- con que cuentan estos dos suelos.

Muchos Faeozem profundos y situados en terrenos planos se utilizan en la agricultura de riego o de temporal, de granos, legumbres u hortalizas con alto rendimiento. - Otros menos profundos o aquellos que se presentan en laderas con pendientes fuertes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo pueden -- utilizarse para el pastoreo del ganado, con resultados -- aceptables.

Como se vé el uso óptimo para estos suelos depende - mucho del tipo del terreno y las posibilidades de obtener agua en cada caso. Su susceptibilidad a la erosión varía - también en función de estas condiciones, su símbolo es -- (H).

Las unidades predominantes en donde se tomarón las - muestras fuerón en su mayoría Faeozem haplico (Del griego haplos; simple). Tienen solo las características para la - unidad de Faeozem sus posibles utilizaciones, productividad y tendencia a la erosión depende también de todos los

factores que se han detallado para todos los Faeozem su símbolo es (Hh).

Y algunos sitios de: Faeozem calcario (Del latín cal careum; calcareo). Se caracterizan por tener cal en todos sus horizontes son los Faeozem más fértiles y productivos en la agricultura y ganadería, cuando son profundos y planos, su susceptibilidad a la erosión es variable en función del tipo de terreno. Su símbolo es (Hc).

#### 1.7.2. Vertisol.

(Del latín verto: voltear. literalmente, suelo que se revuelve, que se voltea).

Son suelos que se presentan en climas templados y calidos, en zonas en las que hay una marcada extensión seca y otra lluviosa. La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises, en las zonas del centro y oriente de México y café rojizos en el norte.

Son pegajosos cuando estan humedos y muy duros cuando estan secos. A veces son salinos.

Una característica común de los diversos materiales originales, de los varios Vertisoles es una reacción básica. Estos materiales originales incluyen rocas sedimentarias calcareas, rocas igneas básicas; basalto, cenizas y aluviones de estos materiales, el mineral arcilloso predominante es montmorillonita.

Su utilización agrícola es muy extensa variada y productiva. Son casi siempre muy fertiles pero presentan --- ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presenta problemas de inundación y drenaje. Tienen por lo general una baja susceptibilidad a la erosión, su simbolo es (V).

La subunidad predominante en el area es el:

Vertisol pelico (Del griego pellos: grisáceo sin color). Estos son Vertisoles negros o grises oscuros que tiene como una de sus características principales grietas que se habren y cierran una vez al año y permanecen abiertas durante 60 días consecutivos o más cada año. Su simbolo es (Vp).

2.- Localización de los sitios donde se tomarón las muestras.

Los sitios donde se colectarón las muestras de suelo fuerón seleccionados, en base a la carta edafológica de -- DETENAL eligiendose 15 sitios donde predomina el suelo -- Faeozem, y 15 sitios donde predomina el suelo Vertisol, - la ubicación precisa de las localidades se muestra en la fig. No. 1; los sitios donde predomina cada tipo de suelo son los siguientes:

Sitios en donde predomina el suelo Faeozem.

- 1.- Las Moras de Tacambarillo.
- 2.- Puruaguita.
- 3.- Puruagua.
- 4.- Arroyo Hondo.
- 5.- Sabanilla.
- 6.- Banco I.
- 7.- Banco II.
- 8.- La Tomasa.
- 9.- Sta Isabel.
- 10.- Chilarillo.
- 11.- Gambuita.
- 12.- Estanzuela de Razo.

13.- Rancho Nuevo.

14.- La Yerbabuena.

15.- Ojo de Agua.

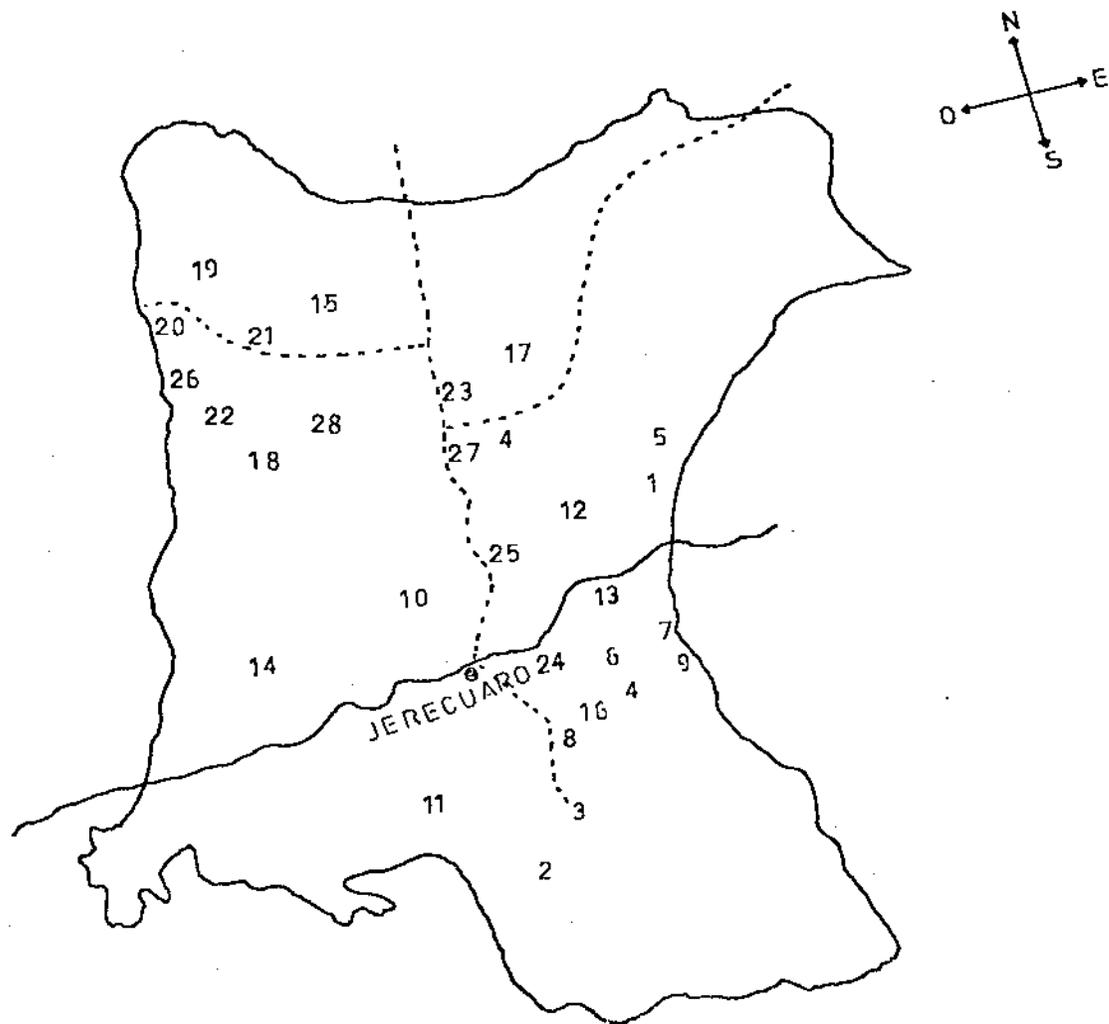


FIG. 1 LOCALIZACION DE LOS SITIOS DONDE SE COLECTARON LAS MUESTRAS

Sitios en donde predominan el suelo Vertisol.

16.- San Miguel Ejido Casas Blancas.

17.- Zomayo.

18.- San Lucas.

19.- San Pedro.

20.- La Joya I.

21.- San José de Peña.

22.- La joya II.

23.- Salto de Peña.

24.- Piedras de Lumbre.

25.- San Ignacio.

26.- El Clarin.

27.- Estanzuela de Romero.

28.- La Lúz de Peña.

29.- La Ceja.

30.- La Lúz de Juarez.

3.- Metodo para tomar las muestras.

En cada sitio se buscaron suelos con diferentes perio-  
dos de fertilización, de preferencia el suelo que tuviera-  
más tiempo de aplicarsele fertilizante en el lugar; otro -  
que tuviera la mitad de tiempo o mínimo dos años menos que  
el más fertilizado.

Las muestras representativas de la capa arable donde año con año el suelo es modificado por las practicas de producción agrícola, fuerón tomadas a la profundidad de 0-20 cms en tres puntos distribuidos al azar, en cada sitio las tres submuestras se mezclaron para obtener una muestra compuesta.

Las muestras de cinco sitios de cada tipo de suelo, no se mezclaron y fuerón analizadas por separado, y para hacer las relaciones con las variables en estudio, se tomarón como muestras individuales y despues se tomó el promedio de las tres muestras para compararla con las muestras que si fuerón mezcladas.

Al mismo tiempo que se tomarón estas muestras se tomó una en la "calle" u "orilla", de la parcela en donde se sabe nunca se ha fertilizado con el objeto de comparar por medio de correlación y regresión simple las modificaciones que ha sufrido el suelo en el pH y contenido de materia orgánica.

Teniendo como variables para tratar de determinar los cambios en pH y materia orgánica las siguientes:

Para pH

- Número de años de aplicación de fertilizantes nitrógenados-DpH.
- Materia orgánica-DpH.
- CIC-DpH.

Para Materia Orgánica.

- Número de años de aplicación de fertilizantes nitrógenados-DMO,
- CIC-DMO.

#### 4.- Tecnología actual en la zona de estudio.

En el area de estudio como ya se mencionó anteriormente el agricultor cuenta en la mayoría de los casos con tierras de temporal, siendo casi general el uso de animales (mulas, en su mayoría) para arar la tierra, las actividades que realizan los agricultores en el cultivo del maíz son las siguientes: barbecho, cruza, corte de surco, siembra, aplicación de fertilizantes, escarda, tablón (segunda escarda), desquelite y cosecha.

Por otra parte en cuanto a cultivos en rotación en -

el Mpio. se tiene que un 50% de los suelos Faeozem se ---  
siembran con maíz frijol en asociación, no habiendo cultiu  
vo en invierno dejandose descansar la tierra un año en --  
promedio de cada 8 años o más. El otro 50% de suelos de -  
éste tipo se siembra exclusivamente con maíz, teniendose-  
más o menos el mismo lapso de descanso, las aplicaciones-  
de fertilizante varían de 300 a 1000 kg/Ha. habiendo una-  
media de 550 kg. aproximadamente.

En tanto que el area en donde predominan los suelos-  
Vertisol se cultiva en un 100% de los casos con maíz-fri--  
jol asociados el ciclo de primavera-verano, además cuando  
el temporal es bueno se siembra garbanzo como cultivo de-  
invierno con la humedad residual. El promedio de descanso  
de estos terrenos es semejante al de los suelos Faeozem.-  
En tanto que las cantidades aplicadas de fertilizantes --  
por año tienen una media de 530 kg/Ha en los suelos mues-  
treados. Cabe mencionar que esta cantidad se subdivide en  
dos terceras partes de sulfato de amonio y una tercera --  
parte de superfosfato de calcio simple. Lo mismo ocurre -  
con la cantidad de fertilizantes mencionada para los sue-  
los Faeozem.

En cuanto a la densidad de plantas/Ha. en maíz es va  
riable, pues la distancia entre surcos varía desde 65-95-

cm. y la distancia entre matas varia de 35-50 cm. así se han encontrado densidades desde 27,000 a 45,000 plantas/Ha. al momento de la cosecha.

5.- Breve descripción de la metodología empleada para analizar las muestras.

5.1. Reacción del suelo - pH (1:2).

Se preparo una suspensión de 10 grs. de suelo y 20 ml de agua destilada; se agito con una varilla de vidrio, se dejo reposar una hora y posteriormente se tomo la lectura.

5.2. Materia orgánica.

Metodo de combustión húmeda de (Walkley-Black) la materia orgánica se determinó por el metodo de combustión - húmeda propuesto por Walkley-Black el procedimiento se basa en la determinación del carbono orgánico, multiplicando la cifra obtenida por 1.724.

5.3 Textura.

El metodo empleado para determinar la textura de los suelos muestreados, fué el del Hidrometro que tiene como-

pasos basicos los siguientes:

- 1.- Colocar 50 grs. de suelo en un vaso de precipitado de 400 mls.
- 2.- Agregar 100 mls. de agua.
- 3.- Transferir a la copa de agitación agregando 50 mls. de Hexametafosfato de sodio.
- 4.- Agitar durante 15 min. con el dispersor mecánico.
- 5.- Transferir la suspensión a la probeta Bouyoucos.
- 6.- Se agita la suspensión vigorosamente durante un min. con un agitador de placa perforada, se introduce cuidadosamente el Hidrometro y se toma la primera lectura a los 40 seg se toma también la temperatura.
- 7.- Se toman nuevamente las lecturas a las dos horas de haber tomado las primeras.

#### 5.4. Capacidad de intercambio cationico.

Metodo de saturación con amonio seguida de una destilación Kjeldahl.

Metodo utilizado por el laboratorio de suelos del INIA por el cual se sigue el siguiente procedimiento: Se-

pesaron 5 grs. de suelo en vasos de 250 mls. se agregan - 100 mls. de acetato de amonio y agitar, se dejo reposar - durante la noche. Enseguida se filtro con bomba de vacio - y se lavo con agua destilada el precipitado. Se recogió - el precipitado junto con el papel filtro y se llevo a una destilación.

#### Destilación.

El papel filtro con el precipitado se coloco en el - matraz Kjeldhal, se añadió 200 mls. de agua destilada, 5 - perlas de vidrio, y se agito para disolver la muestra. Se añadió 3 mls. de alcohol isopropilico y lentamente por -- las paredes del matraz 100 mls. de NaOH al 45% y algunas - granallas de Zinc (perdigones). Se coloco el matraz en el destilador, se agito y recibio el amoniaco destilado en - un matraz de Erlenmeyer de 250 mls. que contenía 50 mls. - de ácido borico al 4% y 3 gotas de indicador. Se obtuvo - un volumen de aproximadamente 150 mls. y titule con HCL - al 0.1 N. aproximadamente.

Vire: Verde-----Gris-----Rosa ligero

Calculos:

$$\text{CIC (Meq/100 grs.)} = \frac{(\text{ml HCL}) (\text{NHCL}) \times 100}{\text{grs. muestra.}}$$

## V. RESULTADOS Y DISCUSION.

1.- Caracterización de los suelos de acuerdo a su nivel de pH y contenido de materia orgánica.

En las localidades en donde predomina el suelo Faeozem los valores de pH varían de 4.60 para un sitio de la localidad de Chilarillo hasta 7.41 para uno de los sitios de la localidad de la Estanzuela de Razo. En tanto que en las localidades en donde predomina el suelo Vertisol el pH más bajo fue de 5.05 para el Clarín y el más alto fue de 7.68 para uno de los sitios de Sn. José de Peña.

La clasificación de los suelos de acuerdo a su pH -- propuesto por Troug mencionado por Fassbender (1977) así como el porcentaje de suelos Faeozem y Vertisol de los 30 sitios que caen en cada rango se da en el Cuadro No. 2

CUADRO No. 2 CARACTERIZACION DE LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL DE LOS 30 SITIOS MUESTREADOS SEGUN SU NIVEL DE PH.

| CATEGORIA             | pH         | % SUELO<br>FAEOZEM | % SUELO<br>VERTISOL |
|-----------------------|------------|--------------------|---------------------|
| Muy acido             | > 5.5      | 43.3               | 6.6                 |
| Acidez media          | 5.51 - 6.0 | 16.0               | 6.6                 |
| Acidez debil          | 6.01 - 6.5 | 23.3               | 20.0                |
| Acidez muy debil      | 6.51 - 7.0 | 10.0               | 56.6                |
| Alcalinidad muy debil | 7.01 - 7.5 | 6.66               | 6.6                 |
| Alcalinidad debil     | 7.51 - 8.0 | ----               | 3.3                 |
| Alcalinidad media     | 8.01 - 8.5 | ----               | ---                 |
| Muy alcalino          | < 8.51     | ----               | ---                 |
| Total                 |            | 99.26              | 99.7                |

Generalmente se acepta que las plantas pueden desarrollarse optimamente a un pH que va de 6.0-7.5 (Fassbender). De acuerdo a esto un 60% de los suelos Faeozem pueden presentar problemas para un desarrollo óptimo de los cultivos en tanto que solo un 16.5% de los suelos Vertisol presentan esta condición. En el caso de los suelos Faeozem el problema es exclusivamente de acidez; en tanto que para los suelos Vertisol se presentó en las muestras estudiadas un 3.3% con problemas de alcalinidad.

Como se mencionó la utilización del sulfato de amonio como fuente de Nitrógeno en el area de estudio es general, por lo tanto su uso continuo tendera a hacer más detrimental la condición de los suelos Faeozem.

Davis (1938) menciona que el rendimiento de algodón-fuè de 85% fertilizando con sulfato de amonio, en un suelo que a causa de su utilización tenía un pH de 5.5, el rendimiento es relativo al rendimiento de la parcela fertilizada con nitrato de sodio que tenía por la aplicación de este fertilizante un pH de 6.4; señala que cuando se adicionó cal en la parcela del sulfato de amonio, el rendimiento aumentó a un 111% con respecto a la parcela de nitrato de sodio, es decir obtuvo un rendimiento ligeramente superior al de la parcela de nitrato de sodio que era 100%. Esto nos hace suponer que un 60% de los suelos Faeozem están obteniendo rendimientos más bajos del óptimo por efecto de la reacción del suelo. Además de que es probable una mayor reducción en la reacción, si se sigue utilizando sulfato de amonio como fuente de fertilizante, o no se hacen aplicaciones de cal para contrarrestar su efecto acidificante.

En cambio un 86% de los suelos Vertisol tienen una reacción óptima para obtener buenos rendimientos con sulfato de amonio como fuente de fertilizante nitrogenado -- además de que estos suelos están mejor tamponados que los Faeozem y pueden no sufrir cambios fácilmente por el uso de sulfato de amonio como fuente de Nitrógeno.

Por otra parte en cuanto el contenido de materia orgánica en los suelos Faeozem el valor más bajo fué de --- 0.58 para un sitio de Rancho Nuevo y la Tomasa, el valor más alto fué para uno de los sitios del Banco I cuyo valor fué de 2.97. En tanto que el valor más bajo en los -- suelos Vertisol fué de 0.71 para uno de los sitios de Salto de Peña. Y el valor más alto fué de 4.46 para uno de los sitios de la Joya II. La clasificación de suelos de acuerdo a su contenido de materia orgánica según Walkley-Black así como el porcentaje de suelos Faeozem y Vertisol que caen en cada rango se dá en el cuadro No. 3.

CUADRO No. 3 CARACTERIZACION DE LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTISOL DE LOS 30 SITIOS MUESTREADOS SEGUN SU CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA.

| CLASIFICACION        | % DE MO    | % DE SUELOS FAEOZEM | % DE SUELOS VERTISOL |
|----------------------|------------|---------------------|----------------------|
| Extremadamente pobre | >0.6       | 6.6                 | ---                  |
| Pobre                | 0.6 - 1.20 | 23.3                | 6.6                  |
| Medianamente pobre   | 1.21- 1.80 | 33.3                | 33.3                 |
| Mediano              | 1.81- 2.40 | 23.3                | 46.6                 |
| Medianamente rico    | 2.41- 3.00 | 13.3                | 6.6                  |
| Rico                 | 3.01- 4.20 | ---                 | 3.3                  |
| Extremadamente rico  | < 4.20     | ---                 | 3.3                  |
| Total                |            | 99.8                | 99.7                 |

Como se puede apreciar los suelos Vertisol contiene más materia orgánica que los Faeozem pues mientras que al rededor de un 60% de los suelos Vertisol contienen niveles adecuados de materia orgánica solo un 37% de los suelos Faeozem caen dentro de este rango. Como ha sido mencionado por algunos autores (2,7,17) bajo condiciones similares un suelo limoso arcilloso, tendría mayor contenido de materia orgánica. Esto se debe a la formación de complejos organominerales, y la mayor posibilidad de presentarse malas condiciones de aereación que no favorecen la mineralización. En base a esto podemos pensar que bajo condiciones iguales en cuanto a contenido de materia orgánica, los suelos Faeozem liberarían mayor cantidad de Nitrógeno para un ciclo de cultivo que los suelos Vertisol, sin embargo estos últimos son más ricos en materia orgánica, que los primeros de acuerdo a los datos obtenidos; de esta forma si tomamos como media el 46% de los suelos Vertisol que caen en el rango de 1.81-2.40 en porcentaje de materia orgánica tenemos que según Ankerman (1975) suelos arcillosos con este contenido de materia orgánica liberan de 67 a 90 kg de N/Ha por ciclo. En tanto que si tomamos como media la mayoría de los suelos Faeozem que serían el 33% que cae en el rango de 1.21-1.80 liberarían de 78-95 Kg de N/Ha por ciclo. Como se puede apreciar ambos suelos liberan de acuerdo a lo establecido por Ankerman más o me

nos la misma cantidad de Nitrógeno por ciclo.

El pH, materia orgánica y textura de los suelos de las muestras analizadas por localidades se da en el cuadro No. 4 (apendice).

2.- Influencia del sulfato de amonio en el pH y materia orgánica de dos unidades de suelo Faeozem y Vertisol.

Como se mencionó anteriormente, además de las muestras que se tomaron de las parcelas, se tomó una muestra en la orilla de cada parcela para comparar el efecto del sulfato de amonio en ambos tipos de suelos. Así mismo en cinco localidades de cada unidad de suelo no se mezclaron las tres muestras que se tomaron de la parcela y se comparan individualmente con las muestras de la orilla. Para poder hacer esta comparación se restó el pH de la orilla a la de la parcela y a la diferencia (DpH) se analizó por medio de correlación y regresión simple con el número de años fertilizados, CIC, y contenido de materia orgánica. Los resultados en cuanto a pH, DpH, número de años de aplicación de fertilizante nitrogenados, materia orgánica, DMO y CIC por separado de los cinco sitios de cada tipo de suelo, en donde no se mezclaron las muestras y los

diez sitios de cada tipo de suelo donde sí se mezclaron, en esta última además los promedios de los resultados de los sitios donde no se mezclaron las muestras, se da en el cuadro No. 5. Se hizo la misma operación con los resultados en cuanto a materia orgánica de los suelos de las parcelas y de las orillas para obtener el valor DMO el cual también se incluye en el cuadro No. 5 (apendice).

2.1. Cambios en el pH del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitrogenado en suelos Faezem.

En este tipo de suelo, en los 5 sitios al relacionar las variables; número de años vs DpH, se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = + 0.4530$ ; que es significativo al 5%; la relación observada fue  $\bar{Y} = 0.0150 + 0.0266X$ ; --- siendo la correlación positiva esto nos indica que en este lapso de tiempo y de acuerdo a las aplicaciones de fertilizante recibidas, el pH de estos suelos disminuye en 0.0266 unidades por año de aplicación de fertilizante. En la figura No. 2 se presentan los valores obtenidos de DpH a través del número de años de aplicación de fertilizantes.

Relacionando los cambios en pH con el contenido de -

materia orgánica del suelo no se obtuvo relación alguna - debido tal vez a los bajos pero estables niveles de materia orgánica de estos suelos.

Se encontró que hay una correlación de  $r=-0.4477$  que es significativa al 5% entre las CIC de estos suelos y -- los cambios de pH, es decir los cambios fuerón mayores en aquellos suelos que tenían una CIC más baja, la relación- observada fué de  $\bar{Y}=0.6590-0.0173X$ ; los cambios son de --- 0.0173 unidades de pH por cada meq. de CIC. En la figura- No. 3 se presentan los valores graficados de las varia--- bles CIC vs DpH.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por -- Pierre (1928) que encontró que los cambios dependen de la capacidad buffer de los suelos, es decir los suelos arenos son más susceptibles a los cambios que los suelos arcillosos.

Todo esto nos indica que la capacidad de tampón de - estos suelos esta influenciada por la CIC total del sue-- lo, es decir por las arcillas y los coloides orgánicos en su conjunto, pues de acuerdo a los resultados obtenidos - de esta metodología, no se pudo apreciar si la materia orgánica por si sola influye en la capacidad tampón del suelo.

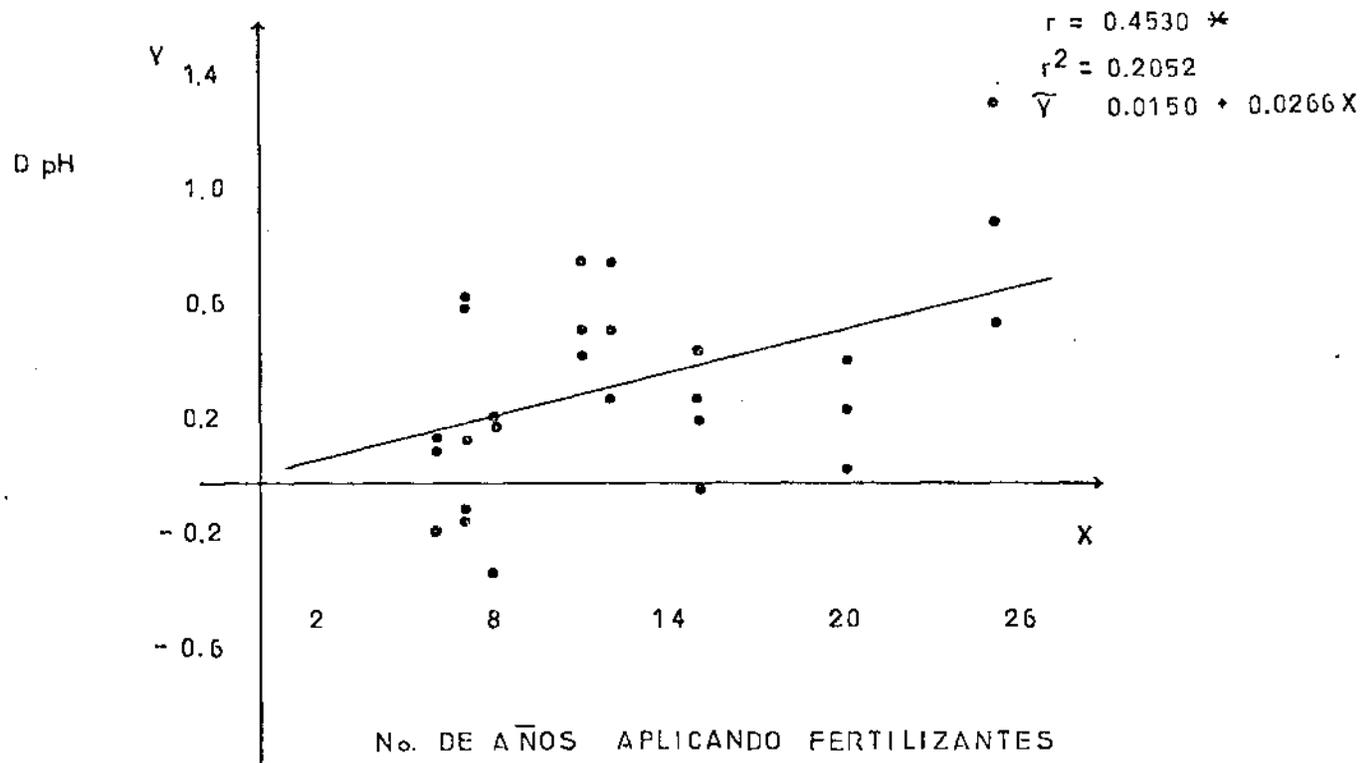


FIG. 2 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCIÓN DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTES EN SUELOS PAEOZEM ( 5 SITIOS )

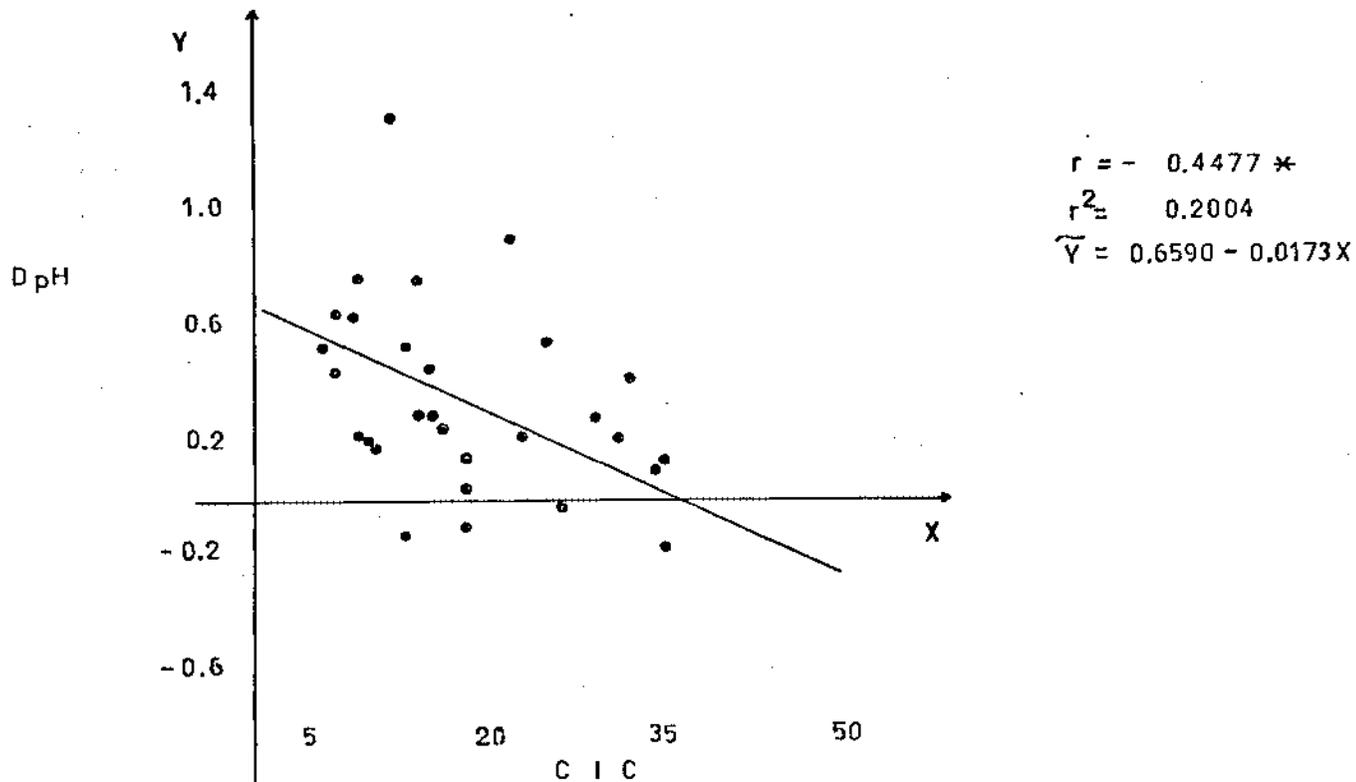


FIG.3 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCION DEL SUELO EN RELACION CON LA CIC EN SUELOS FAEOZEM ( 5 SITIOS )

Por otra parte en los 15 sitios de esta unidad de suelo se obtuvo una correlación significativa entre las variables; número de años de aplicación de fertilizante vs DpH, siendo el valor de la correlación de  $r=0.4270$  que es significativo al 5%, la relación observada fué  $\bar{Y}=0.1674 + 0.0247X$ , el cambio o decremento en pH en este caso es de 0.0247 unidades de pH por año de aplicación. En la figura No. 4 se presentan los valores obtenidos de DpH a través del número de años de aplicación de fertilizantes.

El valor de la regresión en este caso es ligeramente menor que en el anterior, es decir al aumentar el tamaño de la muestra disminuyen muy ligeramente los cambios, estos ligeros cambios se piensa que son debidos a que en algunos sitios, se aplica más fertilizantes que en otros, y también a que unos sitios contienen más materia orgánica o más arcilla y por tanto su CIC es mayor, presentando por esto más resistencia a los cambios.

Por otra parte se obtuvo una correlación de  $-0.3684$  que es significativa al 5% entre los cambios en pH y el contenido de materia orgánica del suelo, la relación observada fué  $\bar{Y}=0.7816 - 0.1985X$ ; el cambio es de  $-0.1985$  por cada unidad de materia orgánica. Los valores obtenidos en este caso están graficados en la figura No. 5

Así mismo al relacionar las variables CIC vs DpH en los 15 sitios se obtuvo una correlación  $r=-0.5600$  que es altamente significativa al 1%, la relación observada fue  $\bar{Y}=0.8166-0.0174X$ ; el cambio en pH en este caso es de ---- -0.174 unidades por meq. de CIC, es decir que a medida -- que la CIC fue aumentado un meq. el cambio fue menor en - 0.017 unidades de pH.

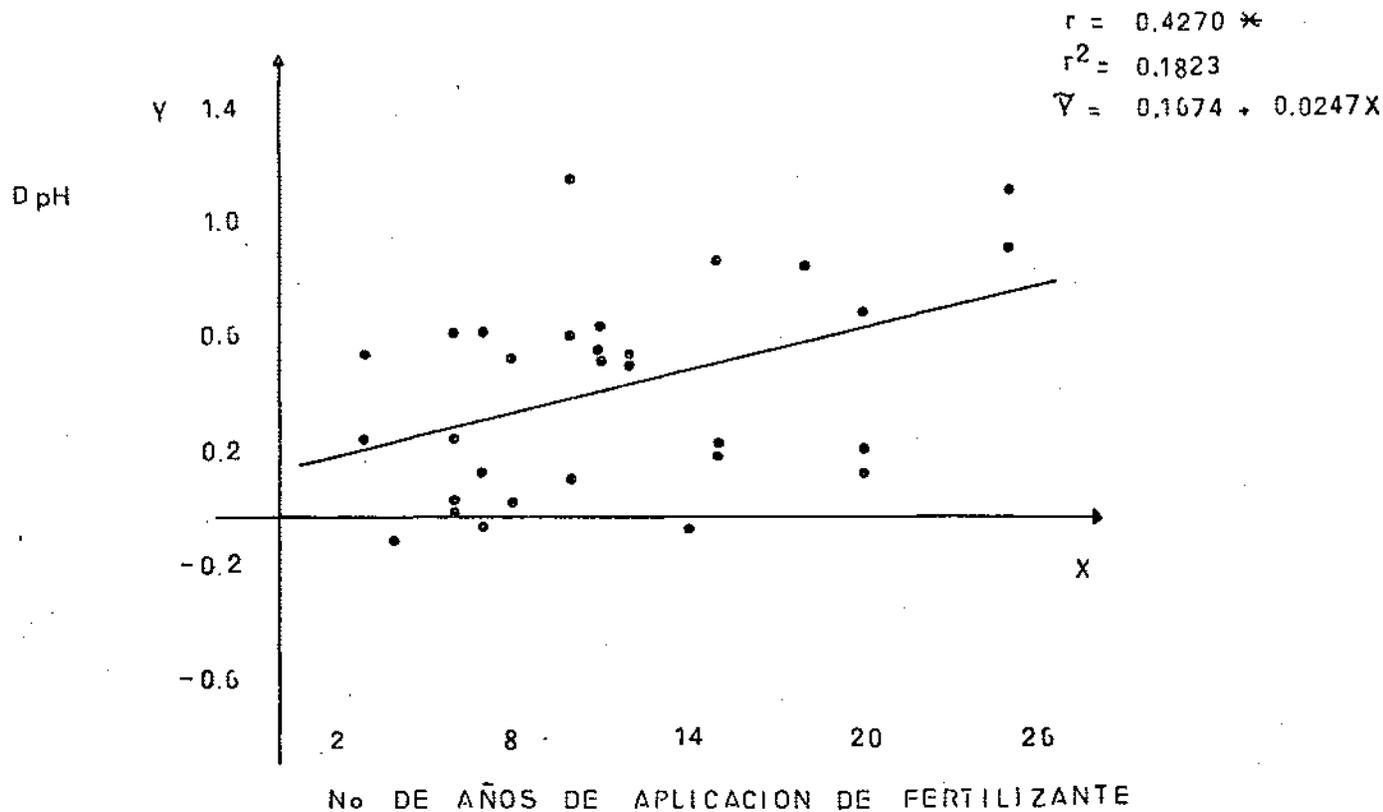


FIG.4 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCION DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL No DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTES EN SUELOS FAEOZEM (15 - SITIOS )

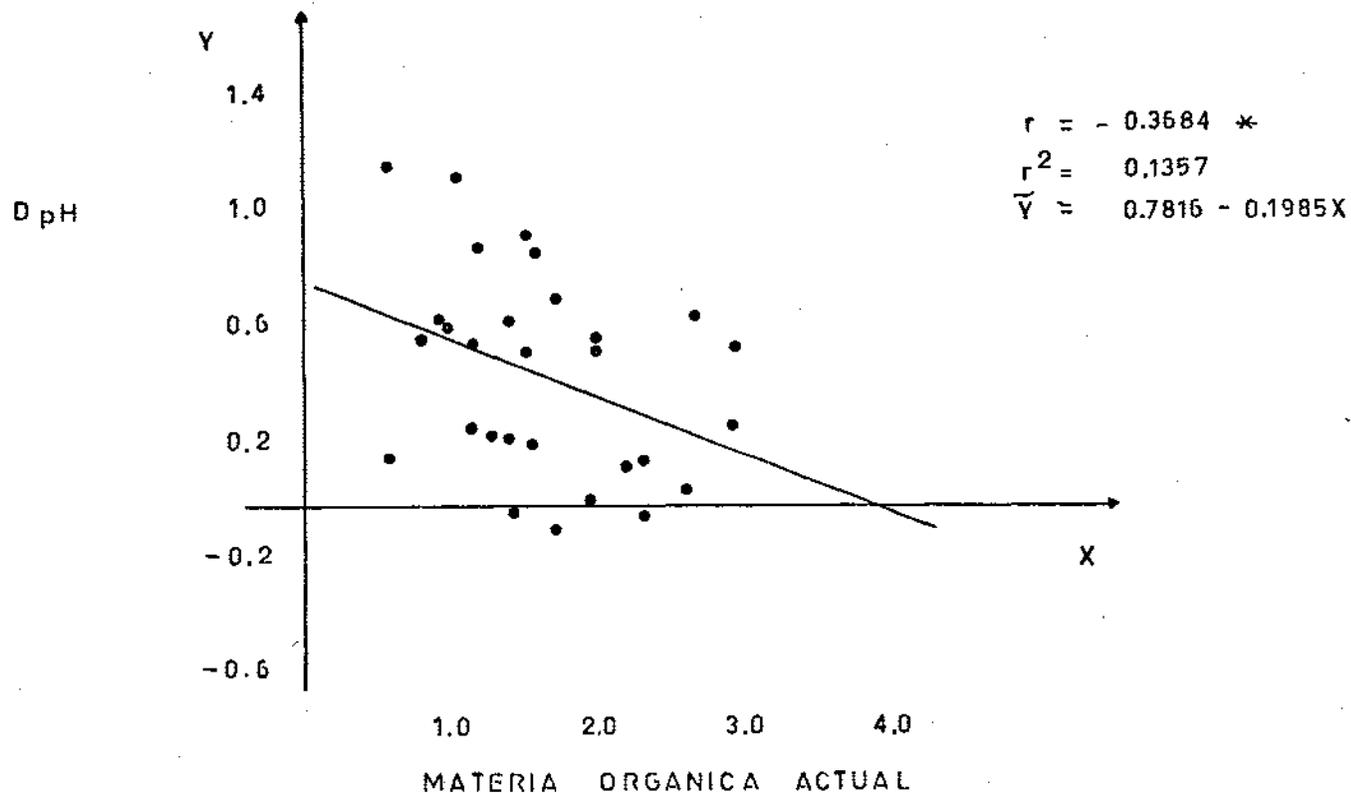


FIG.5 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCION DEL SUELO EN RELACION CON LA MATERIA ORGANICA EN SUELOS FAEOZEM ( 15 SITIOS )

Los valores obtenidos en este caso así como la línea de regresión obtenida se dan en la figura No. 6

2.2. Cambios en el pH del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitrogenado en suelos Vertisol.

En este caso relacionando las variables; número de años de aplicación de fertilizantes vs DpH en los 5 sitios se obtuvo un coeficiente de correlación de  $r=-0.6194$  que es altamente significativo al 1%, la relación observada fué  $\bar{Y}=0.5646-0.042X$ , en tanto que el valor de la regresión es de  $-0.042$  unidades de pH por año de aplicación. Los valores obtenidos de esta relación se dan en la figura No. 7

Esto nos muestra que en suelos pesados los cambios no ocurren fácilmente, debido a su alto contenido de arcilla y materia orgánica que proporcionan a estos suelos una CIC alta, lo que coincide con los resultados de Paden (1937).

Se piensa que el cambio inicial en el pH en este tipo de suelo como se observa en la figura No. 7 es probablemente debido a que el fertilizante acelera la descompo

sición al principio de la materia orgánica susceptible a mineralizarse, este hecho aunado a la acción acidificante del sulfato de amonio, daría como resultado una disminución temporal del pH.

Esto queda ilustrado por lo establecido por Merkle (1919) quien encontro que los fertilizantes solamente actúan sobre el humus del suelo mineralizandolo más rápidamente.

Por otra parte en este tipo de suelos al relacionar las variables materia orgánica vs DpH no hubo correlación significativa. Del mismo modo las variables CIC vs DpH -- tampoco mostraron relación significativa.

Esto se debe tal vez a que todos estos suelos presentan, cantidades similares en cuanto a materia orgánica y CIC; no obstante, la acción bufferizante de estos se ve reflejada en el caso de la relación; número de años de aplicación de fertilizantes vs DpH.

Al relacionar las variables en estudio que son; número de años de aplicación de fertilizantes vs DpH, materia orgánica vs DpH, y CIC vs DpH, en los 15 sitios no se encontró relación significativa en ninguno de los casos.

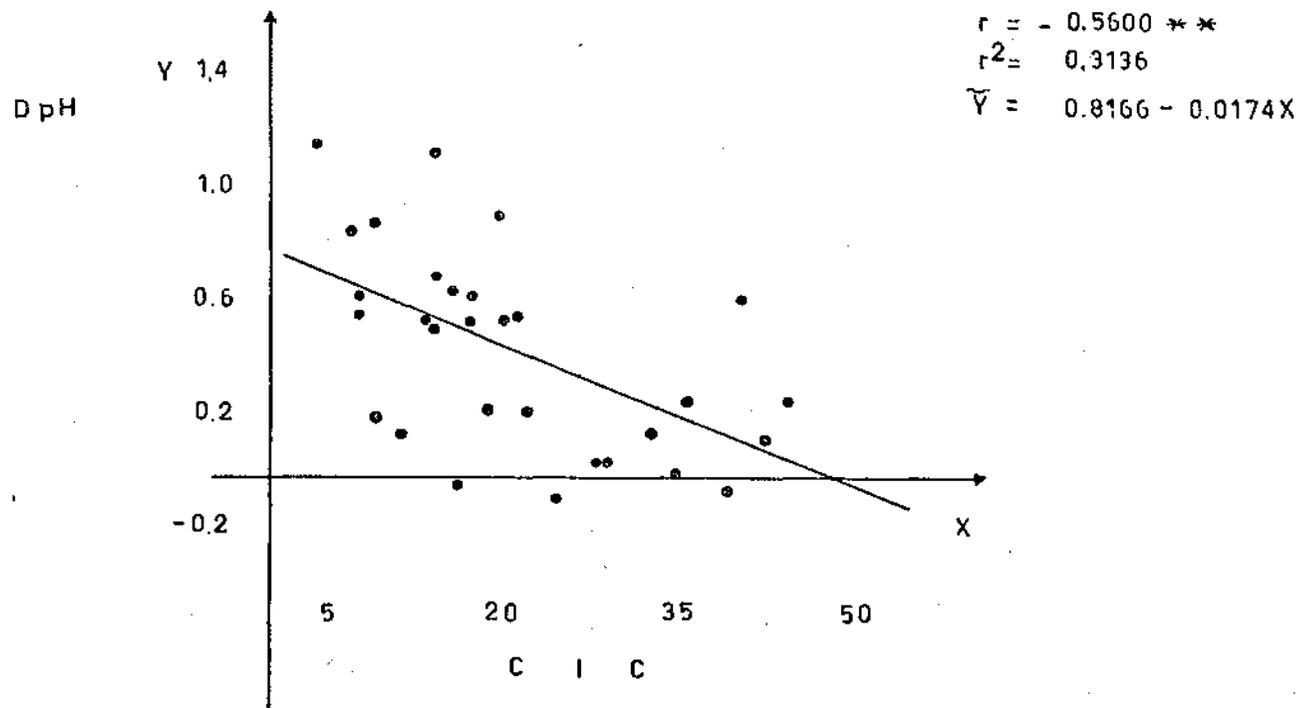


FIG. 6 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCION DEL SUELO EN RELACION CON LA CIC EN SUELOS FAEOZEM ( 15 SITIOS )

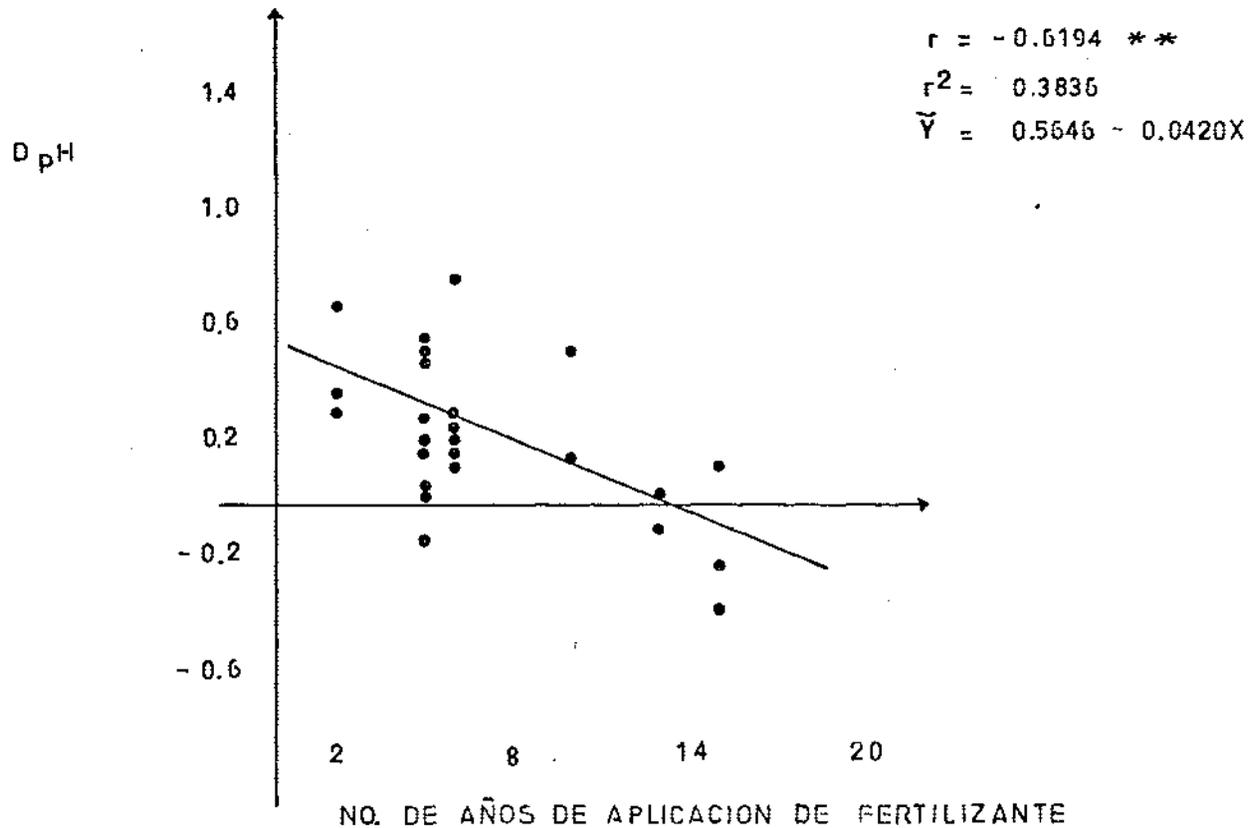


FIG. 7 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA REACCION DEL SUELO INFLUENCIADOS POR EL NO. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTE EN SUELOS VERTISOL ( 5 SITIOS )

Sin embargo la tendencia es negativa en la correlación número de años de aplicación de fertilizantes vs  $\Delta$ pH, lo que confirma el resultado obtenido en el caso de la relación en 5 sitios, esto nos muestra que este tipo de suelos, esta fuertemente tamponado y no sucede facilmente un incremento o un decremento en su reacción.

Este hecho aunado al que estos suelos tienen menos tiempo fertilizandose, y además la dosificación es más baja, como se observa en los resultados de la encuesta relativa a dosis de fertilizante aplicado por año, explica el porque no se hayan observado cambios en el pH del suelo.

3.- Modificaciones en la materia orgánica del suelo provocado por el manejo que incluye como fuente de fertilizante nitrogenado al sulfato de amonio en suelos Faeozem y Vertisol.

Tomando como 100 la suma del contenido de materia orgánica de las orillas en ambos suelos, se tiene que el suelo Faeozem a perdido un 24% de su materia orgánica original, en tanto que los suelos Vertisol han perdido un 18% de su materia orgánica. Brady (1977) menciona que unos suelos de Dakota del norte han perdido un 25% de su materia orgánica en 43 años de cultivo, lo que concuerda-

con lo obtenido en este estudio. Es notorio que la acción detrimental para la materia orgánica por efecto del cultivo es mayor en los suelos Faeozem que en los suelos Vertisol.

Por otra parte tomando como base que el fertilizante le ha permitido al agricultor cultivar sus tierras más -- continuamente y tomando en cuenta lo citado por Merkle -- (1919) respecto a que el fertilizante nitrogenado acelera la descomposición de humus del suelo, y tiene poco efecto sobre los residuos nuevos. Asi tambien lo mencionado por Tisdale (1982) respecto a que aplicaciones adecuadas de -- fertilizantes promueven un desarrollo vigoroso de los cultivos, dejando en el campo residuos que pueden mantener -- el nivel de materia orgánica, no el original pero si el -- que tenía un suelo cultivado cuando se inicio la aplicación de fertilizantes; tomando en cuenta estos aspectos -- se hicieron las siguientes relaciones estadísticas para -- tratar de determinar los efectos del sulfato de amonio en suelos cultivados, en la mayoría de los casos, año con -- año con maíz. Es decir si la tendencia desde el inicio de las aplicaciones de fertilizantes es hacia el incremento -- o hacia el decremento de la materia orgánica.

3.1. Cambios en la materia orgánica del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitrogenado en suelos Faeozem.

En los suelos Faeozem (5 sitios) no hubo relación significativa entre los años de aplicación de sulfato de amonio y la disminución de materia orgánica, tal vez porque estos contienen muy poca materia orgánica y por tanto la fracción orgánica que poseen es muy estable, y la aplicación de fertilizantes aunado al manejo actual no tienen un gran impacto en ella.

Así mismo al relacionar los cambios en materia orgánica con la CIC de los suelos tampoco se obtuvo correlación alguna, sin embargo el signo es negativo lo que podría significar que a medida que la CIC aumenta los cambios son menores.

Por otra parte al relacionar las variables; número de años de aplicación de fertilizantes vs DMO en los 15 sitios de este tipo de suelo, tampoco se obtuvo correlación significativa, sin embargo se aprecia que la tendencia es negativa es decir al incremento de materia orgánica en vez de al decremento.

Al relacionar la CIC vs DMO en este caso, se obtuvo una correlación no significativa entre las variables, aunque se conserva la tendencia negativa en menor proporción que en el caso de 5 sitios.

3.2. Cambios en la materia orgánica del suelo influenciados por el uso continuo de sulfato de amonio como fertilizante nitrogenado en suelos-Vertisol.

Al relacionar los cambios en materia orgánica con respecto al número de años de aplicación de fertilizantes en los 5 sitios se obtuvo una correlación altamente significativa el valor fué  $r=0.7054$  que es altamente significativa al 1%; la relación observada fué  $\tilde{Y}=0.2512X-1.4066$  el valor de la regresión en este caso es de 0.2512, los valores obtenidos de esta relación se encuentran graficados en la figura No. 8

En tanto que al relacionar estas mismas variables en los 15 sitios, se mantuvo la misma tendencia, es decir hacia la pérdida de materia orgánica, aquí el decremento observado los primeros años se acentua aún más conforme avanza el tiempo de aplicación de fertilizantes, esto queda ilustrado por la curva de la ecuación cuadrática que -

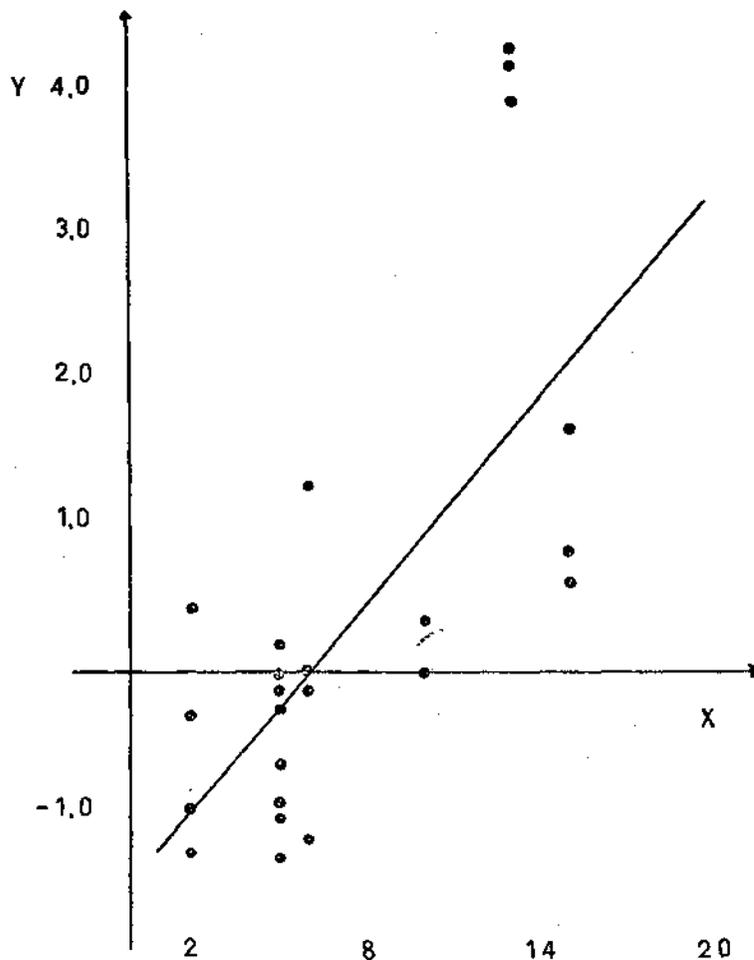
interpreta los datos en este caso. La correlación obtenida es  $r=0.6422$  que es altamente significativa al 1%, la relación observada fué  $\bar{Y}=0.006X^2 + 0.02$ , los datos graficados de este caso se dan en la figura No. 9

Como se observa en este tipo de suelo se nota aún, el efecto detrimental en la materia orgánica provocado -- por el cultivo continuo en hileras, aunando en este caso a las aplicaciones de fertilizantes, estos dos factores; labranza y fertilizantes aceleran la mineralización de humus. Es decir de las fracciones más viejas de la materia orgánica del suelo. (14)

Por otra parte las aplicaciones de fertilizantes que el suelo recibe, pueden ser suficientes para obtener cosechas regulares pero al ser sacados de la parcela la mayoría de los residuos, va quedando el suelo cada vez más pobre en este elemento.

Este efecto es más notorio en este tipo de suelo ya que sus orillas fueron en lo general más ricas en materia orgánica que las orillas del tipo Faeozem. Lo que nos ratifica el hecho de que un suelo arcilloso es más rico en materia orgánica que uno de textura media o uno arenoso.

D MO



$$r = 0.7054 **$$

$$r^2 = 0.4975$$

$$\hat{Y} = 0.2512X - 1.4066$$

No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTE

FIG. 8 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA EN LA MATERIA ORGANICA INFLUENCIADOS POR EL No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTE EN SUELOS VERTISOL (5 SITIOS)

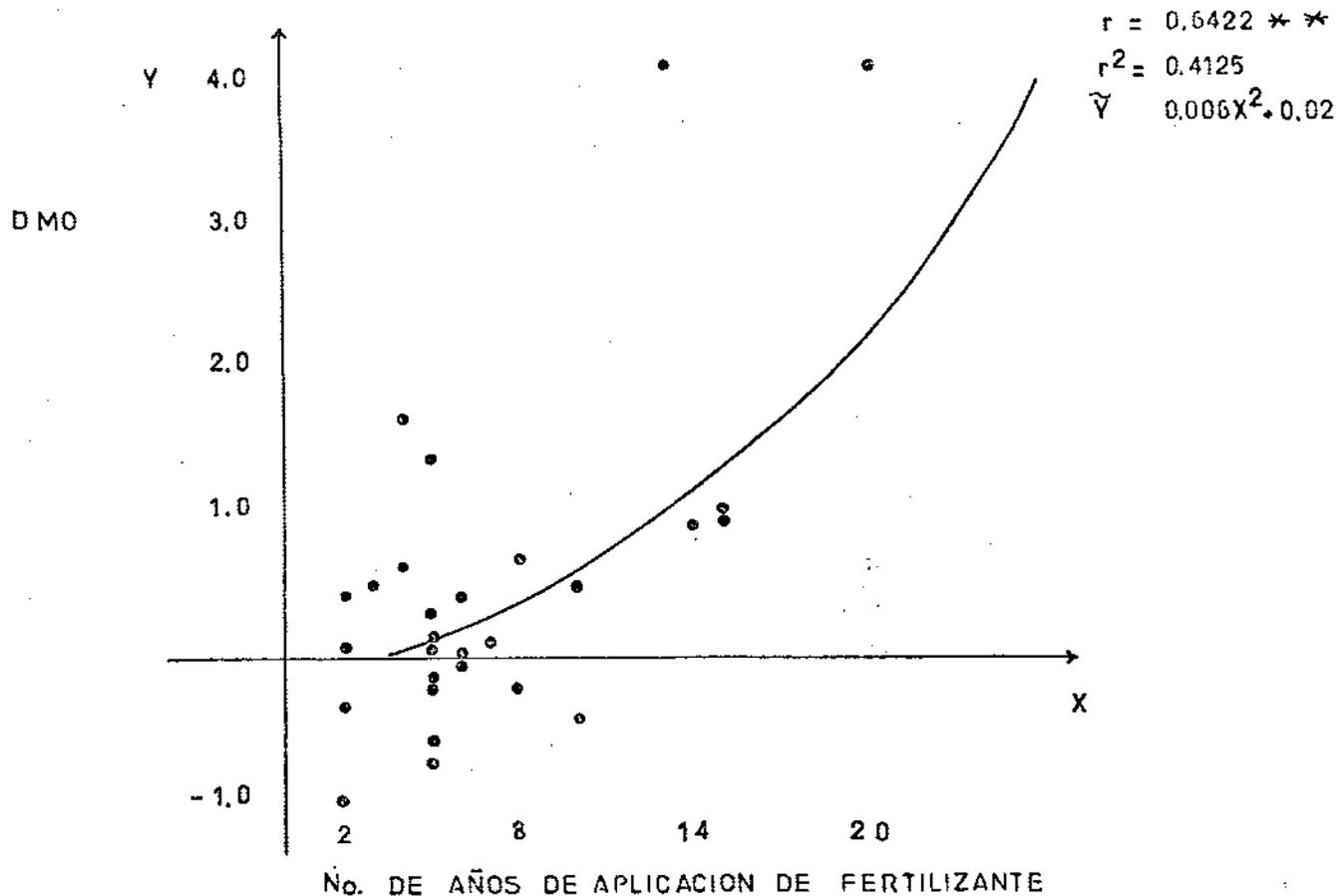


FIG. 9 TENDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LA MATERIA ORGANICA INFLUENCIADOS POR EL No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTE EN SUELOS VERTISOL (15 SITIOS)

Por otra parte y tal como sucedió en los suelos Faeozem, en los suelos Vertisol tampoco se observó correlación alguna entre los cambios en materia orgánica y su CIC.

Los resultados de las correlaciones, su significancia, así como la ecuación de regresión para cada relación de variables, para las dos unidades de suelo; Faeozem y Vertisol, en ambos casos; 5 y 15 sitios se da en el cuadro No. 6

Se puede deducir de este cuadro que los suelos Faeozem, siempre fueron de un grado de significancia menor a uno mayor, o al menos igual al aumentar la muestra. En tanto que los suelos Vertisol en solo uno de los casos (número de años de aplicación de fertilizante vs DpH) se presentó el caso inverso.

Así también en la mayoría de los casos las tendencias de las correlaciones fueron las mismas, es decir, el signo de los valores fue igual tanto en cinco como en los quince sitios. Solo en el caso; número de años de aplicación de fertilizantes vs materia orgánica de los suelos Faeozem presentó signo positivo para 5 sitios y negativo en los 15 sitios.

CUADRO No. 6 ECUACION DE REGRESION, COEFICIENTE DE CORRELACION, Y GRADO DE SIGNIFICANCIA, PARA CADA CASO EN AMBOS TIPOS DE SUELOS.

| VARIABLES               | SUELOS PREGEM                |         |    |                              |         |    |
|-------------------------|------------------------------|---------|----|------------------------------|---------|----|
|                         | 5 SITIOS                     |         |    | 15 SITIOS                    |         |    |
|                         | Relación observada           | r       | *  | Relación observada           | r       | *  |
| NO. de años a.f. vs DpH | $\bar{Y} = 0.0150 + 0.0366X$ | 0.4530  | 5% | $\bar{Y} = 0.1674 + 0.0247X$ | 0.4270  | 5% |
| MO vs DpH               | $\bar{Y} = 0.512 - 0.097X$   | -0.207  | NS | $\bar{Y} = 0.7316 - 0.1935X$ | -0.3694 | 5% |
| CIC vs DpH              | $\bar{Y} = 0.6590 - 0.173X$  | -0.4477 | 5% | $\bar{Y} = 0.8166 - 0.0174X$ | -0.5600 | 1% |
| No. de años a.f. vs DMO | $\bar{Y} = 0.039 + 0.009X$   | 0.053   | NS | $\bar{Y} = 0.877 - 0.032X$   | -0.185  | NS |
| CIC vs DMO              | $\bar{Y} = 0.6518 - 0.022X$  | -0.240  | NS | $\bar{Y} = 0.5194 - 0.0005X$ | -0.005  | NS |

| VARIABLES               | SUELOS VERTISOL              |         |    |                             |        |    |
|-------------------------|------------------------------|---------|----|-----------------------------|--------|----|
|                         | 5 SITIOS                     |         |    | 15 SITIOS                   |        |    |
|                         | Relación observada           | r       | *  | Relación observada          | r      | *  |
| No. de años a.f. vs DpH | $\bar{Y} = 0.5646 - 0.0420X$ | -0.6194 | 1% | $\bar{Y} = 0.2503 - 0.009X$ | -0.209 | NS |
| MO vs DpH               | $\bar{Y} = 0.1518 + 0.061X$  | 0.132   | NS | $\bar{Y} = 0.1085 + 0.042X$ | 0.129  | NS |
| CIC vs DpH              | $\bar{Y} = 0.1145 - 0.004X$  | 0.160   | NS | $\bar{Y} = 0.1511 + 0.001X$ | 0.090  | NS |
| No. de años a.f. vs DMO | $\bar{Y} = 0.2512X - 1.4066$ | 0.7954  | 1% | $\bar{Y} = 0.006X^2 + 0.02$ | 0.6422 | 1% |
| CIC vs DMO              | $\bar{Y} = 0.177X - 0.765$   | 0.260   | NS | $\bar{Y} = 0.013X - 0.0837$ | 0.098  | NS |

r = Coeficiente de correlación

\* = Grado de significancia

N.S. = No significativo

Así podemos asumir que no hubo diferencia significativa entre lo obtenido en los 5 sitios que fueron muestreados y analizados sus muestras por separado y los 15 sitios que fué donde si se mezclaron las muestras para obtener una sola.

Se asume tambien que los resultados más significativos de acuerdo a los valores obtenidos de  $b$  (pendiente) -- fueron de  $-0.1985$  en la relación materia orgánica vs  $DpH$  en los 15 sitios de suelos Faeozem, que nos muestra el valor bufferisante de la materia orgánica en estos suelos.

Así como el valor  $0.2512$  obtenido de la relación; número de años de aplicación de fertilizantes vs materia orgánica en 5 sitios de los suelos Vertisol; que nos muestra que la tendencia desde que se empezó a usar fertilizante es hacia la pérdida de materia orgánica de estos suelos.

El que la tendencia actual sea hacia la pérdida no significa que antes del empleo de fertilizante no haya sido igual, es posible que así fuera antes tambien. La importancia estriba en que los resultados nos muestran que el manejo de suelos por el sistema actual de cultivos en los suelos Vertisol tiende a decrementar el contenido de-

materia orgánica.

Por otra parte, en general se obtuvieron coeficientes de determinación bajos, esto es la regresión lineal explica solo una pequeña porción del comportamiento de las variables correlacionadas. Buscando una ecuación que interpretará en mayor porcentaje los datos, se calculó la ecuación de la curva cuadrática, así como la ecuación de la curva de la raíz cuadrada sin embargo se obtuvieron resultados similares en la mayoría de los casos, a los obtenidos con la ecuación lineal, a excepción del caso; número de años de aplicación de fertilizantes vs DMO en el cual la curva de la ecuación cuadrática, explica en mayor grado los datos relacionados, motivo por el cual se dejó esta en sustitución de la lineal.

En lo que respecta a la metodología empleada podemos establecer que tiene la desventaja de los experimentos que ocupan una amplia extensión de terreno; es decir encontrarse con suelos diferentes en sus características químicas y físicas aún dentro de la misma parcela.

Así mismo debido a la gran diversidad topográfica de la región los suelos muestreados variaron en cuanto a su pendiente.

Además en adición a esto tenemos el hecho de que los agricultores fertilizan en mayor grado unas porciones de parcelas, que otras (según opiniones de ellos mismos) por efecto de todos estos factores en adición a otros como -- las lluvias, rotación de cultivos etc., podemos establecer; se obtuvieron rangos de correlación no muy altos. No obstante los resultados obtenidos concordaron con los generalmente encontrados en otras investigaciones.

## VI. CONCLUSIONES.

De la interpretación de los resultados generales para el presente estudio se puede llegar a varias conclusiones importantes.

1.- Los suelos Faeozem tienen un decremento de 0.025 unidades de pH por año de aplicación de sulfato de amonio, los cambios de pH varían según el contenido de materia orgánica y la CIC de los suelos, es decir a medida que estos últimos aumentan los cambios son menores.

2.- En los suelos Vertisol hay una ligera disminución en el pH al inicio de la aplicación de sulfato de amonio, pero después hay una tendencia a incrementarse el pH o a estabilizarse a su nivel original; no se encontró relación significativa con esta metodología en este tipo de suelo entre los cambios en pH con el contenido de materia orgánica y la CIC de los suelos .

3.- En los suelos Faeozem no hubo correlación significativa entre los años de aplicación de fertilizantes nitrogenados y la disminución de materia orgánica del suelo, tampoco se obtuvo relación entre si estos cambios va-

riaban con la CIC del suelo o no, sin embargo se nota que la tendencia es hacia el incremento en contenido de materia orgánica debido a las aplicaciones de sulfato de amonio.

4.- Los suelos Vertisol en cambio si mostrarón una correlación altamente significativa entre las pérdidas de materia orgánica y el número de años de aplicación de sulfato de amonio, es decir que la tendencia del sistema actual de cultivos según los resultados obtenidos es hacia el decremento de la materia orgánica del suelo.

5.- Al comparar el contenido de materia orgánica de las parcelas, con el de las orillas de las mismas, se obtuvo que los suelos Faeozem han perdido un 24% de su materia orgánica en tanto que las pérdidas en los suelos Vertisol fueron de un 18%.

6.- Aproximadamente un 60% de los suelos Faeozem pueden presentar problemas de acidez para un desarrollo óptimo de los cultivos, en tanto que solo un 13% de los suelos Vertisol se encuentran en esta condición.

7.- Aproximadamente un 60% de los suelos Vertisol estudiados tienen niveles adecuados de materia orgánica en-

tanto que solo un 37% de los suelos Faeozem caen dentro -  
de este rango.



## VII LITERATURA CITADA.

- 1.- Aldrich, D.G., Parker, E.R., And Chapman, H.D. 1945 --  
Effects of several Nitrogenous Fertilizers and soil --  
amendments on the physical and chemical properties of--  
an irrigated soil. Soil sci. 59: 299-312.
- 2.- Ankerman, D., Large, R. Analisis de suelos y su inter-  
pretación. Apuntes mimeografiados.
- 3.- Black, C.A. Relaciones suelo-planta. Ed. Hemisferio --  
sur, S.R.L. 1975 caps. 5,7.
- 4.- Broadbent, F.E., And Bartholomew, W.B. 1948. The ----  
effect of quantity of plant material added to soil on--  
its rate of decomposition. Soil sci. soc. Amer. proc.-  
271-274.
- 5.- Buckman y Brady. Naturaleza y propiedades de los sue--  
los. Eds. Montaner y Simón. 1977 caps. 6,14 y 18.
- 6.- Davis, F.L. 1938. The effect of varius nitrogenous fer-  
tilizers on soils factors affecting the yield of crops  
Louisiana Agr. Exp. Sta. Bull 301.

- 7.- Fassbender, H.W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1975.
- 8.- Foster, A.B. Métodos aprobados en conservación de suelos. Ed. Trillas. 1979 cap. 2.
- 9.- Foth, H.D. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. - Continental, 1975.
- 10.- Kappen, H. 1927. The physiological reaction of ferti-  
lizers. Amer. Fert. 66:41.
- 11.- Martin. L.T. 1933. Influence of chemical composition-  
of organic matter on rate of decomposition. Jour. ---  
Amer. Soc. Agron.: 341-346.
- 12.- Martínez Planas, y Tico Roig. Agricultura práctica. -  
Ed. Sopena. S.A. 1974 caps. 1 y 2.
- 13.- McCalla, T.M., And Duley, F.L. 1943. Desintegration -  
of Crop Residues as influenced by sub-tillage and plo-  
wing. Jour. Amer. Soc. Agron. 35: 306-315.
- 14.- McVickar, M.H., G.L. Bridger, and L.B. Nelson. Eds: -

Fertilizer Technology and usage. Madison, Wisconsin:  
Soil sci. soc. Amer., 1963.

- 15.- Merkle, F.G. 1919. The decomposition of organic matter in soil. Jour. Amer. Soc. Agron. 281-302.
- 16.- Naftel, JA 1931. The nitrification of ammonium sulfate as influenced by soil reaction and degree of base saturation. Jour. Amer. Soc. Agron. 23: 175-185.
- 17.- Ortiz Villanueva, B. Edafologia. Ed. Patena 1977. --- caps. 4, 6, y 8.
- 18.- Paden, W.R. 1937. Response from various sources of nitrogen fertilizers. South Carolina Agr. Exp. Sta. --- Bull 309.
- 19.- Parker, D.T. 1962. Decomposition in the field of buried and surface-applied cornstalk residue. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 559-562.
- 20.- Peevy, W.J. And Norman, A.G. 1948. Influence of composition of plant materials on properties of the decomposed residues. Soil sci. 65: 209-226.

- 21.- Pierre, W.H. 1927. Buffer capacity of soil acidity - from the use of ammonium sulfate. Jour. Amer. Soc. - Agron. 19:332-351.
- 22.- Pierre, W.H. 1928. Nitrogenous fertilizers and soil-acidity effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. Jour. Amer. Soc. Agron., 20: 254-269.
- 23.- Pinck, L.A Allison, F.E. and Gaddy, V.L. 1948. The - effect of green manure crops of varyng carbon-nitrogen ratios upon nitrogen availability and soil organic matter content. Jour. Amer. Soc. Agron. 40:237-248.
- 24.- Smith, J.H. and Douglas, C.L. 1968. Influence of residual nitrogen on wheat straw decomposition in the- field. Soil sci. 104: 456-459.
- 25.- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. Fertilidad de los sue- los y fertilizantes. Ed. Uteha 1982 caps. 3, 5, y -- 14.
- 26.- Trogdon, W.O. and Volk, G.W. 1949. The effect of ni- trogenous fertilizers applied to soil on the forma- tion of nitrates, the availability of phosphates, --

and soil reaction. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 14: --  
216-220.

27.- Volk, N.J. and Tidmore, J.W. 1946. Effect of diffe-  
rent sources of nitrogen on soils reaction Exchangeable  
Soil. sci. 61:

28.- Walcott, A.R. Efectos acidificantes de los fertili-  
zantes nitrogenados. Boletin de Guanos y Fertilizan-  
tes de México. S.A. 42: Enero-Febrero-Marzo. 1965.

CUADRO. No. 4 RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO EN-  
pH, MO, Y TEXTURA EN LOS SUELOS FAEOZEM Y VERTI--  
SOL.

## SUELOS FAEOZEM

| LOCALIDAD     | pH <sub>S1</sub> | pH <sub>S2</sub> | MO <sub>S1</sub> | MO <sub>S2</sub> | TEX <sub>S1</sub> | TEX <sub>S2</sub> |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Las M. de T.  | 6.10             | 5.37             | 1.41             | 1.51             | Mig. A. A.        | Mig. A. A.        |
| Puruaguaita   | 6.27             | 6.70             | 1.57             | 1.44             | Mig. Aren.        | Mig. A. A.        |
| Puruagua      | 4.65             | 5.44             | 2.02             | 1.40             | Mig. Aren.        | Mig. Aren.        |
| Arroyo Hondo  | 5.98             | 6.38             | 2.62             | 1.96             | Arcilla           | Arcilla           |
| Sabanilla     | 5.46             | 5.68             | 1.52             | 1.27             | Mig. A. A.        | Mig. A. A.        |
| Banco I       | 5.23             | 4.84             | 2.32             | 2.97             | Mig. A. A.        | Mig. A. A.        |
| Banco II      | 4.89             | 6.20             | 1.74             | 2.19             | Mig. A. A.        | Mig. A. A.        |
| La Tomasa     | 5.14             | 4.67             | 1.63             | 0.58             | Mig. Aren.        | Aren. Mig.        |
| Sta Isabel    | 4.84             | 5.71             | 1.19             | 2.91             | Mig. Aren.        | Arc. Aren.        |
| Chilarillo    | 4.66             | 4.60             | 1.04             | 2.67             | Mig. Aren.        | Mig. A. A.        |
| Gambuita      | 5.96             | 6.00             | 1.16             | 0.94             | Mig. A. A.        | Mig. Aren.        |
| E. de Razo    | 7.41             | 7.30             | 2.01             | 1.16             | Mig. Aren.        | Mig. A. A.        |
| Rancho Nuevo  | 6.88             | 5.88             | 2.32             | 0.58             | Arcilla           | Arcilla           |
| La Yerbabuena | 5.44             | 6.05             | 2.00             | 1.74             | Arc. Aren.        | Arc. Aren.        |
| Ojo de Agua   | 6.84             | 6.35             | 0.94             | 0.77             | Arcilla           | Mig. A. A.        |

Mig. A. A. = Migajón Arcillo Arenoso.

CUADRO No. 4 (CONTINUACION)

## SUELOS VERTISOL

| LOCALIDAD        | pH <sub>S1</sub> | pH <sub>S2</sub> | NO <sub>S1</sub> | MO <sub>S2</sub> | TEX <sub>S1</sub> | TEX <sub>S2</sub> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Sn. M. Ej. C.B.  | 6.53             | 6.80             | 2.43             | 1.96             | Arcilla           | Arcilla           |
| Zomayo           | 5.81             | 5.63             | 1.92             | 1.70             | Arcilla           | Arc. Aren.        |
| Sn. Lucas        | 6.50             | 6.58             | 1.94             | 2.13             | Arcilla           | Arcilla           |
| Sn. P. de los A  | 6.72             | 6.49             | 2.16             | 2.00             | Arcilla           | Arcilla           |
| La J. de Schez I | 6.61             | 6.67             | 1.57             | 1.52             | Arcilla           | Arcilla           |
| Sn. José de P.   | 7.11             | 7.68             | 1.42             | 1.19             | Arcilla           | Arcilla           |
| La J. de S. II   | 6.79             | 6.69             | 1.48             | 4.46             | Arcilla           | Arcilla           |
| Salto de Peña    | 6.73             | 6.74             | 2.07             | 0.71             | Arcilla           | Arcilla           |
| Piedras de L.    | 6.51             | 6.79             | 1.50             | 2.20             | Arcilla           | Mig. Arc.         |
| Sn. Ignacio      | 6.60             | 6.54             | 1.88             | 1.69             | Mig. A. A.        | Arcilla           |
| El Clarín        | 5.36             | 5.05             | 1.42             | 3.14             | Arcilla           | Arc. Aren.        |
| E. de Romero     | 6.46             | 6.56             | 1.74             | 2.00             | Arcilla           | Arcilla           |
| La Luz de Peña   | 6.33             | 6.34             | 1.35             | 1.81             | Arcilla           | Arcilla           |
| La Ceja          | 7.06             | 6.87             | 1.81             | 2.07             | Arcilla           | Arcilla           |
| La L. de Juárez  | 6.38             | 6.76             | 2.80             | 1.91             | Arcilla           | Arcilla           |

Nota. El nombre completo de las localidades donde se coleccionaron las muestras se dan en las páginas No. 41 y 42

CUADRO No. 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN CUANTO A pH, DpH, MO, DMO, CIC Y No. DE AÑOS DE APLICACION DE FERTILIZANTES, EN SUELOS FAOZEM Y VERTISOL EN 5 Y 15 SITIOS RESPECTIVAMENTE.

SUELOS FAOZEM (5 SITIOS)

| LOCALIDAD    | S | MTRA            | A.F. | pH   | DpH   | MO    | DMO    | CIC   |
|--------------|---|-----------------|------|------|-------|-------|--------|-------|
| Las M. de T. | 1 | MC <sub>1</sub> | 20   | 5.92 | 0.43  | 1.760 | 0.106  | 32.0  |
| Las M. de T. | 1 | MC <sub>2</sub> | 20   | 6.30 | 0.05  | 1.295 | 0.571  | 17.68 |
| Las M. de T. | 1 | MC <sub>3</sub> | 20   | 6.09 | 0.26  | 1.196 | 0.670  | 15.95 |
| Las M. de T. | 1 | "O"             | --   | 6.35 | ----  | 1.866 | -----  | 16.64 |
| Las M. de T. | 2 | MC <sub>1</sub> | 12   | 5.37 | 0.54  | 1.322 | 1.006  | 12.78 |
| Las M. de T. | 2 | MC <sub>2</sub> | 12   | 5.13 | 0.78  | 2.012 | 0.316  | 14.32 |
| Las M. de T. | 2 | MC <sub>3</sub> | 12   | 5.61 | 0.30  | 1.196 | 1.132  | 14.66 |
| Las M. de T. | 2 | "O"             | --   | 5.91 | ----  | 2.328 | -----  | 14.45 |
| Puruaguita   | 1 | MC <sub>1</sub> | 15   | 6.27 | 0.23  | 0.754 | 0.943  | 8.69  |
| Puruaguita   | 1 | MC <sub>2</sub> | 15   | 6.28 | 0.22  | 2.974 | -1.277 | 8.94  |
| Puruaguita   | 1 | MC <sub>3</sub> | 15   | 6.28 | 0.22  | 1.006 | 0.691  | 10.43 |
| Puruaguita   | 1 | "O"             | --   | 6.50 | ----  | 1.697 | -----  | 18.72 |
| Puruaguita   | 2 | MC <sub>1</sub> | 7    | 6.78 | -0.09 | 1.165 | 2.528  | 17.78 |
| Puruaguita   | 2 | MC <sub>2</sub> | 7    | 6.80 | -0.11 | 1.424 | 2.269  | 13.25 |
| Puruaguita   | 2 | MC <sub>3</sub> | 7    | 6.54 | 0.15  | 1.749 | 1.944  | 18.35 |
| Puruaguita   | 2 | "O"             | --   | 6.69 | ----  | 3.693 | -----  | 19.03 |
| Puruagua     | 1 | MC <sub>1</sub> | 11   | 4.79 | 0.45  | 0.840 | 1.230  | 6.86  |
| Puruagua     | 1 | MC <sub>2</sub> | 11   | 4.70 | 0.54  | 2.979 | -0.909 | 6.34  |
| Puruagua     | 1 | MC <sub>3</sub> | 11   | 4.46 | 0.78  | 2.264 | -0.194 | 9.46  |
| Puruagua     | 1 | "O"             | --   | 5.24 | ----  | 2.070 | -----  | 16.64 |
| Puruagua     | 2 | MC <sub>1</sub> | 7    | 5.44 | 0.66  | 1.745 | -1.035 | 7.07  |

|              |   |                 |    |      |       |       |        |       |
|--------------|---|-----------------|----|------|-------|-------|--------|-------|
| Puruaua      | 2 | MC <sub>2</sub> | 7  | 5.44 | 0.66  | 0.580 | 0.130  | 7.13  |
| Puruaua      | 2 | MC <sub>3</sub> | 7  | 5.45 | 0.65  | 1.886 | -1.176 | 8.34  |
| Puruaua      | 2 | "0"             | -- | 6.10 | ----  | 0.710 | -----  | 8.84  |
| Arroyo Hondo | 1 | MC <sub>1</sub> | 8  | 5.80 | 0.24  | 1.575 | -0.086 | 22.98 |
| Arroyo Hondo | 1 | MC <sub>2</sub> | 8  | 6.34 | -0.30 | 4.278 | -2.789 | 29.12 |
| Arroyo Hondo | 1 | MC <sub>3</sub> | 8  | 5.82 | 0.22  | 2.013 | -0.524 | 30.78 |
| Arroyo Hondo | 1 | "0"             | -- | 6.04 | ----  | 1.489 | -----  | 26.51 |
| Arroyo Hondo | 2 | MC <sub>1</sub> | 6  | 6.55 | -0.16 | 1.684 | -0.130 | 34.66 |
| Arroyo Hondo | 2 | MC <sub>2</sub> | 6  | 6.30 | 0.11  | 2.074 | -0.520 | 33.99 |
| Arroyo Hondo | 2 | MC <sub>3</sub> | 6  | 6.28 | 0.13  | 2.134 | -0.580 | 35.19 |
| Arroyo Hondo | 2 | "0"             | -- | 6.41 | ----  | 1.554 | -----  | 36.40 |
| Sabanilla    | 1 | MC <sub>1</sub> | 25 | 5.06 | 1.34  | 1.018 | 0.638  | 12.23 |
| Sabanilla    | 1 | MC <sub>2</sub> | 25 | 5.84 | 0.56  | 1.528 | 0.128  | 24.95 |
| Sabanilla    | 1 | MC <sub>3</sub> | 25 | 5.48 | 0.92  | 2.038 | -0.382 | 21.75 |
| Sabanilla    | 1 | "0"             | -- | 6.40 | ----  | 1.656 | -----  | 13.59 |
| Sabanilla    | 2 | MC <sub>1</sub> | 15 | 5.64 | 0.30  | 1.146 | 0.127  | 14.95 |
| Sabanilla    | 2 | MC <sub>2</sub> | 15 | 5.47 | 0.47  | 1.146 | 0.125  | 14.95 |
| Sabanilla    | 2 | MC <sub>3</sub> | 15 | 5.95 | -0.01 | 1.528 | -0.255 | 25.83 |
| Sabanilla    | 2 | "0"             | -- | 5.94 | ----  | 1.273 | -----  | 16.31 |

## CUADRO No. 5 (CONTINUACION)

## SUELOS FAEOZEM (15 SITIOS)

| LOCALIDAD    | S | MTRA | A.F. | pH   | DpH   | MO    | DMO    | CIC   |
|--------------|---|------|------|------|-------|-------|--------|-------|
| Las M. de T. | 1 | MC   | 20   | 6.11 | 0.24  | 1.417 | 0.449  | 21.9  |
| Las M. de T. | 1 | "O"  | --   | 6.35 | ----  | 1.866 | -----  | 16.64 |
| Las M. de T. | 2 | MC   | 12   | 5.37 | 0.54  | 1.510 | 0.810  | 13.92 |
| Las M. de T. | 2 | "O"  | --   | 5.91 | ----  | 2.230 | -----  | 14.45 |
| Puruaguita   | 1 | MC   | 15   | 6.28 | 0.22  | 1.578 | 0.119  | 9.35  |
| Puruaguita   | 1 | "O"  | --   | 6.50 | ----  | 1.697 | -----  | 18.72 |
| Puruaguita   | 2 | MC   | 7    | 6.70 | -0.01 | 1.446 | 2.247  | 16.46 |
| Puruaguita   | 2 | "O"  | --   | 6.69 | ----  | 3.693 | -----  | 19.03 |
| Puruagua     | 1 | MC   | 11   | 4.65 | 0.59  | 2.027 | 0.043  | 7.55  |
| Puruagua     | 1 | "O"  | --   | 5.24 | ----  | 2.070 | -----  | 16.64 |
| Puruagua     | 2 | MC   | 7    | 5.45 | 0.65  | 1.403 | -0.693 | 7.51  |
| Puruagua     | 2 | "O"  | --   | 6.10 | ----  | 0.710 | -----  | 8.84  |
| Arroyo Hondo | 1 | MC   | 8    | 5.98 | 0.06  | 2.622 | -1.133 | 27.62 |
| Arroyo Hondo | 1 | "O"  | --   | 6.04 | ----  | 1.489 | -----  | 26.51 |
| Arroyo Hondo | 2 | MC   | 6    | 6.39 | 0.02  | 1.964 | -0.410 | 34.61 |
| Arroyo Hondo | 2 | "O"  | --   | 6.41 | ----  | 1.554 | -----  | 36.40 |
| Sabanilla    | 1 | MC   | 25   | 5.46 | 0.94  | 1.528 | -0.128 | 19.64 |
| Sabanilla    | 1 | "O"  | --   | 6.40 | ----  | 1.656 | -----  | 13.59 |
| Sabanilla    | 2 | MC   | 15   | 5.69 | 0.25  | 1.273 | 0.000  | 18.57 |
| Sabanilla    | 2 | "O"  | --   | 5.94 | ----  | 1.273 | -----  | 16.31 |
| Banco I      | 1 | MC   | 20   | 5.23 | 0.17  | 2.328 | 0.391  | 11.44 |
| Banco I      | 1 | "O"  | --   | 5.40 | ----  | 2.719 | -----  | 12.23 |
| Banco I      | 2 | MC   | 8    | 4.96 | 0.56  | 2.974 | 0.550  | 17.16 |
| Banco I      | 2 | "O"  | --   | 5.52 | ----  | 3.524 | -----  | 14.76 |
| Banco II     | 1 | MC   | 20   | 4.89 | 0.72  | 1.749 | 0.385  | 13.93 |
| Banco II     | 1 | "O"  | --   | 5.61 | ----  | 2.134 | -----  | 16.43 |
| Banco II     | 2 | MC   | 10   | 6.20 | 0.14  | 2.199 | 0.256  | 41.85 |
| Banco II     | 2 | "O"  | --   | 6.34 | ----  | 2.457 | -----  | 14.22 |
| La Tomasa    | 1 | MC   | 18   | 5.14 | 0.88  | 1.634 | -0.691 | 7.07  |
| La Tomasa    | 1 | "O"  | --   | 6.02 | ----  | 0.943 | -----  | 4.99  |
| La Tomasa    | 2 | MC   | 10   | 4.67 | 1.19  | 0.580 | -0.455 | 4.98  |
| La Tomasa    | 2 | "O"  | --   | 5.86 | ----  | 0.125 | -----  | 4.47  |
| Sta Isabel   | 1 | MC   | 15   | 4.81 | 0.90  | 1.196 | 1.322  | 9.20  |
| Sta Isabel   | 1 | "O"  | --   | 5.71 | ----  | 1.196 | -----  | 11.44 |
| Sta Isabel   | 2 | MC   | 6    | 5.71 | 0.29  | 2.914 | -1.490 | 35.68 |
| Sta Isabel   | 2 | "O"  | --   | 6.00 | ----  | 1.424 | -----  | 34.73 |

|               |   |     |    |      |       |       |        |       |
|---------------|---|-----|----|------|-------|-------|--------|-------|
| Chilarillo    | 1 | MC  | 15 | 4.81 | 0.90  | 1.196 | 1.322  | 9.20  |
| Chilarillo    | 1 | "O" | -- | 5.81 | ----  | 1.133 | -----  | 8.28  |
| Chilarillo    | 2 | MC  | 11 | 4.60 | 0.67  | 2.674 | 0.370  | 15.63 |
| Chilarillo    | 2 | "O" | -- | 5.27 | ----  | 3.044 | -----  | 19.43 |
| Gambuita      | 1 | MC  | 12 | 5.96 | 0.57  | 1.165 | 2.978  | 20.05 |
| Gambuita      | 1 | "O" | -- | 6.53 | ----  | 4.143 | -----  | 28.89 |
| Gambuita      | 2 | MC  | 6  | 6.00 | 0.65  | 0.943 | 1.006  | 16.84 |
| Gambuita      | 2 | "O" | -- | 6.65 | ----  | 1.949 | -----  | 20.38 |
| E. de Razo    | 1 | MC  | 6  | 7.41 | 0.05  | 2.013 | -0.718 | 28.08 |
| E. de Razo    | 1 | "O" | -- | 7.46 | ----  | 1.295 | -----  | 33.28 |
| E. de Razo    | 2 | MC  | 3  | 7.30 | 0.28  | 1.165 | 0.836  | 44.09 |
| E. de Razo    | 2 | "O" | -- | 7.58 | ----  | 2.001 | -----  | 45.55 |
| Rancho Nuevo  | 1 | MC  | 14 | 6.88 | -0.03 | 2.328 | -0.514 | 38.79 |
| Rancho Nuevo  | 1 | "O" | -- | 6.85 | ----  | 1.814 | -----  | 35.34 |
| Rancho Nuevo  | 2 | MC  | 7  | 5.88 | 0.17  | 0.580 | 2.269  | 32.55 |
| Rancho Nuevo  | 2 | "O" | -- | 6.05 | ----  | 2.849 | -----  | 30.26 |
| La Yerbabuena | 1 | MC  | 11 | 5.44 | 0.56  | 2.009 | 1.619  | 13.59 |
| La Yerbabuena | 1 | "O" | -- | 6.00 | ----  | 3.628 | -----  | 17.33 |
| La Yerbabuena | 2 | MC  | 4  | 6.05 | -0.07 | 1.749 | 1.230  | 24.64 |
| La Yerbabuena | 2 | "O" | -- | 5.98 | ----  | 2.979 | -----  | 25.15 |
| Ojo de Agua   | 1 | MC  | 10 | 6.84 | 0.64  | 0.944 | 1.775  | 40.04 |
| Ojo de Agua   | 1 | "O" | -- | 7.48 | ----  | 2.719 | -----  | 51.32 |
| Ojo de Agua   | 2 | MC  | 3  | 6.35 | 0.58  | 0.775 | 2.784  | 20.38 |
| Ojo de Agua   | 2 | "O" | -- | 6.93 | ----  | 3.559 | -----  | 19.86 |

## CUADRO No. 5 (CONTINUACION)

## SUELOS VERTISOL (5 SITIOS)

| LOCALIDAD          | S                 | MTRA | A.F. | pH    | DpH   | MO     | DMO   | CIC |
|--------------------|-------------------|------|------|-------|-------|--------|-------|-----|
| Sn. M. Ej. C. B. 1 | MC <sub>1</sub>   | 5    | 6.41 | 0.59  | 1.866 | -0.121 | 49.71 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 1 | MC <sub>2</sub>   | 5    | 6.49 | 0.51  | 2.658 | -0.913 | 46.48 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 1 | MC <sub>3</sub>   | 5    | 6.70 | 0.30  | 2.784 | -1.039 | 35.68 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 1 | "O"               | -    | 7.00 | ----  | 1.745 | -----  | 50.96 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 2 | MC <sub>1</sub>   | 2    | 6.80 | 0.69  | 1.895 | -0.276 | 50.02 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 2 | MC <sub>2</sub>   | 2    | 6.80 | 0.69  | 1.154 | 0.465  | 53.45 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 2 | MC <sub>3</sub>   | 2    | 6.79 | 0.70  | 2.849 | -1.230 | 54.18 |     |
| Sn. M. Ej. C. B. 2 | "O"               | -    | 7.49 | ----  | 1.629 | -----  | 39.76 |     |
| Zomayo             | 1 MC <sub>1</sub> | 15   | 5.54 | 0.13  | 2.139 | 0.840  | 28.91 |     |
| Zomayo             | 1 MC <sub>2</sub> | 15   | 6.04 | -0.37 | 2.328 | 0.651  | 30.05 |     |
| Zomayo             | 1 MC <sub>3</sub> | 15   | 5.87 | -0.20 | 1.295 | 1.684  | 29.57 |     |
| Zomayo             | 1 "O"             | --   | 5.67 | ----  | 2.979 | -----  | 28.39 |     |
| Zomayo             | 2 MC <sub>1</sub> | 6    | 5.87 | 0.20  | 0.450 | 1.295  | 32.39 |     |
| Zomayo             | 2 MC <sub>2</sub> | 6    | 5.75 | 0.32  | 1.749 | -0.004 | 25.83 |     |
| Zomayo             | 2 MC <sub>3</sub> | 6    | 5.28 | 0.79  | 2.909 | -1.164 | 20.90 |     |
| Zomayo             | 2 "O"             | -    | 6.07 | ----  | 1.745 | -----  | 30.47 |     |
| Sn Lucas           | 1 MC <sub>1</sub> | 5    | 6.83 | -0.12 | 2.074 | -0.26  | 38.40 |     |
| Sn Lucas           | 1 MC <sub>2</sub> | 5    | 6.64 | 0.07  | 1.810 | 0.004  | 43.68 |     |
| Sn Lucas           | 1 MC <sub>3</sub> | 5    | 6.65 | 0.06  | 1.949 | -0.135 | 43.57 |     |
| Sn Lucas           | 1 "O"             | -    | 6.71 | ----  | 1.814 | -----  | 41.70 |     |
| Sn Lucas           | 2 MC <sub>1</sub> | 2    | 6.63 | 0.32  | 2.139 | -0.974 | 39.38 |     |
| Sn Lucas           | 2 MC <sub>2</sub> | 2    | 6.56 | 0.39  | 2.134 | -0.969 | 37.04 |     |
| Sn Lucas           | 2 MC <sub>3</sub> | 2    | 6.56 | 0.39  | 2.138 | -0.973 | 45.34 |     |
| Sn Lucas           | 2 "O"             | -    | 6.95 | ----  | 1.165 | -----  | 48.65 |     |

|                  |                   |    |      |       |       |        |       |
|------------------|-------------------|----|------|-------|-------|--------|-------|
| Sn. P. de los A. | 1 MC <sub>1</sub> | 10 | 6.60 | 0.54  | 1.381 | 0.368  | 33.28 |
| Sn P. de los A.  | 1 MC <sub>2</sub> | 10 | 6.60 | 0.54  | 1.745 | 0.004  | 40.76 |
| Sn P. de los A.  | 1 MC <sub>3</sub> | 10 | 6.98 | 0.16  | 3.368 | -1.619 | 36.36 |
| Sn P. de los A.  | 1 "O"             | -- | 7.14 | ----  | 1.749 | -----  | 39.66 |
| Sn P. de los A.  | 2 MC <sub>1</sub> | 5  | 6.28 | 0.53  | 1.230 | 0.194  | 35.00 |
| Sn P. de los A.  | 2 MC <sub>2</sub> | 5  | 6.63 | 0.18  | 2.069 | -0.641 | 41.80 |
| Sn P. de los A.  | 2 MC <sub>3</sub> | 5  | 6.58 | 0.23  | 2.719 | -1.295 | 20.39 |
| Sn P. de los A.  | 2 "O"             | -  | 6.81 | ----  | 1.424 | -----  | 33.99 |
| La Joya I        | 1 MC <sub>1</sub> | 13 | 6.55 | 0.03  | 1.783 | 3.950  | 50.99 |
| La Joya I        | 1 MC <sub>2</sub> | 13 | 6.69 | -0.09 | 1.528 | 4.205  | 46.23 |
| La Joya I        | 1 MC <sub>3</sub> | 13 | 6.59 | 0.01  | 1.401 | 4.332  | 49.63 |
| La Joya I        | 1 "O"             | -- | 6.60 | ----  | 5.733 | -----  | 46.81 |
| La Joya I        | 2 MC <sub>1</sub> | 6  | 6.66 | 0.23  | 1.518 | 0.000  | 13.59 |
| La Joya I        | 2 MC <sub>2</sub> | 6  | 6.63 | 0.26  | 1.656 | -0.128 | 48.27 |
| La Joya I        | 2 MC <sub>3</sub> | 6  | 6.72 | 0.17  | 1.401 | 0.127  | 45.55 |
| La Joya I        | 2 "O"             | -  | 6.89 | ----  | 1.528 | -----  | 44.19 |

## CUADRO No. 5 (CONTINUACION)

## SUELOS VERTISOL (15 SITIOS)

| LOCALIDAD       | S | MTRA | A.F | pH   | DpH   | MO    | DMO    | CIC   |
|-----------------|---|------|-----|------|-------|-------|--------|-------|
| Sn. M. Ej. C.B. | 1 | MC   | 5   | 6.54 | 0.46  | 2.436 | -0.691 | 43.95 |
| Sn. M. Ej. C.B. | 1 | "O"  | -   | 7.00 | ----  | 1.745 | -----  | 50.96 |
| Sn. M. Ej. C.B. | 2 | MC   | 2   | 6.80 | 0.69  | 1.966 | -0.347 | 52.55 |
| Sn. M. Ej. C.B. | 2 | "O"  | -   | 7.49 | ----  | 1.619 | -----  | 39.76 |
| Zomayo          | 1 | MC   | 15  | 5.81 | -0.14 | 1.920 | 1.059  | 29.51 |
| Zomayo          | 1 | "O"  | --  | 5.67 | ----  | 2.979 | -----  | 28.39 |
| Zomayo          | 2 | MC   | 6   | 5.64 | 0.43  | 1.702 | 0.043  | 26.37 |
| Zomayo          | 2 | "O"  | -   | 6.07 | ----  | 1.745 | -----  | 30.47 |
| Sn. Lucas       | 1 | MC   | 5   | 6.50 | 0.21  | 1.944 | -0.130 | 41.88 |
| Sn. Lucas       | 1 | "O"  | -   | 6.71 | ----  | 1.814 | -----  | 41.70 |
| Sn. Lucas       | 2 | MC   | 2   | 6.59 | 0.36  | 2.137 | -0.972 | 40.55 |
| Sn. Lucas       | 2 | "O"  | -   | 6.95 | ----  | 1.165 | -----  | 42.67 |
| Sn. P. de los A | 1 | MC   | 10  | 6.73 | 0.41  | 2.164 | -0.415 | 36.80 |
| Sn. P. de los A | 1 | "O"  | --  | 7.14 | ----  | 1.749 | -----  | 39.66 |
| Sn. P. de los A | 2 | MC   | 5   | 6.50 | 0.31  | 2.006 | -0.582 | 32.39 |
| Sn. P. de los A | 2 | "O"  | -   | 6.81 | ----  | 1.424 | -----  | 33.09 |
| La Joya I       | 1 | MC   | 13  | 6.61 | -0.01 | 1.570 | 4.163  | 48.96 |
| La Joya I       | 1 | "O"  | --  | 6.60 | ----  | 5.733 | -----  | 46.81 |
| La Joya I       | 2 | MC   | 6   | 6.67 | 0.22  | 1.528 | 0.000  | 35.80 |
| La Joya I       | 2 | "O"  | -   | 6.89 | ----  | 1.528 | -----  | 44.19 |
| S. José de Peña | 1 | MC   | 4   | 7.11 | 0.18  | 1.424 | 0.651  | 42.48 |
| S. José de Peña | 1 | "O"  | -   | 7.29 | ----  | 2.074 | -----  | 40.72 |
| S. José de Peña | 2 | MC   | 2   | 7.68 | 0.24  | 1.146 | 1.913  | 37.02 |
| S. José de Peña | 2 | "O"  | -   | 7.44 | ----  | 3.109 | -----  | 39.76 |
| La Joya II      | 1 | MC   | 6   | 6.79 | 0.06  | 1.489 | 0.451  | 53.04 |
| La Joya II      | 1 | "O"  | -   | 6.85 | ----  | 1.940 | -----  | 53.24 |
| La Joya II      | 2 | MC   | 2   | 6.69 | 0.01  | 4.464 | -0.144 | 55.12 |
| La Joya II      | 2 | "O"  | -   | 6.70 | ----  | 0.320 | -----  | 41.12 |
| Salto de Peña   | 1 | MC   | 7   | 6.73 | 0.22  | 2.094 | 0.128  | 43.16 |
| Salto de Peña   | 1 | "O"  | -   | 6.95 | ----  | 2.202 | -----  | 50.33 |
| Salto de Peña   | 2 | MC   | 2   | 6.74 | 0.19  | 0.710 | 0.455  | 44.51 |
| Salto de Peña   | 2 | "O"  | -   | 6.93 | ----  | 1.165 | -----  | 44.72 |
| Piedras de Lum. | 1 | MC   | 10  | 6.51 | -0.02 | 1.527 | 0.507  | 33.07 |
| Piedras de Lum. | 1 | "O"  | --  | 6.49 | ----  | 1.814 | -----  | 38.58 |
| Piedras de Lum. | 2 | MC   | 5   | 6.79 | 0.29  | 2.202 | 0.062  | 33.48 |
| Piedras de Lum. | 2 | "O"  | -   | 7.08 | ----  | 2.264 | -----  | 40.66 |

|                |   |     |    |      |       |       |        |       |
|----------------|---|-----|----|------|-------|-------|--------|-------|
| Sn Ignacio     | 1 | MC  | 8  | 6.60 | -0.27 | 1.886 | -0.202 | 17.05 |
| Sn Ignacio     | 1 | "O" | -  | 6.33 | ----  | 1.684 | -----  | 33.31 |
| Sn Ignacio     | 2 | MC  | 2  | 6.54 | 0.09  | 1.697 | 0.308  | 33.48 |
| Sn Ignacio     | 2 | "O" | -  | 6.63 | ----  | 2.005 | -----  | 36.40 |
| El Clarin      | 1 | MC  | 14 | 5.36 | 0.18  | 1.424 | 0.905  | 26.93 |
| El Clarin      | 1 | "O" | -  | 5.54 | ----  | 2.329 | -----  | 23.50 |
| El Clarin      | 2 | MC  | 8  | 5.05 | 0.47  | 3.145 | 0.691  | 16.98 |
| El Clarin      | 2 | "O" | -  | 5.52 | ----  | 3.836 | -----  | 19.64 |
| E. de Romero   | 1 | MC  | 20 | 6.46 | 0.10  | 1.745 | 4.152  | 59.48 |
| E. de Romero   | 1 | "O" | -  | 6.56 | ----  | 5.897 | -----  | 51.61 |
| E. de Romero   | 2 | MC  | 5  | 6.56 | -0.10 | 2.009 | -0.195 | 39.08 |
| E. de Romero   | 2 | "O" | -  | 6.56 | ----  | 1.814 | -----  | 32.63 |
| La Luz de Peña | 1 | MC  | 4  | 6.33 | 0.25  | 1.359 | 1.685  | 43.05 |
| La Luz de Peña | 1 | "O" | -  | 6.58 | ----  | 3.094 | -----  | 47.19 |
| La Luz de Peña | 2 | MC  | 2  | 6.34 | 0.18  | 1.814 | 0.081  | 31.27 |
| La Luz de Peña | 2 | "O" | -  | 6.52 | ----  | 1.895 | -----  | 32.65 |
| La Ceja        | 1 | MC  | 5  | 7.06 | 0.33  | 1.814 | 1.425  | 44.86 |
| La Ceja        | 1 | "O" | -  | 7.39 | ----  | 3.239 | -----  | 50.30 |
| La Ceja        | 2 | MC  | 3  | 6.87 | 0.00  | 2.070 | 0.519  | 41.60 |
| La Ceja        | 2 | "O" | -  | 6.87 | ----  | 2.584 | -----  | 38.40 |
| La Luz de J.   | 1 | MC  | 15 | 6.38 | 0.11  | 2.802 | 1.020  | 46.91 |
| La Luz de J.   | 1 | "O" | -  | 6.49 | ----  | 3.822 | -----  | 48.95 |
| La Luz de J.   | 2 | MC  | 5  | 6.76 | 0.31  | 1.910 | 0.128  | 51.67 |
| La Luz de J.   | 2 | "O" | -  | 7.07 | ----  | 2.038 | -----  | 50.03 |

S = Número del sitio muestreado en cada localidad.

MTRA = Muestra.

MC<sub>n</sub> = Muestra tomada en la parcela.

"O" = Muestra tomada en la orilla de la parcela.

A.F. = Número de años de aplicación de fertilizante.

DpH = Diferencia entre el pH de la muestra de la parcela y la muestra de la orilla.

DMO = Diferencia entre el contenido de la materia orgánica de la muestra de la parcela y la muestra de la orilla.

MO = Materia orgánica.

CIC = Capacidad de Intercambio Cationico.