

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**EVALUACION FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS SUELOS AFECTADOS POR  
LA TORMENTA TROPICAL MITCH EN EL MUNICIPIO DE SAN LUIS  
TALPA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**Trabajo de Graduación Presentado por:**

**MONGE GIRON, ANA YAZMIN  
PALACIOS GARCIA, MYRNA JOSEFINA  
ROMERO ESTRADA, MAURICIO ERNESTO**

**Para Optar al Grado de**

**LICENCIADO EN QUIMICA Y FARMACIA**

**DICIEMBRE 1999**

**San Salvador, El Salvador, Centro América**



**© 2001, DERECHOS RESERVADOS**

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

T-UES  
1601  
MGG4e

Ej 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

Dr. José Benjamín López Guillén

SECRETARIO GENERAL

Lic. Ennio Arturo Luna

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

Dra. Kenny Luz de María Sosa

SECRETARIA

Lic. María Isabel Ramos de Rodas

## ASESORES

Lic María Luisa Ortiz de López

Ing Óscar Gilberto Hernández

## JURADO

Lic Gloria Leticia Jerez de Juárez

Lic Katia Eunice Leyton de Fernández

Lic María Elisa Vivar de Figueroa

## AGRADECIMIENTO

A la Lic María Luisa Ortiz, por habernos brindado su adecuada orientación en la asesoría de este trabajo de graduación

Al Ing Óscar Gilberto Hernández, por ser el guía y ejemplo en el difícil camino del desarrollo de este trabajo de graduación

A Irma Lisseth Rico Girón, por haber brindado su tan valioso aporte y colaboración en el campo de computación

A los miembros del jurado calificador, por la revisión y aprobación de este trabajo

Agradecimiento especial a PROCAFE, por haber prestado sus instalaciones para llevar a cabo el desarrollo experimental de este trabajo

Con especial cariño a Ruth, Paty, Silvita y Juan Antonio, por haber brindado toda su colaboración

Y a todas esas personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo de graduación

Yazmin, Myrna, Mauricio

## DEDICATORIA

Dedico este triunfo

A Dios padre y a la Virgen María Auxiliadora, por ser mis padres celestiales y ayudarme siempre

A mis padres Mima y Marcos Antonio, por su amor y apoyo incondicional durante todo mi vida Los quiero mucho

A mi hermana Ambar por todo su amor, apoyo, ayuda para el desarrollo de mi carrera

A mi esposo René Guerra, por su gran amor, paciencia y ayuda durante el desarrollo de este trabajo

A mi hijo René Francisco, por ser mi motivación en los momentos más difíciles de mi vida

A mi prima Irma Rico , ya que sin ella no hubiera podido realizar este trabajo.

A mi tía tila y mi tío Ricardo por su apoyo y amor de padres

A mis primos Douglas, Koki, Y William por su amor de hermanos

A Mamamina y Papatoño (QDDG) por su apoyo brindado

A mis compañeros Mauricio y Myrna, y demás personas que me ayudaron de una u otra forma para la realización de este trabajo

Ana Yazmin Monge Girón de Guerra

## DEDICATORIA

Dedico este triunfo

A Dios Todopoderoso, por ser el guía en mi vida y creador

A mi madre, Gloria de Palacios, por apoyarme siempre en mis decisiones y darme todo su amor y comprensión en los momentos más difíciles

A mi padre, Alberto Palacios, por motivarme y apoyarme a seguir adelante en mi carrera universitaria

A mi hijo, René Alejandro con todo mi amor y cariño

A mi esposo, Alex Escalante, por todo su amor y comprensión, para la realización de este trabajo

A mis hermanos Jaime Alberto y René Alfredo, por darme su apoyo y cariño en todo momento

A toda mi familia y amigos, en especial a mi suegra Lucy de Escalante, por toda su colaboración y ayuda

A mis compañeros Yazmin y Mauricio, por el logro de la finalización de nuestro trabajo de graduación

Myrna Josefina Palacios García

## DEDICATORIA

Dedico Este Triunfo

A Dios Todopoderoso, ejemplo de vida y fortaleza de mi existencia, por permitirme vivir y seguir adelante

A mi padre Misael y mi madre Rosa Mirna, por todo su incondicional amor y apoyo que durante toda mi vida me han dado, además por creer siempre en mí Los Amo

A mis hermanos Luis, Marielos y Guadalupe, por darme ánimos, apoyo y comprensión en todo momento, gracias, por confiar en mí y decirles que siempre los querré mucho

A Norma, Caty, Mayra, Julio, José y a mis sobrinos, por darme ese cariño de familia y permitirme ser parte de una familia muy especial

A tía Yuly, por creer en mí y apoyarme en todos mis proyectos y darme ánimos en toda mi vida, por ser siempre lo que es Mi Tía

A todos mis amigos por darme ese calor de compañerismo y amistad incondicional en especial a Yazmin y Myrna, por permitirme trabajar juntos

Mauricio Ernesto Romero Estrada

## INDICE

|       |  |   |
|-------|--|---|
| I     | INTRODUCCIÓN   | 1 |
| II    | OBJETIVOS  | 3 |
| III   | FUNDAMENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA EL ANÁLISIS DE SUELO   | 5 |
| 1     | GENERALIDADES  | 5 |
| 1 1   | ORIGEN Y APLICACIÓN  | 6 |
| 1 2   | ¿ QUÉ ES EL ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO ?  | 7 |
| 1 3   | IMPORTANCIA DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO   | 7 |
| 1 3 1 | ANÁLISIS QUÍMICOS  | 8 |
| 1 3 2 | ANÁLISIS FÍSICO  | 8 |
| 1 4   | APLICACIONES QUE TIENEN LAS DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS | 9 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1 4 1  | TEXTURA DEL SUELO                         | 9  |
| 1 4 2  | pH  | 10 |
| 1 4 3  | ACIDEZ TOTAL                              | 12 |
| 1 4 4  | PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO            | 12 |
| 1 4 5  | MATERIA ORGÁNICA                          | 13 |
| 1 4 6  | ALUMINIO                                  | 14 |
| 1 4 7  | FÓSFORO                                   | 15 |
| 1 4 8  | POTASIO                                   | 17 |
| 1 4 9  | CALCIO                                    | 18 |
| 1 4 10 | MAGNESIO                                  | 19 |
| 1 4 11 | BORO                                      | 21 |
| 1 4 12 | ZINC                                      | 21 |
| 2      | FUNDAMENTO DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS | 22 |
| 2 1    | PROFUNDIDAD EFECTIVA                      | 22 |
| 2 2    | pH  | 23 |
| 2 3    | ACIDEZ TOTAL                              | 24 |
| 2 4    | TEXTURA                                   | 25 |
| 2 5    | FÓSFORO                                   | 25 |
| 2 6    | POTASIO                                   | 26 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2 7  | CALCIO Y MAGNESIO   | 27 |
| 2 8  | ALUMINO   | 28 |
| 2 9  | MATERIA ORGÁNICA  | 28 |
| 2 10 | BORO  | 29 |
| 2 11 | ZINC  | 30 |
| IV   | PARTE EXPERIMENTAL DETERMINACIONES DEL ESTADO FÍSICO Y QUÍMICO EN MUESTRAS DE SUELO | 31 |
| 3 1  | Determinación de Profundidad Efectiva   | 35 |
| 3 2  | Determinación de pH   | 37 |
| 3 3  | Determinación de acidez total   | 38 |
| 3 4  | Determinación de textura  | 40 |
| 3 5  | Determinación de materia orgánica   | 44 |
| 3 6  | Determinación de calcio, magnesio y aluminio  | 50 |
| 3 7  | Determinación de fósforo, potasio y zinc  | 53 |
| 3 8  | Determinación de boro   | 58 |
| V    | RESULTADOS  | 60 |
| VI   | INTERPRETACION DE RESULTADOS  | 83 |
| VII  | CONCLUSIONES  | 91 |

|      |                 |    |
|------|-----------------|----|
| VIII | RECOMENDACIONES | 94 |
| IX   | BIBLIOGRAFIA    | 96 |
|      | ANEXOS          | 99 |

## I INTRODUCCIÓN

En El Salvador la tormenta tropical *Mitch*, como un fenómeno meteorológico histórico, ocurrió entre el 28 de octubre y el 1 de noviembre de 1998, ocasionando problemas en los suelos destinados a la agricultura en la zona en estudio, afectando el cultivo de la tierra, el cual representa un alto porcentaje de la actividad económica nacional, observándose una disminución en el rendimiento por cosecha en los suelos inundados, comparado con la producción de los suelos no inundados

La investigación se realizó en la cooperativa "El Pimental " en San Luis Talpa en el departamento de La Paz (Anexo1) a una altura de 30 metros sobre el nivel del mar (msnm), evaluando qué efecto ha producido el exceso de agua sobre la tierra destinada a cultivos intensivos y cual es el cambio que ésta sufre, ya que se cultiva maíz, yuca, pepino, caña de azúcar, frijol, plátano, papaya, gandul, camote, flor de Jamaica, entre otros

La investigación se centró en la importancia de los análisis físico y químico del suelo, determinando Textura por Bouyucos (porcentaje %), materia orgánica (porcentaje %), pH, acidez total, profundidad efectiva (centímetros cm), aluminio (miliequivalentes meq/100cc), calcio (miliequivalentes Meq /100cc), magnesio (miliequivalentes Meq/100 cc), fósforo (miligramos por

litro mg/L), potasio (miligramos por litro mg/L), boro(miligramos por litro mg/L), zinc (miligramos por litro mg/L)

Para tal fin se emplearán los métodos de análisis usados, por el Dr Arvel Hunter President AGROSERVICES INTERNATIONAL, Florida, March 1988 y los métodos del Dr J L Malker y el Ing H E Menéndez 1996 y los métodos del Dr R H Miller

El estudio de campo, tuvo una duración de tres meses febrero, marzo y abril de 1999

La presente investigación constituye una herramienta informativa, ya que por su ubicación geográfica El Salvador no esta exento de otro problema similar y servirá como una referencia de los cambios que sufren los suelos respecto a este tipo de fenómeno meteorológico

## II OBJETIVOS

### 1 - GENERAL

Evaluar por medio del análisis físico y químico el estado de fertilidad actual de los suelos influenciados por el fenómeno meteorológico *Mitch* en la cooperativa "El Pimental ", Municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz

### 2 - ESPECÍFICOS

2 1 -Determinar el estado actual de fertilidad del suelo analizando textura por Bouyououcos, materia orgánica, pH, acidez total, profundidad efectiva, aluminio, calcio, magnesio, fósforo, potasio, boro y zinc

2 2 - Realizar una comparación de los cambios físicos y químicos ocurridos en los suelos no inundados e inundados, durante el fenómeno meteorológico

2 3 - Medir la profundidad efectiva, para dar un diagnóstico en el cual se exprese la utilización de estos suelos, destinados a la agricultura

2.4 - Proporcionar los resultados de los análisis como ayuda, para los agrónomos, habitantes de la cooperativa e instituciones especializadas en esta área

2.5 - Dar a conocer los resultados a instituciones nacionales e internacionales relacionadas con esta investigación

### III FUNDAMENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA EL ANÁLISIS DE SUELO

#### I GENERALIDADES

El análisis de las características físicas y químicas de los suelos y de las características químicas de las plantas, se emplean frecuentemente en la investigación, servicio y docencia en agricultura, ecología, contaminación ambiental, recursos naturales, ingeniería

Se entiende por análisis, la actividad que conduce a la descomposición de las muestras en sus elementos físicos y químicos que las componen, con el propósito de estudiarlos o caracterizarlos en detalle

El análisis físico se refiere al estudio de propiedades de los cuerpos, en condiciones en que no se modifica su naturaleza íntima, pero que puede modificar su estado

El análisis químico persigue conocer la composición de los suelos, es decir, la clase de unidades estructurales químicas que lo constituyen y su cuantificación

## 11 ORIGEN Y APLICACIÓN

Si recurrimos al diccionario de la Real Academia Española encontraremos que *análisis*, proviene del Griego, cuya raíz etimológica significa *desatar* y se define como *La distinción y separación de las partes de un todo, hasta llegar a conocer sus principios o elementos*

Dentro de las aplicaciones en la agricultura tenemos el análisis agrícola, diremos que esta sé técnica o está técnicamente dirigida cuando todos sus *pasos son seguidos por la comprobación matemática-analítica de todos los elementos que concurren en la producción agrícola, y así tendremos que examinar e identificar los suelos, subsuelos, agua, elementos fertilizantes y los productos que se derivan del cultivo y cosecha, así como otros agentes químicos utilizados con el fin de mejorar los sistemas de producción como los fungicidas, herbicidas, insecticidas, etc*

Dentro de lo anterior resalta la enorme importancia de los análisis en la agroindustria, para el investigador especializado, el agrónomo y el agricultor

## 1 2 ¿QUE ES EL ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO?

Es el procedimiento realizado en el laboratorio, utilizando una muestra de suelo, con el propósito de determinar

1 2 1 Propiedades físicas del suelo, como textura

1 2 2 Propiedades químicas, como materia orgánica, cuantificación y cualificación de nutrientes

Los resultados de éstos análisis son la base para formular las recomendaciones para el uso eficiente de fertilizantes en los suelos agrícolas

## 1 3 IMPORTANCIA DE LOS ANALISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO

### 1 3 1 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico de los suelos se practica con varios objetivos, siendo los dos más importantes

1 3 1 1 La caracterización química del material suelo

1 3 1 2 La determinación del potencial de abastecimiento de nutrimentos para las plantas

El primer objetivo, generalmente requiere del análisis elemental total del suelo. El segundo, en cambio, utiliza métodos que tratan de simular la actividad extractiva de nutrientes ejercida por las raíces de las plantas, durante el período de crecimiento. Este último tipo de análisis se usa para hacer recomendaciones de fertilizantes químicos y abonos orgánicos.

### 1.3.2 ANÁLISIS FÍSICO

Los análisis físicos del suelo, tratan de ayudar al entendimiento de los mecanismos que se desarrollan en el comportamiento de los suelos y su papel en la naturaleza, como el ciclo del agua o el transporte de materiales orgánicos.

## 1.4 APLICACIONES QUE TIENEN LAS DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS

### 1.4.1 TEXTURA DEL SUELO

Tanto la textura como la estructura del suelo, influyen en la cantidad de aire y de agua, que las plantas en crecimiento pueden obtener

El tamaño de las partículas es importante por dos razones

1.4.1.1 Las partículas de arcilla que son más pequeñas encajan entre sí, en forma mucho más exacta que las partículas de arena que son más grandes. Esto significa que tanto para el aire como para el agua, los poros serán más pequeños en el suelo.

1.4.1.2 Las partículas pequeñas, tienen mayor área de superficie de contacto que las más grandes. Por ejemplo, la partícula de arcilla, tiene un área de superficie de contacto alrededor de 25 veces mayor que la partícula de arena más pequeña. A medida que aumenta el área de superficie, también aumenta la cantidad de agua absorbida (retenida).

A esto se debe el hecho, de que la arena retenga cantidades de agua relativamente pequeñas, ya que sus grandes espacios porosos permiten que el agua drene libremente del suelo. Las arcillas absorben cantidades

relativamente grandes de agua debido a que sus pequeños espacios porosos, retienen el agua en contra de la fuerza de gravedad

Aunque los suelos arcillosos tienen una capacidad de retención mayor que los suelos arenosos, no toda esta humedad está disponible para las plantas en crecimiento. Los suelos arcillosos (y los de alto contenido de materia orgánica) retienen el agua con más firmeza que los suelos arenosos. Esto significa menor cantidad de agua disponible. De modo, que los suelos arcillosos retienen más agua que los suelos arenosos pero una gran parte de la misma no es aprovechable.

#### 1.4.2 pH

El término pH, define la acidez y basicidad relativa de una sustancia. La escala de pH cubre de cero a catorce (0 - 14). Un valor de  $\text{pH} = 7.0$  es neutral. Los valores inferiores a 7.0 son ácidos, los valores superiores a 7.0 son básicos. La mayoría de los suelos productivos, tienen niveles de pH que oscilan entre 4.0 y 9.0.

El grado de acidez y basicidad del suelo está influenciado por el tipo de material madre a partir de la cual se formó el suelo. Cuando se habla del pH del suelo se hace referencia a una de las cualidades más indicativas de sus

propiedades Que el suelo sea ácido, neutro o alcalino determina en gran parte la solubilidad de varios compuestos, la fuerza de unión de los iones en los sitios de intercambio y la actividad de los microorganismos El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de los iones  $H^+$  en la solución

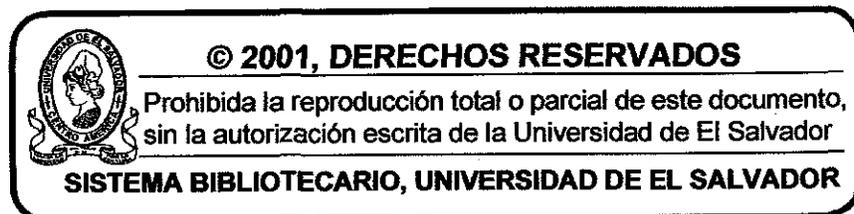
$$pH = -\log a [H^+] = \log 1/[H^+]$$

Donde

a Actividad de los iones hidrógeno

$[H^+]$  concentración de iones hidrógeno

El exceso de iones hidrógeno causa una disminución en la capacidad de absorción de nutrimento a nivel de la raíz Su efecto más importante es sobre los procesos químicos y biológicos en el suelo



### 1 4 3 ACIDEZ TOTAL

Es importante determinar la acidez total de un suelo, para poder calcular la cantidad de saturación de bases intercambiables y de reserva, presentes en el suelo y para el desarrollo de programas de enmienda de fertilidad para *obtener mayor rendimiento en la producción agrícola*

### 1 4 4 PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO

La profundidad del suelo puede ser definida como La distancia a que se encuentran los materiales del suelo, para que sea favorable la absorción de estos por las raíces de las plantas Suelos profundos, bien drenados de textura y estructura favorable, son adecuados para la producción de cultivos Las plantas necesitan una profundidad adecuada para crecer y obtener suficientes nutrientes y agua Las raíces pueden variar su tamaño, siempre que el suelo lo permita

Tabla 3-1 ***Clasificación de la productividad de los suelos de acuerdo a su profundidad efectiva.***

| Profundidad del suelo utilizable por las raíces del cultivo (cm) | Productividad relativa (%) |
|--|----------------------------|
| 30   | 35                         |
| 60   | 60                         |
| 90   | 75                         |
| 120  | 85                         |
| 150  | 95                         |
| 180  | 100                        |

Referencia método recomendado por el CATIE<sup>1</sup>

#### 145 MATERIA ORGÁNICA

La importancia de este factor está dada por su influencia directa e indirecta sobre las propiedades del suelo, es una fracción muy importante ya que está relacionada con las características químicas, físicas y biológicas. Esta constituida por formas orgánicas tanto de origen animal, vegetal, y en diferentes estados de descomposición, pese a ello solo la fracción muerta y con algún grado de descomposición tienen efecto sobre las propiedades químicas del suelo, como es el caso del humus y otras sustancias orgánicas.

<sup>1</sup> CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

El efecto de la materia orgánica sobre las características químicas del suelo se dá básicamente como a) Componente coloidal que aumenta la superficie de reacción o de absorción de nutrimento del suelo, incrementando de esta forma la capacidad de intercambio tanto de aniones como cationes b) Una fuente que provee nutrimentos, especialmente nitrógeno, fósforo, azufre y elementos menores a la planta, a través de la mineralización del suelo, también produce iones hidronio, (por medio de radicales ácidos), que contribuyen a la acidez del suelo

#### 1 4 6 ALUMINIO

En los suelos tropicales los principales componentes de acidez intercambiable son el aluminio ( $Al^{3+}$ ), los iones hidrógenos ( $H^+$ ) y en menor grado el manganeso ( $Mn^{2+}$ ) y el hierro( $Fe^{2+}$ ), esta acidez es medida en Meq/L La acidez guarda una relación inversa con el pH y con la cantidad de bases en el suelo, (principalmente de calcio, magnesio y potasio), en otras palabras a mayor valor de pH menor será la cantidad de aluminio El aluminio libre en el suelo, cuando reacciona con el agua, genera más iones hidronio en el medio acuoso y por lo tanto más acidez El efecto de la acidez sobre las

la disponibilidad de ciertos nutrimentos y provocar el exceso de otros hasta niveles tóxicos

#### 1 4 7 FÓSFORO

El fósforo elemental, es químicamente muy activo, debido a ello no se le encuentra en estado puro en la naturaleza, sino en combinación con otros elementos, en forma orgánica e inorgánica. En forma inorgánica está presente como fosfato de calcio, hierro y aluminio. Como fosfato cristalino es derivado de la transformación de los fertilizantes, en formas no bien definidas es absorbido como complejo coloidal, y en lugares inundados puede llegar a presentarse como ácido fosfórico. En la forma orgánica, uno o más hidrógenos del ácido fosfórico dan origen a los enlaces esteéricos y el resto puede ser reemplazado por cationes.

El fósforo del suelo, proviene en su mayor parte de la intemperización de la apatita, un mineral que contiene fósforo y calcio, junto con otros elementos como flúor y cloro. A medida que la apatita se descompone, se desprende fósforo en el suelo.

El fósforo se mueve muy poco en la mayoría de los suelos, por lo general se queda en el lugar que es puesto ya sea por la intemperización de los

minerales o por la fertilización, el fósforo que se pierde por lixiviación es muy poco, si bien es cierto que este se mueve con mayor facilidad en los suelos arenosos que en los arcillosos

El fósforo actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, así como división celular, alargamiento celular y muchos otros procesos de la planta viviente. Promueve la formación temprana y el crecimiento de las raíces. El fósforo mejora la calidad de numerosas frutas, verduras y cereales, además es vital para la formación de las semillas.

La concentración de fósforo es más alta en las semillas que en ninguna otra parte de la planta madura, también ayuda a que las plántulas y las raíces se desarrollen más rápidamente, permite a su vez a las plantas soportar inviernos rigurosos, aumenta la eficiencia del uso del agua y acelera la madurez, lo cual es importante para la cosecha y calidad del cultivo.

El primer síntoma de la falta de fósforo, es una planta atrofiada. Las hojas pueden deformarse. Con deficiencia severa, se pueden producir áreas necróticas en las hojas, frutos y tallos. Las hojas más viejas quedan afectadas antes que las jóvenes, a menudo se observa un color rojizo en las plantas de maíz deficientes de fósforo.

## 1 4 8 POTASIO

El potasio es vital para la fotosíntesis. Cuando hay deficiencia de este elemento la fotosíntesis disminuye y a medida que se hace deficiente la respiración de la planta aumenta.

Estas dos condiciones, producidas por la deficiencia de potasio (disminución de la fotosíntesis y aumento de la respiración), reducen los carbohidratos de las plantas.

El potasio es esencial en la síntesis de proteínas, ayuda a la planta para hacer uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia, (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta.

Uno de los síntomas de deficiencia más común es el quemado o fogueo en los bordes de las hojas, también produce que las plantas crezcan lentamente y estas presentan un sistema radicular con desarrollo deficiente. Los tallos son débiles, y el vuelco de las plantas es común, las semillas y los frutos son pequeños y arrugados, y las plantas presentan una resistencia baja a las enfermedades.

El potasio es absorbido (desde el suelo) por las plantas en su forma iónica ( $K^+$ ). A diferencia del nitrógeno y fósforo, el potasio no forma compuestos

orgánicos en las plantas. Su función primaria parece estar ligada al metabolismo de la planta. La mayor parte del potasio del suelo (99%) está en forma no cambiante. Además, en presencia de un exceso de agua se puede perder por lixiviación.

#### 1.4.9 CALCIO

El calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), el magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y el azufre ( $\text{S}^{2-}$ ) son llamados nutrientes secundarios. Esto no significa que tengan menor importancia en el crecimiento de las plantas, ya que la deficiencia de ellos, puede inhibirla, tanto como la deficiencia de un macronutriente.

El calcio estimula el crecimiento de las raíces, hojas y fortalece la estructura de la planta. También ayuda a reducir los nitratos en los tejidos e influye en la disminución de la acidez de los suelos y reduce la solubilidad y toxicidad de manganeso, cobre y aluminio, así como también mejora las condiciones del crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana. El calcio es requerido en cantidades altas por las bacterias nitrificantes.

Los síntomas de deficiencia más común es un crecimiento radicular deficiente, el punto de crecimiento muere, las raíces se ponen negras. Los tejidos nuevos necesitan pectato de calcio, para la formación de la pared

celular. De ahí que la deficiencia de calcio ocasiona que las puntas y el punto de crecimiento de las hojas se vuelvan gelatinosos.

Las cantidades totales de calcio en los suelos fluctúan desde 0.1% hasta 25%.

Los suelos orgánicos recién drenados, por lo general contienen muy poco calcio y además tienen valores de pH extremadamente bajos. Los suelos arcillosos por lo general contienen más calcio que los suelos arenosos, es el catión más dominante en el suelo aún con pH bajo, es retenido como un catión de intercambio en las superficies cargadas negativamente de las arcillas. El calcio como otros cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ), se encuentra presente en el suelo y es restringido como un catión de intercambio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en las superficies cargadas negativamente de las arcillas y materia orgánica del suelo. Forma parte de numerosas estructuras del suelo y es dominante como dolomita, calcita, apatita y feldespatos.

#### 1.4.10 MAGNESIO

Es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis. Las semillas tienen niveles relativamente altos de magnesio, si bien, es cierto que los granos de maíz tienen niveles relativamente bajos, ayuda en el metabolismo de los fosfatos.

Los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen en las hojas viejas, muestran una coloración bronceada, amarillenta o rojiza, quedando las venas de las hojas de color verde, las hojas de maíz se presentan con rayas amarillas con venas verdes

Los suelos contienen menos magnesio que calcio, debido a que el magnesio es más soluble y por lo tanto es más lixiviable, aun cuando la mayoría de ellos contienen suficiente magnesio como para soportar el crecimiento de las plantas

Las deficiencias de magnesio ocurren con mayor frecuencia en los suelos de textura gruesa y suelos ácidos desarrollados bajo alta pluviosidad. También pueden presentarse deficiencias en suelos calcáreos donde el agua de riego contiene altos niveles de bicarbonatos, o suelos alcalinos. Siendo un catión, el magnesio ( $Mg^{2+}$ ) está sujeto al intercambio catiónico. Se le encuentra en solución en el suelo y se encuentra absorbido en las superficies de las arcillas y de la materia orgánica.

#### 1 4 11 BORO

Los micronutrientes como el boro y el zinc entre otros, son tan importantes para la nutrición de las plantas, como los nutrientes primarios y los secundarios, aunque las plantas no requieren gran cantidad de ellos

La falta de cualquiera de ellos en el suelo puede limitar el crecimiento aún cuando todos los otros nutrientes esenciales se encuentren presentes en cantidades adecuadas

El boro es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico, también participa en la formación de las paredes celulares

Forma complejos de azúcar-boro asociados con la transformación de proteínas. La deficiencia del boro atrofia la planta, comenzando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas. Esto indica que el boro no es translocado en la planta. El clima seco también puede desencadenar su deficiencia.

#### 1 4 12 ZINC

Ayuda a las sustancias que intervienen en los sistemas enzimáticos de las plantas. El zinc es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas, así como para producir clorofila y para la formación de hidratos de carbono.

Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más jóvenes y otras partes de las plantas en crecimiento activo

El suelo puede contener desde unos pocos a cientos de kilogramos de zinc por hectárea. Los suelos de textura fina por lo general contienen más zinc que los suelos arenosos, pero el contenido total de zinc, no indica que cantidad se encuentra disponible

Una porción apreciable de zinc en el suelo, se encuentra en la fracción arcilla, por lo que los suelos arcillosos son los que presentan contenidos más altos de este elemento. Gran parte de él proviene de la fracción orgánica

## 2 FUNDAMENTOS DE ANÁLISIS

### 2.1 PROFUNDIDAD EFECTIVA

Este método clasifica la productividad de los suelos determinando la facilidad que ofrece el suelo, a la penetración de las raíces de un cultivo así mismo evaluando y sirviendo de guía para la implementación de nuevos cultivos

Pasos para la medición de la profundidad efectiva

2 1 1 Seleccionar unidades individuales de perforación, (pueden ser tablones A y B)

2 1 2 Después elegir una planta (X) en el tablón seleccionado y luego en la zona de muestreo sobre la línea del surco del árbol ó planta, hacer perforaciones hasta encontrar mayor número de raíces, tomando una distancia de 20 centímetros del tallo para no lastimar las raíces

En la mayoría de estudios de profundidad efectiva tienen por objeto intensificar otros cultivos o tener un cuadro tan bueno como sea posible de las principales zonas en que las raíces absorben agua y elementos nutritivos Por tanto la zona donde se encuentra el mayor número de raíces se considera como la profundidad efectiva de un suelo

## 2 2 pH

La determinación de pH, involucra una medición de iones hidrógeno a través, de un diferencia de potencial eléctrico entre dos electrodos y luego medimos ésta en términos de voltaje

El electrodo de vidrio utilizado es sensible al ión hidrógeno, es decir que su potencial cambia con variaciones en la concentración del ión Contiene una solución de HCL y KCL separadas por una membrana que genera el potencial

eléctrico al contactar la solución interna de iones y una solución externa (suspensión de suelo) de concentración desconocida de iones hidrógenos ( $H^+$ ) El otro electrodo es el de referencia que es de  $Ag - AgCl$ , el cual tiene un potencial constante con el fin de que cualquier cambio en el voltaje medido, sea originado por un cambio en la concentración de iones hidrógenos en el electrodo de vidrio

Entonces la medición de pH por el método potenciométrico involucra una medición de voltaje por los electrodos los cuales portan la corriente que tiene una completa trayectoria de conducción (circuito) en el flujo Este requiere un segundo electrodo (referencia) el cual normalmente es un electrodo de calomel ( $Hg - Hg_2Cl_2$ )

### 2.3 ACIDEZ TOTAL

La determinación de acidez total se hace midiendo el pH por el método potenciométrico, utilizando para ello buffer pH = 7, que contiene Dicromato de potasio, trietanolamina, paranitrofenol y metanol Esta solución que sirve como medio para que la medición de voltaje no solo sea del potencial de concentración de iones hidrógenos, sino también de todos los iones que imparten acidez al suelo, el resultado obtenido sirve para calcular la

capacidad de intercambio cationico total (C I C T ), la saturación de bases y para programas de fertilidad

#### 2 4 TEXTURA POR BOUYOUCOS

El método consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión. La densidad de la suspensión se mide a través de un hidrómetro especial.

El principio en que se basa la determinación del grado de textura de un suelo es el siguiente. Las partículas en suspensión caen en un medio acuoso, a la velocidad proporcional de la raíz cuadrada de sus diámetros. Así, las partículas de arena sedimentan primero, luego las de limo y por último las de arcilla, aunque las arcillas coloidales más pequeñas permanecerán en suspensión por tiempo indefinido.

#### 2 5 FÓSFORO

El fósforo se determina colorimétricamente midiendo la cantidad de luz absorbida por la muestra, cuando un haz de luz, (a una longitud de onda de 555 nanómetros nm) pasa a través de ella. Para ello se necesita que los fosfatos formen un complejo coloreado llamado Azul de molibdeno, dicho complejo se forma entre el fósforo y un agente acomplejante, (ácido

sulfomolibdico), la intensidad del color esta directamente relacionada con la cantidad de fósforo en la solución, un factor importante es que la estabilidad del azul de molibdeno es limitada, por lo que las lecturas deben ser realizadas preferiblemente en los primeros 60 minutos luego de generado el color azul

## 2.6 POTASIO

En la determinación de potasio se utiliza el fotómetro de llama a una longitud de onda de 766.5 nanómetros (nm)

El límite de detección y sensibilidad puede variar con el instrumento y el tipo de llama utilizada. oxígeno-acetileno u oxígeno-propano son los tipos de llamas utilizadas en nuestros medios

Si el potasio es determinado por la luminosidad destructora del acetato de amonio, las soluciones estándares también necesitan contener acetato de amonio en concentraciones equivalentes. En el fotómetro de llama se lee la intensidad de transmisión de la luz absorbida por los electrones cuando son excitados y pasan a un nivel mayor de energía

Las soluciones estándares son 0, 5, 10, 20, 40 y 60 miligramos /Litro de potasio en acetato de amonio.

## 2.7 CALCIO Y MAGNESIO

Ya que la tecnología evoluciona los métodos de análisis para calcio magnesio, estroncio y bario se basan en el espectro de emisión atómica (AES) o en el espectro de absorción atómica (AAS), que se ha convertido en el más convincente y más ampliamente usado

Ambos métodos se basan en las características estructurales atómicas de los elementos que serán medidos. Bajo condiciones de emisión, electrones excitados emiten energía a una longitud de onda característica para cada elemento, al retornar a su estado basal. En absorción atómica es el inverso de este proceso, en el cual electrones no excitados en su estado basal son capaces de absorber energía a una longitud de onda característica. Esta energía absorbida es medida y comparada con un haz de referencia producido por una lámpara, la cual es específica para el elemento que se está leyendo. Cada elemento tiene un pico de longitud de onda, donde es determinado ópticamente y en todos los casos, el instrumento es calibrado con una curva patrón que es específica para cada elemento.

Aún con aparatos de gran sensibilidad y exactitud, hay algunos efectos en la generación de electrones libres durante los análisis, esto afecta la magnitud de la emisión y absorción y consecuentemente la exactitud de los

resultados, las interferencias químicas resultan por la formación de componentes estables entre las especies y esto afecta el resultado, este tipo de interferencia se puede evitar usando compuestos tipo Lantano

## 2 8 ALUMINIO

El principio de la determinación de la acidez intercambiable se basa en el uso de una sal neutra como lo es el cloruro de potasio 1N con un ión desplazante ( $K^+$ ) el cual provoca que los iones aluminio ( $Al^{3+}$ ) e hidrógeno ( $H^+$ ) pasen a la solución, en esta forma el lixiviado se encuentra ácido y puede titularse con una solución básica, de modo que la cantidad de acidez será igual a la cantidad de base usada entre los puntos de neutralización. La titulación se lleva a cabo hasta el extremo alcalino ( $pH = 9$ ), usando azul de bromotimol como indicador. El aluminio se compleja con cloruro de potasio, liberándose una cantidad equivalente de iones hidrógenos, los cuales son valorados con NaOH.

## 2 9 MATERIA ORGÁNICA

El análisis de materia orgánica de acuerdo a Walkley & Black, es un método de combustión húmeda y se fundamenta en lograr la oxidación de la materia

orgánica, (la cual es la fracción químicamente activa y a la vez la más importante en los procesos), mediante el uso de dicromato de potasio 1N se produce una reacción exotérmica, que se cataliza con ácido sulfúrico concentrado, se conoce por medio de su titulación la cantidad de dicromato de potasio que no reaccionó, de esta forma se logra determinar indirectamente el porcentaje de carbono orgánico presente

## 2 10 BORO

El método de la curcumina es útil en la determinación de la concentración de  $\mu\text{g}$  de boro. El procedimiento conlleva a la formación de ácido bórico con 2-etil-1,3-hexanodiol, (en cloroformo), transformándose éste a un complejo de rosacianina, usando una solución de curcumina en ácido acético glacial, continuando con la adición de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla es diluida con etanol y la absorbancia de la solución diluida se lee a 555 nanómetros (nm). El procedimiento es rápido, preciso y confiable.

## 2 11 ZINC

La cuantificación de este elemento está basado en la digestión del suelo, al igual que el fósforo y el potasio se hace a través de la solución extractora de Mehlich I

Se determina a través de absorción atómica, para lo cual se requiere de la oxidación previa de la materia orgánica en los extractos, evitando la interferencia de ésta en la lectura del zinc. Se requiere de una lámpara específica de este elemento. El principio se basa en la cantidad de energía absorbida por los electrones que una vez excitados pasan a niveles de energía más altos y es aquí donde la lámpara emite un haz de luz el cual es registrado por el equipo y traducido en señal visible a través de una pantalla. Los patrones que contienen concentraciones conocidas de zinc, sirven para calibrar el aparato.

## IV PARTE EXPERIMENTAL

### 1 Equipo Y Reactivos

#### 1.1 Equipo

Fotómetro de llama digital / CORNING Modelo 410

Potenciómetro / FISHER Modelo 230

Espectrofotómetro / MILTON ROY Modelo 20D

Titulador de aluminio

Cámara extractora de gases / LABCONCO

Desmineralizador de Agua (Osmosis inversa)

Espectrofotómetro de absorción atómica / PERKIN ELMER Modelo 3110

Estufa para secado de muestras / VWR Modelo 1670

Desmineralizador de agua / ESPINSA

Fotómetro de llama digital / COLE PALMER Modelo 2655-00

Balanza analítica / OHAUS

Azadón

Palín

Piocha

Cinta métrica

Vasos de precipitados

Probetas

Balones

Pipetas volumétricas

Termómetros

Hidrómetros

Buretas

Agitador

Matraz erlenmeyer

## 1 2 Reactivos

Productos químicos grado reactivo

Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )

Trietanolamina  $N(C_2H_4OH)_3$

Carbonato de calcio ( $CaCO_3$ )

P-nitrofenol ( $C_6H_5NO_3$ )

Hidróxido de sodio 0 1N ( $NaOH$ )

Ácido sulfúrico 0 025N ( $H_2SO_4$ )

Acido clorhídrico 0.05N (HCl)

Acido clorhídrico concentrado (HCl)

Trióxido de antimonio ( $\text{SbO}_3$ )

Cloruro de sodio (NaCl)

Molibdato de amonio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )

Ácido ascórbico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ )

Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ )

Cloruro de calcio dihidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Cloruro de potasio 1N (KCl)

Metanol 90% ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )

Cloruro de lantano 0.5% ( $\text{LaCl}_3$ )

Azul de bromotimol (Indicador)

## 2 Toma de Muestra.( anexo 2,3 y 13)

El total de muestras fué de 20, en un área de 20 manzanas de terreno, de las cuales 15 manzanas son de suelo inundado y 5 manzanas de suelo no inundado

Se tomó 5 muestras de suelo no inundado a una profundidad de 0 a 20 cms  
Para análisis de rutina, se tomó 2 muestras de suelo en una área de 5 manzanas de 21 a 40 cms, para analizar boro y zinc

Se tomó 10 muestras de suelo inundado a una profundidad de 0 a 20 cms, para análisis de rutina También 3 muestras a una profundidad de 21 a 40 cms, para análisis de boro y zinc

El procedimiento a seguir, se basó en la metodología de muestreo de PROCAFE la cual expresa, que el terreno se debe dividir en Tablones que sean uniformes en color y textura del suelo, pendiente del terreno y sistema de cultivo

Es recomendable que cada área no abarque más de 5 manzanas de extensión La división de un terreno en tablones sirve como base para el muestreo

Se usó un barrenó especial para tomar muestras, hundiéndolo con movimiento de rotación hasta 20 cm de profundidad para análisis de rutina y de 21- 40 cm para boro y zinc Se recolectan no menos de 15 porciones de suelo por cada área, para representarla en su totalidad (se siguió una ruta en zíg-zag para cubrir bien el terreno)

Las porciones de suelos recolectadas en un área se depositan en un balde de polietileno en donde se mezclan con todo cuidado. Para tener una muestra compuesta, luego tomar aproximadamente 1 libra.

Esta muestra reducida se rotula con toda claridad, con el nombre del propietario y con la letra asignada al área muestreada.

Las muestras de suelo utilizadas en esta investigación fueron recolectadas por el método de zig-zag (anexo 2 y 3) y luego secadas, molidas, tamizadas y almacenadas.

### 3 Determinaciones del estado físico y químico en muestras de suelo

#### 3.1 Determinación de Profundidad Efectiva

##### 3.1.1 Método de Profundidad Efectiva

- Selección de puntos de perforación
- Hacer mediciones al norte del tallo de la planta, para efectuar las respectivas perforaciones sin que éstas dañen el sistema radicular de ella.

- La perforación se hará hasta donde se observe el punto de crecimiento de la raíz más profunda
- Tomar las respectivas mediciones en centímetros

## CÁLCULOS

Calcular la productividad relativa (%), en función de la profundidad del suelo utilizable por las raíces del cultivo (según tabla de pág 13)

Perforación número 1

Profundidad en cm = 153

% efectividad según tablas = 95%

## INDICACIONES

Las perforaciones se realizaron a una distancia de 20 cm del tallo de la planta con la finalidad de no dañar las raíces de los cultivos

153 cm = Profundidad Efectiva promedio de la zona en estudio, lo que representa una productividad relativa de 95%

Otras investigaciones reportan valores de 120 cm, 150 cm, 180 cm equivalentes a una productividad relativa de 85%, 95% y 100% respectivamente

## 3.2 Determinación de pH

### 3.2.1 Método de Cloruro de Calcio Dihidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

- Medir 10 g de suelo con una cucharilla volumétrica y depositar en un vaso de plástico cada una de las muestras
- Con un dispensador agregar a cada una de las muestras 25 ml de solución de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 0.01 M
- Agitar por 10 minutos utilizando el agitador múltiple de aspas
- Dejar en reposo por 30 minutos
- Agitar nuevamente con agitador múltiple de aspas por 1 minuto antes de tomar la lectura
- Encender el potenciómetro 20 minutos antes de usarse
- Calibrar el potenciómetro con buffer pH = 4.0, buffer pH = 7.0, solución de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  destilada

- Tomar la lectura de cada muestra introduciendo el electrodo de vidrio tipo calomel en el vaso plástico que contiene la suspensión de la muestra
- Leer directamente en el potenciómetro el valor de pH

#### INDICACIONES

Los buffer pH=4.0, PH=7.0, y la solución de  $\text{CaCl}_2$  y el agua destilada deben estar a  $25^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )

Lavar el electrodo después de cada lectura con agua destilada y secarlo con papel absorbente

### 3.3 Determinación de Acidez Total

#### 3.3.1 Método de Shoemaker Mchean and Pratt (SMP)

- La solución de muestra, donde se tomó la lectura de pH es la misma que se utiliza para esta determinación
- Agregar a cada una de las muestras 25 ml de solución de SMP (La solución SMP es buffer pH = 7.0)
- Agitar por 10 minutos utilizando el agitador múltiple de aspas
- Dejar en reposo por 30 minutos

- Agitar nuevamente con agitador múltiple de aspas por 1 minuto antes de tomar la lectura de pH
- Encender el potenciómetro 20 minutos antes de usarse
- Calibrar el potenciómetro con buffer pH = 4.0, buffer pH = 7.0, solución de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  destilada
- Tomar la lectura de cada muestra introduciendo el electrodo de vidrio tipo calomel en el vaso plástico que contiene la suspensión de la muestra
- Leer directamente en el potenciómetro el valor de pH

#### CALCULOS

$$\ln Y = 7.203 - 1.06(\text{pH})^*$$

Donde

7.203 = Coeficiente

1.06 = Pendiente de la curva (Anexo 12)

Y = Valor en meq/100 cc, por método indirecto

$$\ln Y = 7.203 - (1.06 \times 4.85)$$

$$\ln Y = 2.06$$

$$Y = 0.72 \text{ meq/100 cc}$$

\*pH obtenido por SMP

## INDICACIONES

Los buffer pH=4.0, PH=7.0, y la solución de  $\text{CaCl}_2$  y el agua destilada debe estar a  $25^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )

Lavar el electrodo después de cada lectura con agua destilada y secarlo con papel absorbente

La solución de SMP es buffer pH = 7.0

### 3.4 Determinación de textura por Bouyoucos

#### 3.4.1 Método mecánico de BOUYOUCOS

- Pesar en una balanza semianalítica 50 g de suelo previamente secado al aire
- Transferir la muestra a una copa de dispersión y agregar agua destilada hasta 4 cm antes del borde
- Adicionar 5 ml de oxalato de sodio 1% y 5 ml de silicato de sodio 1% y agregarlos a la copa de dispersión que contiene la muestra
- Dejar en reposo por 15 minutos
- Conectar la copa de dispersión al agitador electrónico
- Agitar por un período de 15 minutos

- Verter el contenido de la copa de dispersión en un cilindro de Bouyoucos
- Colocar el hidrómetro dentro del cilindro
- Sacar el hidrómetro y agítase el cilindro fuertemente invirtiéndolo varias veces por 30 segundos
- Colocar el cilindro sobre la mesa e introducir nuevamente el hidrómetro y dejar en reposo 40 segundos para tomar la lectura e inmediatamente medir la temperatura
- Sacar el hidrómetro y dejar en reposo por dos horas
- Colocar el hidrómetro dentro del cilindro y leer 40 segundos después de introducirlo

## CÁLCULOS

### *Muestra 1*

#### 1° lectura

| g/L | °C   |
|-----|------|
| 17  | 26.5 |

$$\% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla} = (L + T) \times 2$$

Donde

L = lectura de hidrómetro

T = factor de corrección de temperatura

2 = constante

Corrección de temperatura usando la tabla del anexo 11

Temperatura de 26.5°C = 2.54

$$\% \text{ de Limo} + \% \text{ de Arcilla} = (17 + 2.54) \times 2$$

$$\% \text{ de Limo} + \% \text{ de Arcilla} = 39.08$$

$$\% \text{ de Arena} = 100 - (\% \text{ Limo} + \% \text{ Arcilla})$$

$$\% \text{ de Arena} = 100 - 39.08$$

$$\% \text{ de Arena} = 60.92 \quad (\text{anexo 4})$$

2º lectura

| g/L | °C   |
|-----|------|
| 5   | 25.8 |

$$\% \text{ de Arcilla} = (P + T) \times 2$$

Donde

P = lectura de hidrómetro

T = factor de corrección de temperatura

2 = constante

Corrección de temperatura usando la tabla del anexo 11

Temperatura de 25.8 °C = 2.22\*

$$\% \text{ de Arcilla} = (5 + 2.22) \times 2$$

$$\% \text{ de Arcilla} = 14.44 \quad (\text{Anexo 4})$$

$$\% \text{ de Limo} = 1^\circ \text{ lectura} - 2^\circ \text{ lectura}$$

$$\% \text{ de Limo} = 39.08 - 14.44$$

$$\% \text{ de Limo} = 24.64 \quad (\text{Anexo 4})$$

\*aproximación del dato de temperatura de 25.5 °C

## INDICACIONES

Es necesario respetar los tiempos establecidos ya que es el mínimo necesario para que los reactivos entren en contacto con la muestra. Los 40 segundos que transcurren entre la agitación y la lectura debe ser exacto ya que se trabaja con partículas en sedimentación.

El agua de lavado proveniente de la copa de dispersión debe ser depositada en el cilindro, asegurándose de arrastrar todas las partículas de muestra.

### 3.4 Determinación de Materia Orgánica

#### 3.5.1 Método Walkley & Black

- Pulverizar el suelo seco y pasar por un tamiz de 0.5 mm
- Pesar 25 mg de muestra tamizada en balanza analítica
- Colocar la muestra en un matraz erlenmeyer de 250 ml
- Agregar al matraz erlenmeyer que contiene la muestra 10 ml de solución de dicromato de potasio 1N, con pipeta volumétrica
- Agregar rápidamente 20 ml de ácido sulfúrico concentrado medido en bureta, vertiéndolo al centro del matraz erlenmeyer que contiene la solución

- Agitar suavemente en forma circular el matraz erlenmeyer que contiene la solución por un periodo de un minuto
- Dejar en reposo el matraz erlenmeyer sobre una placa de asbesto por 30 minutos
- Agregar 200 ml de agua destilada, más 10 ml de ácido fosfórico y 3 gotas del indicador difenilamina
- Llenar una bureta con solución de sulfato ferroso heptahidratado 0.5 N
- Titular con solución de sulfato ferroso heptahidratado 0.5 N
- Observar el punto final de la titulación cuando se produce un cambio de color café oscuro a un verde esmeralda

### CÁLCULOS

$$\text{Factor (f)} = \frac{V}{\text{Vol}_2}$$

Donde

V = ml de dicromato de potasio 1N, utilizados

Vol<sub>2</sub> = ml de FeSO<sub>4</sub> gastados por el blanco en la titulación

$$(f) = 10 \text{ ml} / 25.7 \text{ ml}$$

$$(f) = 0.389$$

$$\text{ml reducidos de } K_2Cr_2O_7 = 10 - ( (f)(\text{ml de } FeSO_4) )$$

Donde

f = factor encontrado

ml de  $FeSO_4$  = ml gastados por la muestra

$$\text{ml reducidos de } K_2Cr_2O_7 = 10 - ( (0.389)(22.65 \text{ ml } FeSO_4) )$$

$$\text{ml reducidos de } K_2Cr_2O_7 = 1.19$$

$$\% \text{ de materia orgánica} = (\text{ml reducidos de } K_2Cr_2O_7)(2.76)$$

Donde

2.76 = Factor de conversión de carbón orgánico a materia orgánica

$$\% \text{ de materia orgánica} = (1.19 \text{ ml})(2.76)$$

$$\% \text{ de materia orgánica} = 3.28$$

## INDICACIONES

La cantidad de muestra debe ser pesada con exactitud, ya que un error produce alteraciones en los resultados

Los reactivos deben agregarse bajo campana de absorción de gases, ya que muchos de los reactivos utilizados emanan gases tóxicos

El matraz erlenmeyer que contiene la muestra con ácido sulfúrico se debe dejar en reposo sobre una placa de asbesto, puesto que se lleva a cabo una reacción exotérmica

### 3 5 Determinación de Calcio, Magnesio y Aluminio

#### 3 6 1 Método Cloruro de Potasio

##### 3 6 1 1 Extracción de calcio, magnesio y aluminio

- Medir 2 5g de muestra de suelo con una cucharilla volumétrica y transferir a un vaso plástico
- Agregar a cada una de las muestras 25 ml de solución extractora de KCl 1N
- Agitar por 5 minutos en un agitador múltiple de aspas
- Filtrar las muestras después de agitar sobre papel whatman número 1

### 3 6 1 2 Determinación de aluminio

- Medir 10 ml del filtrado y llevarlo a volumen de 25 ml con agua destilada
- Agregar de 3 a 4 gotas de indicador azul de bromotimol
- Llenar una bureta con hidróxido de sodio 0 01N y titular
- Observar el punto final cuando se produce el cambio de color de amarillo a azul
- Anotar la lectura de los ml gastados de NaOH 0 01N gastados
- Llevar un blanco

#### CÁLCULOS

Volumen corregido = ml de Mx - ml del Bco

Donde

ml de Mx = mL de NaOH 0 01N gastados por la muestra

ml del Bco = ml de NaOH 0 01N gastados por el blanco

Volumen corregido = 0 ml - 0 1ml

Volumen corregido = 0 ml

$$\text{Meq (Al}^{+3} + \text{H}^{+1}) / 100 \text{ ml de suelo} = \text{ml corregidos (N)(F)(PM/1,000)}$$

Donde

N = Normalidad del hidróxido de sodio

F = Factor de corrección del hidróxido de sodio

PM = Peso molecular del aluminio

$$\text{Meq (Al}^{+3} + \text{H}^{+1}) / 100 \text{ ml de suelo} = 0 \text{ ml (0.01N)(1)(27/1,000)}$$

$$\text{Meq (Al}^{+3} + \text{H}^{+1}) / 100 \text{ ml de suelo} = 0 \text{ Meq de Aluminio}$$

#### INDICACIONES

La alícuota para determinar aluminio debe ser tomada antes de tomar la alícuota para la determinación de calcio y magnesio, puesto que el lantano produce interferencia en el resultado de la valoración de las muestras

### 3 6 1 2 Determinación de calcio y magnesio

- Medir 1 ml del filtrado y llevarlo a 20 ml con cloruro de lantano
- Los patrones de trabajo, se preparan de la misma forma que las muestras, (ver indicaciones de pág 52)
- Encender el espectrofotómetro de absorción atómica, 10 minutos antes para que se estabilice
- Fijar la curva de calibración (anexo 9 y anexo 10), para cada elemento a determinar
- Leer las concentraciones de las muestras directamente en el espectrofotómetro

#### CÁLCULOS

Calcio

$$\text{Meq de Ca}^{+2}/100 \text{ ml de sln} = \frac{\text{Lectura} \times 25\text{ml} \times 20\text{ml} \times 100}{2.5\text{g} \times 1\text{ml} \times 20.04 \text{ eq Ca}^{+2} \times 1000}$$

de suelo

$$\text{Meq de Ca}^{+2}/100 \text{ ml} = 11.6$$

Donde

Lectura = En Meq de  $\text{Ca}^{+2}$  /100 ml (dato obtenido en el equipo)

25 ml = Volumen de KCl 1N utilizado en la extracción

20 ml = Volumen de lantano

2.5 g de suelo = Cantidad de muestra utilizada

1 ml = volumen de la alícuota

20.04 = equivalentes de calcio

1000 = factor de conversión a miliequivalentes

Magnesio

$$\text{Meq de Mg}^{+2}/100\text{ml de sln de} = \frac{\text{Lectura} \times 25\text{ml} \times 20\text{ml} \times 100}{2.5\text{g} \times 1\text{ml} \times 12.0 \text{ eq Mg}^{+2} \times 1000}$$

suelo

$$\text{Meq de Mg}^{+2}/100\text{ml} = 2.20$$

Donde

Lectura = Dato obtenido en el equipo (Meq de  $\text{Mg}^{+2}$  /100 ml)

25ml = Volumen de KCl 1N utilizado en la extracción

20 ml = Volumen de lantano

2.5 g de suelo = Cantidad de muestra utilizada

1 ml = volumen de la alícuota

12 0 = equivalentes de magnesio

1000 = factor de conversión a miliequivalentes

## INDICACIONES

Los patrones de trabajo de calcio y magnesio deben ser preparados a partir de una solución madre de 1000 ppm (mg/L). Para el calcio se toman alícuotas de 100 y 200 ml y se llevan a volumen de 1 Litro con lantano 0.5% y el patrón de 0.0 ppm de calcio únicamente contiene lantano 0.5%. Introducir en el equipo de absorción atómica los estándares de 0.0, 5, y 10 ppm de calcio para la curva de calibración.

Para el caso del magnesio se deberá tomar alícuotas de 25 y 50 ml de la solución madre. La curva de calibración se realizará introduciendo los estándares de 0.0, 2.05 y 4.10 meq de magnesio y al igual que en calcio el patrón de 0.0 ppm únicamente contiene lantano 0.5%.

### 3 7 Determinación de fósforo, potasio y zinc

#### 3 7 1 Método de Carolina del Norte ( $\text{HCl } 0.05 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4, 0.025 \text{ N}$ )

##### 3 7 1 1 Extracción de fósforo, potasio y zinc

- Medir 5 g de suelo con una cucharilla volumétrica y depositar en un vaso plástico
- Agregar a cada una de las muestras 25 ml de solución de Carolina del Norte ( $\text{HCl } 0.05 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4, 0.025 \text{ N}$ )
- Agitar por 5 minutos en un agitador múltiple de espas
- Filtrar las muestras sobre un papel whatman número 1

##### 3 7 1 2 Determinación de fósforo, potasio y zinc

- Medir 1 ml de filtrado y llevar a volumen de 10 ml con agua destilada
- Adicionar 10 ml de solución de desarrollo de color para fósforo (formada por trióxido de antimonio, cloruro de sodio, ácido sulfúrico y agua)
- Dejar reposar las muestras por una hora antes de realizar las lecturas para que se desarrolle el color en la determinación de fósforo

i) Preparación de equipo para la lectura de fósforo

- Encender el espectrofotómetro 30 minutos antes, para que se estabilice
- Calibrar el equipo con los patrones de trabajo de 0 0 (mg/L), 10 0 (mg/L) y 20 0 (mg/L) Usando el estándar de 0 (mg/L) Como referencia de 0 absorbancia (anexo 8)
- Leer las muestras en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 680 nm

ii) Preparación de equipo para la lectura de potasio

- Encender el equipo 5 minutos antes, para que se estabilice
- Fijar la curva de calibración con los estándares de 0,20,40 (mg/L)
- Leer directamente la muestra en el espectrofotómetro de llama

iii) Preparación de equipo para la lectura de Zinc

- Encender el equipo de absorción atómica 5 minutos antes, para que se estabilice
- Fijar la curva de calibración con los estándares 0 0, 5 0, 10 0 (mg/L )
- Leer la concentración de zinc a una longitud de onda de 213 9 nm

## CÁLCULOS

i) fósforo

$$\text{Factor (f)} = \frac{25\text{ml}}{5\text{g}} \cdot \frac{C}{A}$$

Donde =

25 ml = Volumen de solución extractora

5 g = cantidad de muestra

C = concentración de 10 0 (mg/L) (estándar medio)

A = absorbancia del estándar medio

$$\text{Factor (f)} = (25\text{ml} / 5\text{g})(10\text{ mg/ml} / 267)$$

$$\text{Factor (f)} = 0.1872$$

$$\text{mg de P/L} = (f) \times (\text{abs mx})$$

Donde =

f= factor encontrado

abs Mx = absorbancia de la muestra

$$\text{mg de P/L} = (0.1872)(536)$$

$$\text{mg de P/L} = 100.392$$

ii) Potasio

$$\text{mg de } k^+/\text{L} = \frac{(\text{mg/L de potasio})(25 \text{ ml sln extractora})}{(5 \text{ ml de suelo})}$$

$$\text{mg de } K^+/\text{L} = (1,095 \text{ mg/L}) / (5 \text{ ml de suelo})$$

$$\text{mg de } K^+/\text{L} = 219.0$$

iii) Zinc

$$\text{Concentración de Mx} = \frac{(\text{Concentración del St}) (\text{absorbancia de Mx})}{(\text{Absorbancia del St})}$$

$$\text{Concentración de Mx} = (5 \text{ mg/L})(0.141) / (0.188)$$

$$\text{Concentración de Mx} = 3.75 \text{ mg/L}$$

## INDICACIONES

Los patrones de trabajo de fósforo son a partir de una solución madre de 100 (mg/L) de las cuales se toman las alícuotas de 50 y 100 ml para llevar a volumen de 500 ml con solución extractora de Carolina del Norte

La lectura debe realizarse transcurrida una hora, ya que este es el tiempo mínimo necesario para que se desarrolle el color y éste permanezca estable. Además no debe exceder un máximo de 24 horas ya que el color se degrada.

Los patrones de trabajo del potasio son a partir de una solución madre de 100 (mg/L) de la cual se hacen las diluciones necesarios hasta llegar a concentraciones de 20 y 40 (mg/L). En donde el patrón de 0 ppm contiene únicamente solución de carolina del norte.

Los patrones de trabajo de zinc, son a partir de una solución madre de 100 (mg/L) llegando a concentraciones finales de 0,5,10 (mg/L)

El factor de corrección no se multiplica en la fórmula de la ley de Beer ya que el equipo da el resultado tomando en cuenta este factor, en la determinación de zinc.

### 3 8 Determinación de boro

#### 3 8 1 Método de la curcumina

- Medir 5 g de suelo en cucharilla volumétrica y colocar en un vaso plástico
- Agregar a cada muestra 25 ml de fosfato de calcio
- Agitar por 10 minutos en un agitador de vaivén
- Filtrar las muestras sobre papel whatman número 2
- Tomar con una pipeta 1 ml del filtrado
- Agregar 8 ml de solución de curcumina 1%, agitar en forma circular suavemente y agregar 2 ml de ácido sulfúrico concentrado
- Dejar 30 minutos en reposo las muestras
- Agregar 15 ml de metanol y agitar en forma circular suavemente
- Dejar reposar por 30 minutos las muestras, para que desarrollen color
- Encender el equipo 30 minutos antes, para que se estabilice
- Fijar la curva de calibración con los estándares de 0,0, 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 y 2,0 (mg/L) de boro (ver indicaciones pág 59)
- Leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 555 nanómetros (nm)

## CÁLCULOS

$$\text{Concentración de Mx} = \frac{(\text{Concentración del St}) (\text{absorbancia de Mx})}{(\text{absorbancia del St})}$$

$$\text{Concentración de Mx} = (1.5 \text{ mg/L}) (0.622) / (0.752)$$

$$\text{Concentración de Mx} = 0.472 \text{ mg/L}$$

## INDICACIONES

Los estándares que se utilizan a partir de una solución madre de 50 (mg/L) de boro de donde se toman las alícuotas, para llegar a una concentración final de 0.0, 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 (mg/L)

Se utilizan dos estándares de 0.0 debido a que el análisis de boro es muy sensible a interferencias externas e internas como por ejemplo la temperatura del ambiente, la calibración adecuada del equipo y lavado de los tubos

## V RESULTADOS

### 5.1 Generalidades

Para evaluar los efectos, producidos por la tormenta tropical "MITCH", en suelos agrícolas se seleccionaron dos grupos de suelo (01) no inundado y grupo (02) inundados, el suelo funciona como un sustrato que supe agua y nutrimentos al mismo tiempo que brinda sostén a las plantas y a otros organismos. Aunque estas son "cualidades" genéricas de todos los suelos, la intensidad con que estos ocurren varía de suelo a suelo. Debido a lo anterior, para tomar pautas de manejo en cada situación, es necesario caracterizar el tipo de suelo en el que se está trabajando.

Dentro de las características del suelo (físicas y químicas), las químicas son las que están relacionadas más directamente con la fertilidad de los suelos y la nutrición de los cultivos. Sin embargo, es importante resaltar que las características físicas también son importantes para definir que tan productivo es un suelo.

Desde el punto de vista nutricional, el suelo es considerado como un recurso manejable dentro de un sistema de producción, esto significa que

mediante la aplicación de insumos es posible "mejorar" el estado de fertilidad de un suelo en función de un cultivo específico

Por todo lo anterior en esta investigación se analizó el estado físico y químico de los suelos, considerando a) Textura por Bouyoucos (%), b) profundidad efectiva (cm), c) Materia orgánica (%), d) PH, e) Acidez total (Meq/100 cc), f) Aluminio (mg/L), g) Calcio (Meq/100 cc), h) Magnesio (Meq/100 cc), i) Fósforo (mg/L), j) Potasio (mg/L), k) Boro (mg/L), l) Zinc (mg/L)

En los cuadros del 5 2 1 1 al 5 2 12 1 y las gráficas del 5 2 3 2 al 5 2 12 2, se presentan los resultados obtenidos en la investigación. Los resultados de los análisis químicos son clasificados según las tablas anexos 5 y 6

## 5.2 Cuadros de Resultados

## 5.2.1 Textura por Bouyoucos (%)

Cuadro 5.2.1.1 % *Textura por Bouyoucos; en suelos no inundados e inundados-**Marzo 1999, cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz.*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | TEXTURA POR BOUYOUCOS |           |        | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|-----------------------|-----------|--------|---------------|
|        |        |         | ARENA (%)             | ARCILLA % | LIMO % |               |
| 01     | A      | 1       | 60.92                 | 14.44     | 24.64  | FA            |
|        |        | 2       | 62.56                 | 13.44     | 24.00  |               |
|        |        | 3       | 60.56                 | 11.44     | 28.00  |               |
| 01     | B      | 4       | 61.56                 | 12.44     | 26.00  | FA            |
|        |        | 5       | 61.56                 | 11.44     | 27.00  |               |
| 02     | C      | 6       | 48.56                 | 18.44     | 33.00  | F             |
|        |        | 7       | 47.56                 | 14.44     | 38.00  |               |
|        |        | 8       | 47.84                 | 14.99     | 37.22  |               |
| 02     | D      | 9       | 63.84                 | 13.44     | 22.72  | FA            |
|        |        | 10      | 63.84                 | 13.16     | 23.00  |               |
|        |        | 11      | 67.84                 | 11.16     | 21.00  |               |
| 02     | E      | 12      | 74.84                 | 9.88      | 15.28  | FA            |
|        |        | 13      | 72.24                 | 10.28     | 16.88  |               |
| 02     | F      | 14      | 66.56                 | 12.99     | 20.44  | FA            |
| 02     | G      | 15      | 61.92                 | 12.99     | 25.08  | FA            |

|         |     |                       |     |                        |
|---------|-----|-----------------------|-----|------------------------|
| TEXTURA | F   | Franco                | L   | Limo                   |
|         | C   | Arcilla               | A   | Arena                  |
|         | FA  | Franco arenoso        | FC  | Franco Arcilloso       |
|         | AF  | Areno Franco          | FCA | Franco Arcillo Arenoso |
|         | CA  | Arcillo Arenoso       | CL  | Arcillo Limoso         |
|         | FL  | Franco Limoso         |     |                        |
|         | FCL | Franco arcillo Limoso |     |                        |

(01) A, B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

## 5 2 2 Profundidad Efectiva (cm)

**Cuadro 5 2 2 1 % de profundidad efectiva en suelos no inundados e inundados-  
Marzo 1999 cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz**

| PROFUNDIDAD DE SUELO UTILIZABLE<br>POR LAS RAICES DEL CULTIVO<br>(cm) | PRODUCTIVIDAD<br>RELATIVA<br>(%) |
|---|----------------------------------|
| 125   | 85                               |
| 299   | 100 *                            |
| 190   | 100 *                            |
| 138   | 85                               |
| 104   | 75                               |

Puntos muestreados 5 Método Recomendado por el CATIE

\* Toda profundidad efectiva superior a 180 cms, es considerada el 100 % de productividad relativa (cuadro página 13)

## 5 2 3 Materia orgánica por el método de Walkley &amp; Black (%)

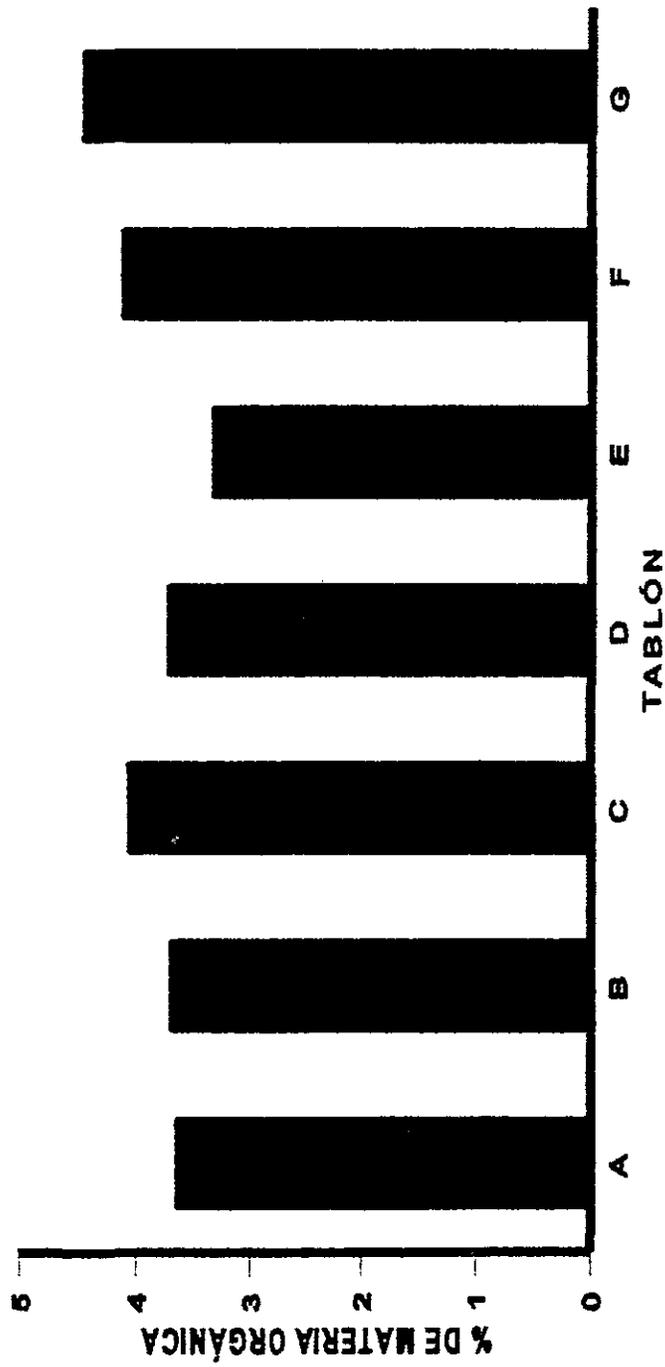
Cuadro 5 2 3 1 % de *Materia Orgánica en suelos no inundados e inundados-**Marzo 1999 Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | M O W B (%) | $\bar{x}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 3 28        | 3 66      | MEDIO         |
|        |        | 2       | 3 37        |           |               |
|        |        | 3       | 3 64        |           |               |
| 01     | B      | 4       | 3 64        | 3 71      | MEDIO         |
|        |        | 5       | 3 77        |           |               |
| 02     | C      | 6       | 4 04        | 4 06      | MEDIO         |
|        |        | 7       | 4 24        |           |               |
|        |        | 8       | 3 91        |           |               |
| 02     | D      | 9       | 3 43        | 3 73      | MEDIO         |
|        |        | 10      | 3 97        |           |               |
|        |        | 11      | 3 77        |           |               |
| 02     | E      | 12      | 3 64        | 3 36      | MEDIO         |
|        |        | 13      | 3 07        |           |               |
| 02     | F      | 14      | 4 11        | 4 11      | MEDIO         |
| 02     | G      | 15      | 4 44        | 4 44      | MEDIO         |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Gráfica 5.2.3.2 % de materia orgánica en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A, B Suelos no inundados  
C a G: Suelos inundados

5 2 4 pH, POR EL MÉTODO DE  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Cuadro 5 2 4 1 *pH en suelos no inundados e inundados-Marzo1999 cooperativa**El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | pH<br>CaCl <sub>2</sub> | $\overline{\text{pH X}}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|-------------------------|--------------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 6 3                     | 6 3                      | LA            |
|        |        | 2       | 6 3                     |                          |               |
|        |        | 3       | 6 4                     |                          |               |
| 01     | B      | 4       | 6 5                     | 6 7                      | LA            |
|        |        | 5       | 6 9                     |                          |               |
| 02     | C      | 6       | 6 0                     | 6 4                      | LA            |
|        |        | 7       | 6 7                     |                          |               |
|        |        | 8       | 6 7                     |                          |               |
| 02     | D      | 9       | 6 6                     | 6 5                      | LA            |
|        |        | 10      | 6 5                     |                          |               |
|        |        | 11      | 6 4                     |                          |               |
| 02     | E      | 12      | 6 4                     | 6 4                      | LA            |
|        |        | 13      | 6 4                     |                          |               |
| 02     | F      | 14      | 6 5                     | 6 5                      | LA            |
| 02     | G      | 15      | 6 6                     | 6 6                      | LA            |

D Deficiente

O Optimo

EA Extremadamente ácido

MAL Medianamente alcalino

MA Medianamente ácido

FAL Fuertemente alcalino

EAL Extremadamente alcalino

N Neutro

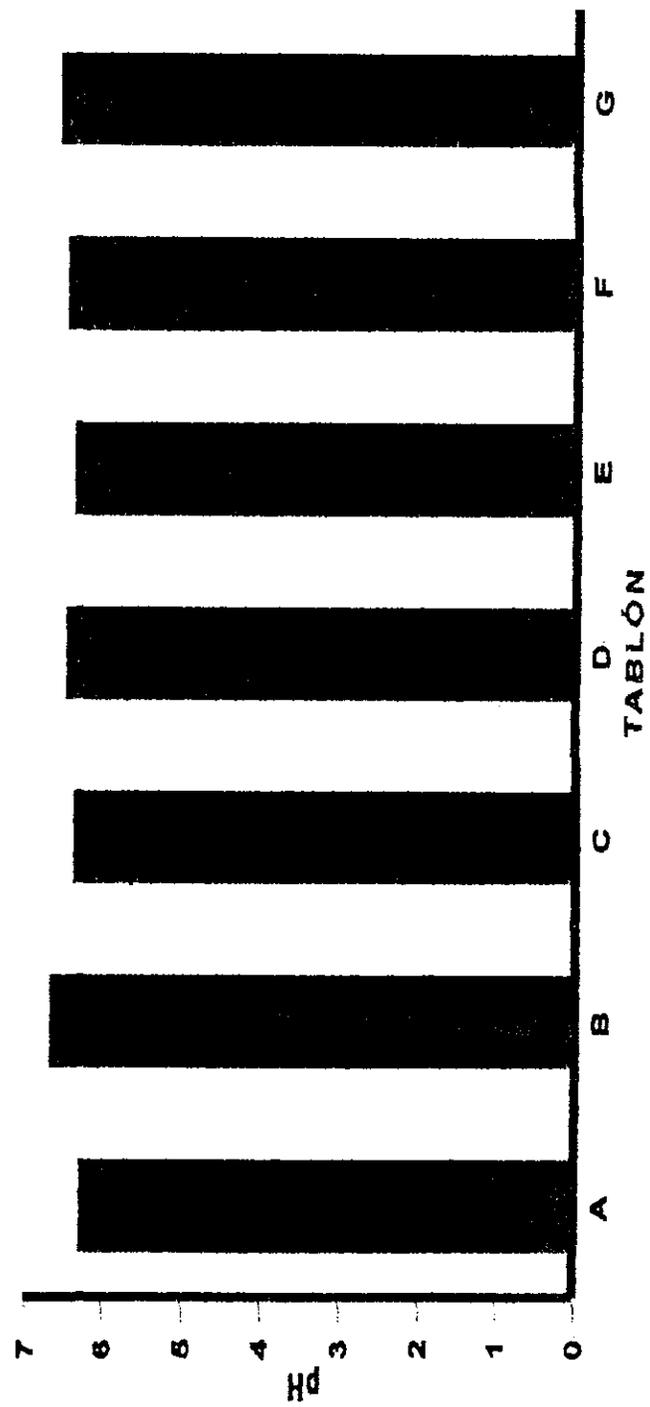
LA Ligeramente ácido

FA Fuertemente ácido

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Grafica 5.2.4.2 pH en suelos no inundados e inundados - marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G Suelos inundados

## 5 2 5 Acidez total por el método SMP (Meq/100 cc)

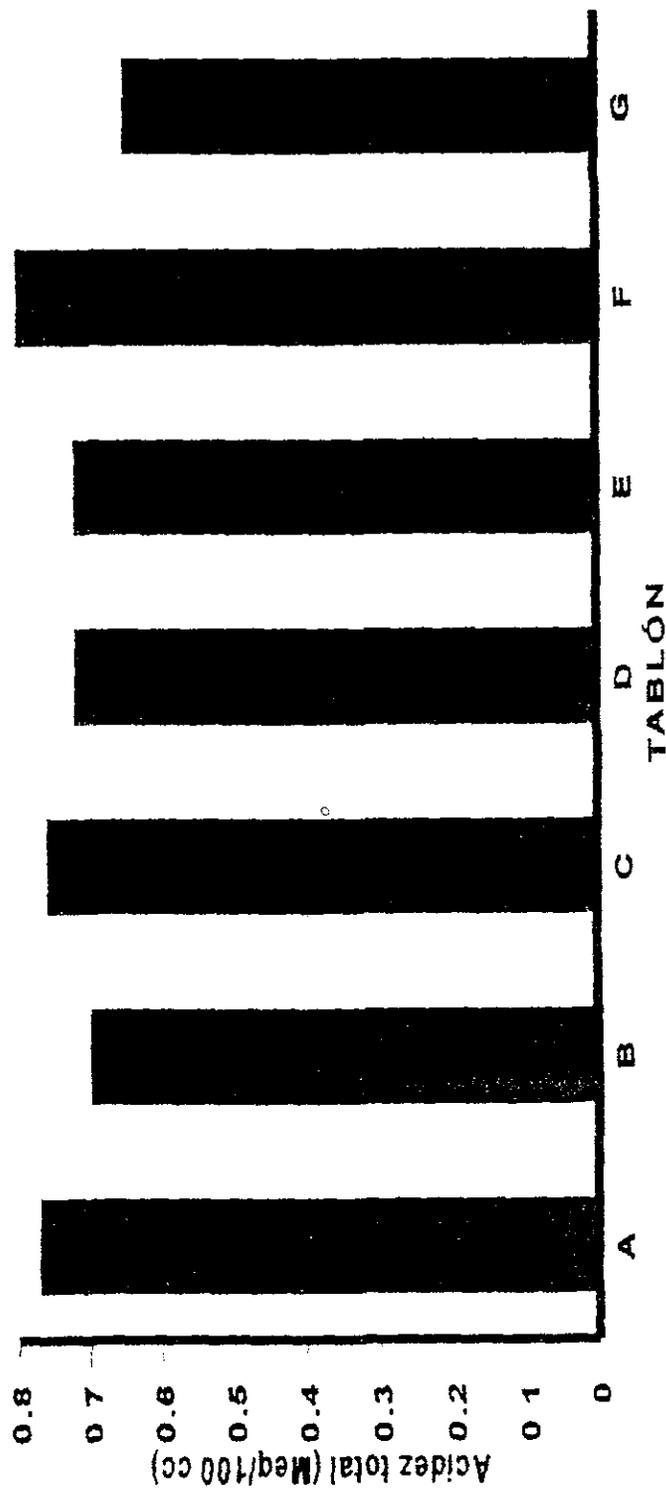
Cuadro 5 2 5 1 *Acidez total, en suelos no inundados e inundados - Marzo 1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | Acidez total<br>(Meq/100 cc) | ACIDEZ<br>TOTAL<br>$\bar{x}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|------------------------------|------------------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 0.72                         | 0.77                         | BAJO          |
|        |        | 2       | 0.80                         |                              |               |
|        |        | 3       | 0.80                         |                              |               |
| 01     | B      | 4       | 0.80                         | 0.70                         | BAJO          |
|        |        | 5       | 0.59                         |                              |               |
| 02     | C      | 6       | 1.11                         | 0.76                         | BAJO          |
|        |        | 7       | 0.53                         |                              |               |
|        |        | 8       | 0.59                         |                              |               |
| 02     | D      | 9       | 0.65                         | 0.72                         | BAJO          |
|        |        | 10      | 0.72                         |                              |               |
|        |        | 11      | 0.80                         |                              |               |
| 02     | E      | 12      | 0.72                         | 0.72                         | BAJO          |
|        |        | 13      | 0.72                         |                              |               |
| 02     | F      | 14      | 0.80                         | 0.80                         | BAJO          |
| 02     | G      | 15      | 0.65                         | 0.65                         | BAJO          |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Gráfica 5.2.5.2 Acidez total en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G Suelos inundados

## 5 2 6 Aluminio por el método de KCL (Meq/100 cc)

Cuadro 5 2 6 1 *Aluminio, en suelos no inundados e inundados-Marzo1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | ALUMINIO | $\bar{X}$ | CLASIFICACIÓN    |
|--------|--------|---------|----------|-----------|------------------|
| 01     | A      | 1       | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
|        |        | 2       | 0 00     |           |                  |
|        |        | 3       | 0 00     |           |                  |
| 01     | B      | 4       | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
|        |        | 5       | 0 00     |           |                  |
| 02     | C      | 6       | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
|        |        | 7       | 0 00     |           |                  |
|        |        | 8       | 0 00     |           |                  |
| 02     | D      | 9       | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
|        |        | 10      | 0 00     |           |                  |
|        |        | 11      | 0 00     |           |                  |
| 02     | E      | 12      | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
|        |        | 13      | 0 00     |           |                  |
| 02     | F      | 14      | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |
| 02     | G      | 15      | 0 00     | 0 00      | NO<br>DETECTABLE |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

## 5 2 7 Calcio por el método de KCL (Meq/100 cc)

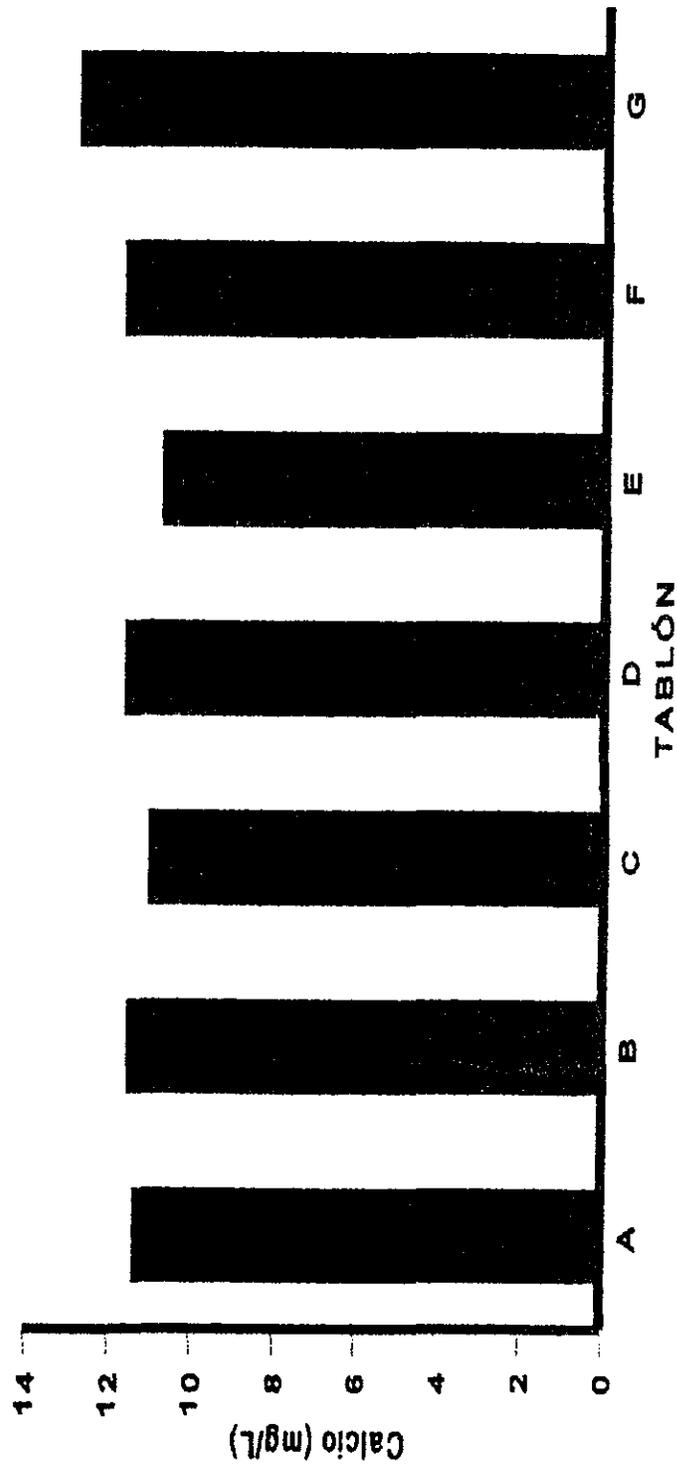
Cuadro 5 2 7 1 *Calcio en suelos no inundados e inundados-Marzo1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | CALCIO<br>(Meq/100 cc) | CALCIO<br>$\bar{X}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|------------------------|---------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 11.60                  | 11.37               | MUY ALTO      |
|        |        | 2       | 10.80                  |                     |               |
|        |        | 3       | 11.70                  |                     |               |
| 01     | B      | 4       | 11.30                  | 11.55               | MUY ALTO      |
|        |        | 5       | 11.80                  |                     |               |
| 02     | C      | 6       | 10.70                  | 11.07               | MUY ALTO      |
|        |        | 7       | 11.70                  |                     |               |
|        |        | 8       | 11.80                  |                     |               |
| 02     | D      | 9       | 11.10                  | 11.63               | MUY ALTO      |
|        |        | 10      | 11.80                  |                     |               |
|        |        | 11      | 12.00                  |                     |               |
| 02     | E      | 12      | 11.20                  | 10.75               | MUY ALTO      |
|        |        | 13      | 11.30                  |                     |               |
| 02     | F      | 14      | 11.70                  | 11.70               | MUY ALTO      |
| 02     | G      | 15      | 12.80                  | 12.80               | MUY ALTO      |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Grafica 5.2.7.2 Calcio en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G Suelos inundados

## 5 2 8 Magnesio por el método de KCL (Meq/100cc)

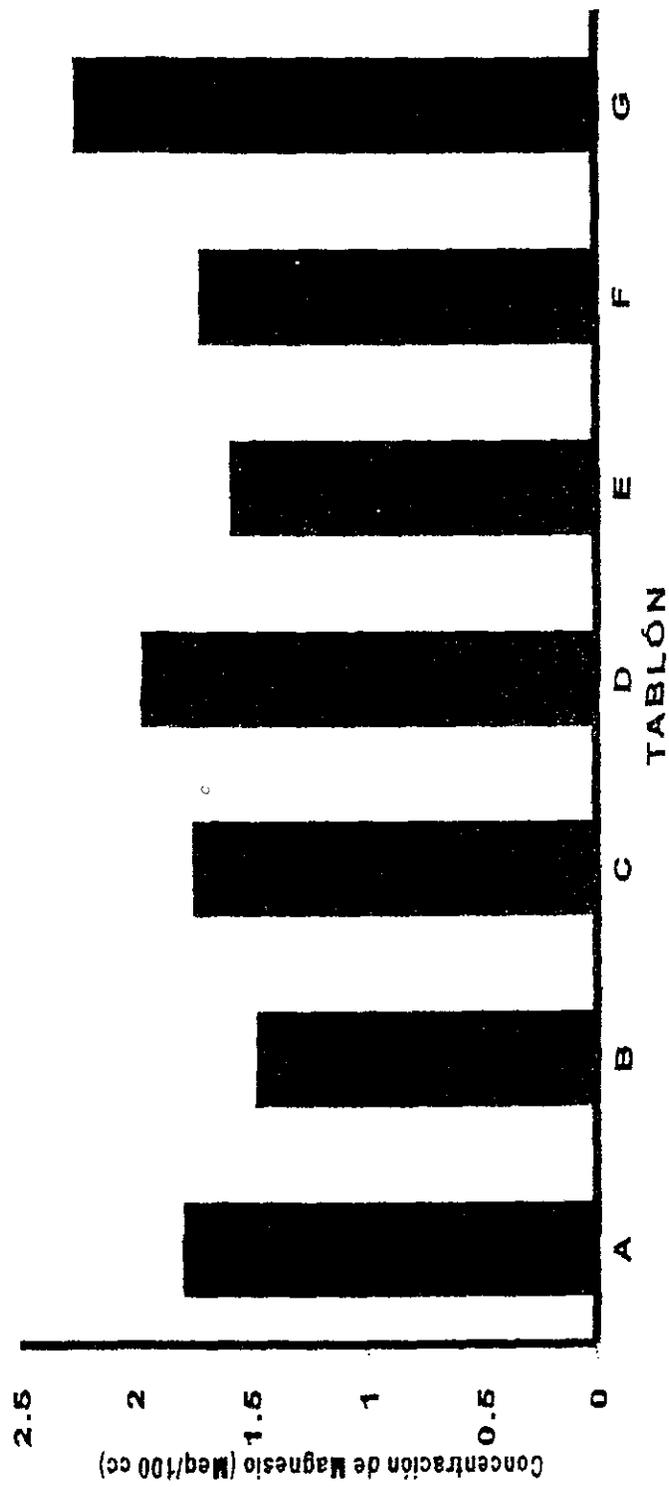
Cuadro 5 2 8 1 *Magnesio, en suelos no inundados e inundados-Marzo1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | MAGNESIO<br>(Meq/100 cc) | MAGNESIO<br>$\bar{X}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|--------------------------|-----------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 2 20                     | 1 79                  | MEDIO         |
|        |        | 2       | 1 47                     |                       |               |
|        |        | 3       | 1 69                     |                       |               |
| 01     | B      | 4       | 1 48                     | 1 48                  | MEDIO         |
|        |        | 5       | 1 49                     |                       |               |
| 02     | C      | 6       | 1 64                     | 1 75                  | MEDIO         |
|        |        | 7       | 1 88                     |                       |               |
|        |        | 8       | 1 74                     |                       |               |
| 02     | D      | 9       | 2 05                     | 1 97                  | MEDIO         |
|        |        | 10      | 2 04                     |                       |               |
|        |        | 11      | 1 81                     |                       |               |
| 02     | E      | 12      | 1.64                     | 1 59                  | MEDIO         |
|        |        | 13      | 1 54                     |                       |               |
| 02     | F      | 14      | 1 72                     | 1 72                  | MEDIO         |
| 02     | G      | 15      | 2.26                     | 2.26                  | MEDIO         |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Grafica 5.2.8.2 Magnesio en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G Suelos inundados

## 5 2 9 Fósforo por el método de Carolina del Norte (mg/L)

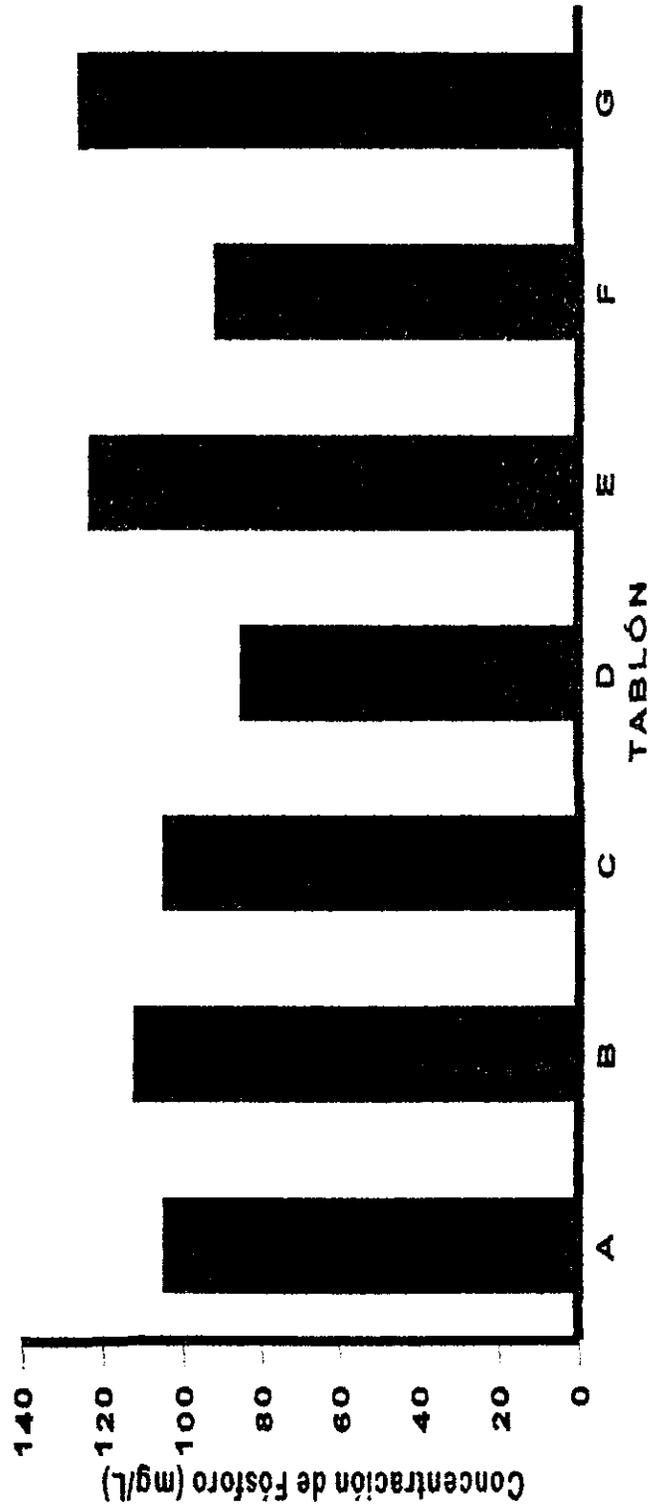
Cuadro 5 2 9 1 *Fósforo, en suelos no inundados e inundados - Marzo 1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | FÓSFORO<br>(mg/L) | FÓSFORO<br>$\bar{x}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|-------------------|----------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 100 3             | 104 9                | ALTO          |
|        |        | 2       | 140 5             |                      |               |
|        |        | 3       | 72 2              |                      |               |
| 01     | B      | 4       | 129 60            | 112 6                | ALTO          |
|        |        | 5       | 98 5              |                      |               |
| 02     | C      | 6       | 41 0              | 105 7                | ALTO          |
|        |        | 7       | 106 0             |                      |               |
|        |        | 8       | 64 4              |                      |               |
| 02     | D      | 9       | 86 5              | 85 76                | ALTO          |
|        |        | 10      | 76 08             |                      |               |
|        |        | 11      | 94 0              |                      |               |
| 02     | E      | 12      | 95 5              | 123 6                | ALTO          |
|        |        | 13      | 151 7             |                      |               |
| 02     | F      | 14      | 92 5              | 92 5                 | ALTO          |
| 02     | G      | 15      | 126 9             | 126 0                | ALTO          |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Grafica 5.2.9.2 Fósforo en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G. Suelos inundados

5 2 10 Potasio por el método de Carolina del norte (mg/L)

Cuadro 5 2 10 1 *Potasio, en suelos no inundados e inundados - Marzo 1999*

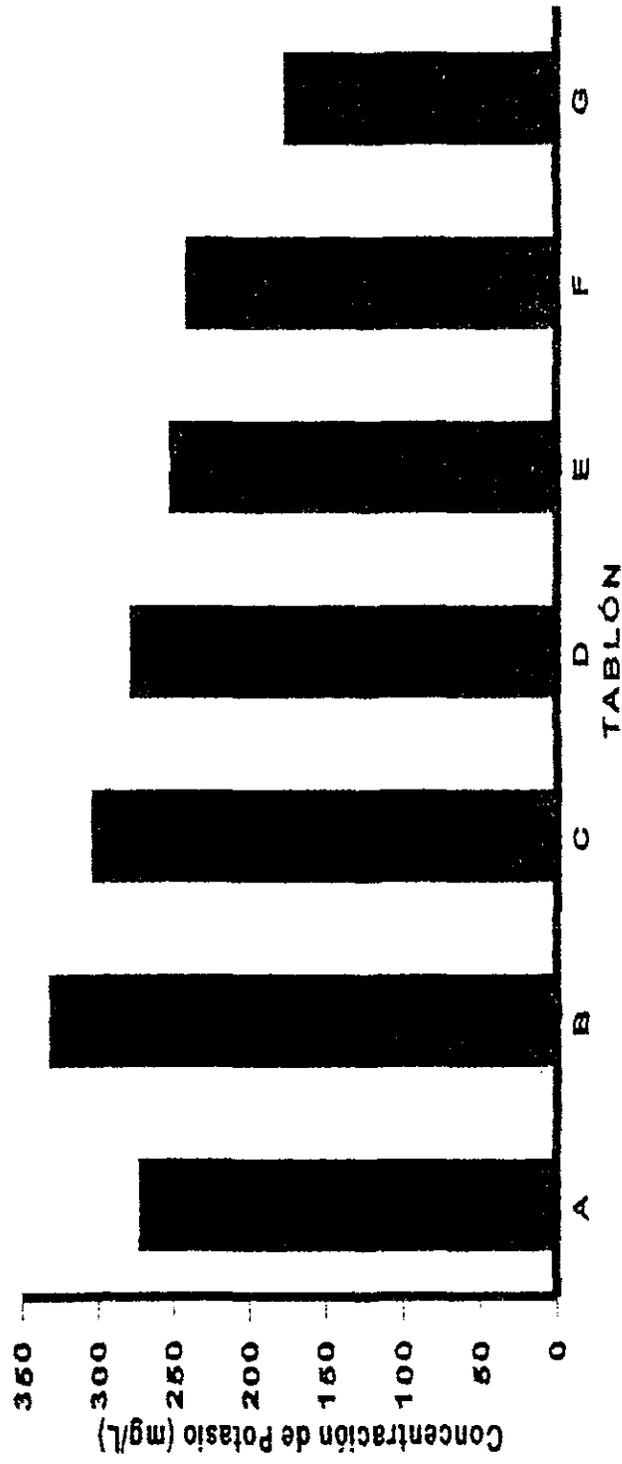
*Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | POTASIO<br>(mg/L) | POTASIO<br>$\bar{x}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|-------------------|----------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 219 0             | 272 3                | ALTO          |
|        |        | 2       | 194 0             |                      |               |
|        |        | 3       | 304 0             |                      |               |
| 01     | B      | 4       | 337 0             | 333 0                | ALTO          |
|        |        | 5       | 329 0             |                      |               |
| 02     | C      | 6       | 367 0             | 3 05 0               | ALTO          |
|        |        | 7       | 331 0             |                      |               |
|        |        | 8       | 317 0             |                      |               |
| 02     | D      | 9       | 289 0             | 278 6                | ALTO          |
|        |        | 10      | 256 0             |                      |               |
|        |        | 11      | 291 0             |                      |               |
| 02     | E      | 12      | 278 0             | 253 0                | ALTO          |
|        |        | 13      | 228 0             |                      |               |
| 02     | F      | 14      | 243 0             | 243 0                | ALTO          |
| 02     | G      | 15      | 178 0             | 178 0                | ALTO          |

(01) A ,B suelos no inundados

(02) C a G suelos inundados

Grafica 5.2 10.2 Potasio en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A,B Suelos no inundados  
C a G Suelos inundados

## 5 2 11 Zinc por el método de Carolina del Norte (mg /L)

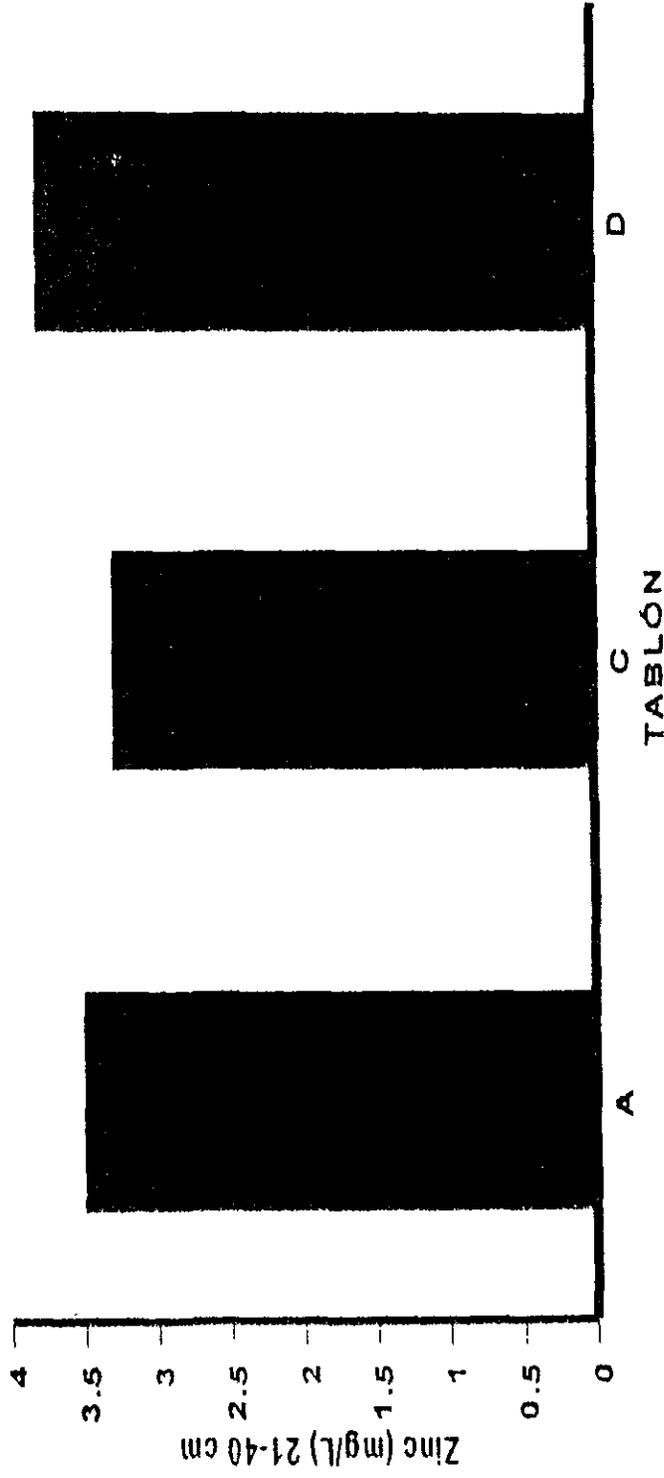
Cuadro 5 2 11 1 *Zinc, en suelos no inundados e inundados - Marzo 1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | ZINC<br>mg/L | ZINC<br>$\bar{X}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|--------------|-------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 3 75         | 3 50              | BAJO          |
|        |        | 2       | 3 25         |                   |               |
| 02     | C      | 3       | 2 90         | 3 29              | BAJO          |
|        |        | 4       | 3 68         |                   |               |
| 02     | D      | 5       | 3 80         | 3 80              | BAJO          |

Muestras Tomadas a profundidad de 21a 40 cm

- (01) A ,B suelos no inundados  
(02) C a G suelos inundados

Gráfica 5.2.11 2 Zinc en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pimentel, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A, Suelos no inundados  
C, D: Suelos inundados

## 5 2 12 Boro por el método de la Curcumina (mg/L)

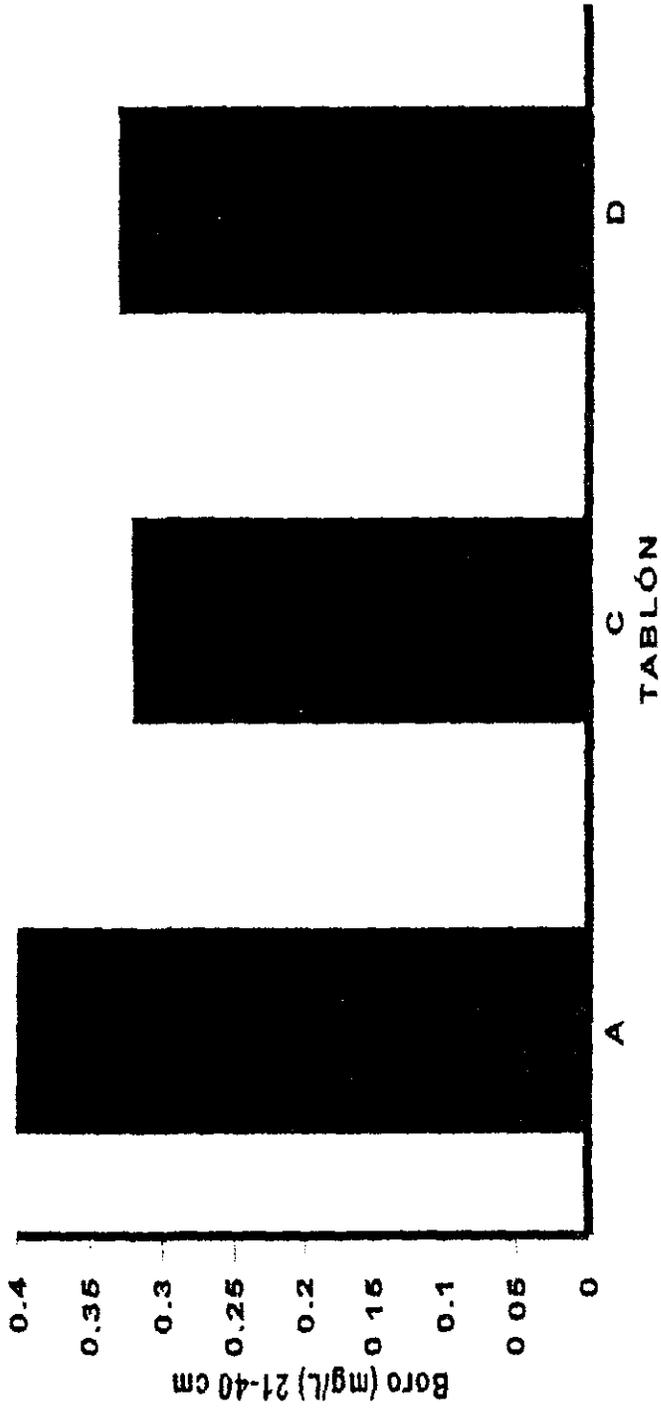
Cuadro 5 2 12 1 *Boro, en suelos no inundados e inundados - Marzo 1999**Cooperativa El Pimental, San Luis Talpa, Depto. La Paz*

| GRUPOS | TABLÓN | MUESTRA | BORO<br>(mg/L) | BORO<br>$\bar{x}$ | CLASIFICACIÓN |
|--------|--------|---------|----------------|-------------------|---------------|
| 01     | A      | 1       | 0 47           | 0 40              | BAJO          |
|        |        | 2       | 0 33           |                   |               |
| 02     | C      | 3       | 0 28           | 0 32              | BAJO          |
|        |        | 4       | 0 36           |                   |               |
| 02     | D      | 5       | 0 33           | 0 33              | BAJO          |

Muestras Tomadas a una profundidad de 21 a 40 cm

- (01) A ,B suelos no inundados  
(02) C a G suelos inundados

Gráfica 5.2.12.2 Boro en suelos no inundados e inundados-marzo 1999.  
Cooperativa El Pímental, San Luis Talpa, Depto. La Paz



A, Suelos no inundados  
C, D: Suelos inundados

## VI INTERPRETACION DE RESULTADOS

### 1 Generalidades

La interpretación de resultados químicos es un procedimiento práctico para evaluar la fertilidad de los suelos

Mediante la capacidad de intercambio catiónico (C I C T), nos permite establecer cuando un suelo es de fertilidad baja  $< 10$  Meq/100 cc, Mediana = 10-20 Meq/100 cc, alta  $> 20$  Meq/100 cc (anexo 6)

La C I C T depende de las cantidades y clases de arcilla y materia orgánica presente en un suelo con alto contenido de arcilla puede retener mas cationes intercambiables de un suelo bajo en arcillas También la C I C T aumenta a medida que aumenta la materia orgánica En el cuadro 6-1( ver pag 90) se presentan los porcentajes de saturación dentro de la capacidad de intercambio catiónico total Los suelos difieren en sus capacidades para retener  $K^+$  de intercambio u otros cationes

La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes La fuerza de la carga positiva de un catión varia permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo con carga negativa (Ver anexo 14).

### TABLÓN A

Posee una textura franco arenoso (FA), un pH de 6.3, considerado óptimo, para la absorción de nutrimentos. El potasio se encuentra en nivel medio (4.73%), el calcio esta en nivel alto (77.80%), el magnesio en nivel medio (12.19%), una acidez total de 5.27%, considerada como baja. La capacidad de intercambio catiónico total de este tablón es de 14.60 (Meq/100cc). Por lo que se clasifica de mediana fertilidad, la materia orgánica reportada (3.65%) considerada, nivel medio.

De acuerdo a estos resultados dicho tablón representa relaciones no adecuadas entre calcio y potasio, también la relación calcio y magnesio. Esto demuestra que en la solución de suelo a nivel de sistema radicular, el calcio bloquea al potasio y al magnesio en el proceso de absorción nutricional.

### TABLÓN B

La textura franco arenosa (FA), con un pH de 6.7, considerado como óptimo para la absorción de nutrimentos. El potasio (5.83%), se encuentra en nivel alto, el calcio (78.92%), se encuentra en nivel alto, el magnesio (10.15%) se encuentra bajo y la acidez total (4.73 Meq/100cc) considerada baja y una capacidad de intercambio cationico de 14.57 Meq/100 cc. La Materia orgánica reportada es de 3.70%, para dichos tablonos las condiciones son

similares al tablón "A", sin embargo el potasio, se presenta con un porcentaje más alto a favor del tablón B y el magnesio se encuentra en concentraciones más bajas en este tablón, esto demuestra que sus relaciones se ven afectadas en los procesos de absorción a nivel radicular. La CICT clasifica este tablón como de mediana fertilidad, por lo que se recomienda mejorar los niveles de magnesio y aplicar en forma fraccionada el elemento potasio.

#### TABLÓN C

En cuanto a textura se clasifica como franco (F), con pH de 6.4, considerado como óptimo para la absorción de nutrimentos. El potasio se encuentra en nivel alto (5.32%), el calcio está en nivel alto con valor de 77.76%, el magnesio se encuentra en nivel medio (11.93%), posee una acidez total de 4.97 Meq/100cc, lo que es considerada como baja.

La capacidad de intercambio catiónico es de 14.66 Meq/100cc, lo que clasifica este tablón de mediana fertilidad, la materia orgánica reportada es de 4.06% considerada como medio, en dichos resultados se observa que el elemento calcio está muy por encima de lo óptimo, afectando de esta manera la absorción de potasio y magnesio, por los efectos de antagonismos.

que se forman en dichas bases, por lo que se recomienda regular los contenidos de magnesio y potasio, con una fuente de fertilizante químico

#### TABLÓN D

La textura de este tablón es Franco arenoso (FA), el valor de pH es de 6.5, el cual se considera como óptimo para la absorción de nutrimentos. El potasio se encuentra en niveles medio con un valor de 4.72%, el calcio (77.43%), se encuentra en nivel alto, el magnesio en nivel medio (13.04%), presenta una acidez total de 4.79 Meq/100cc, que es considerado como bajo

La capacidad de intercambio catiónico es de 15.02 Meq/100cc y un contenido de materia orgánica de 3.72%. En este tablón se observa que el potasio, está más bajo en relación al calcio y magnesio, esto significa que su absorción está siendo limitada por ambos elementos a nivel del suelo

Se recomienda incrementar el nivel de dicho elemento con una fuente química, La CICT, clasifica este tablón de mediana fertilidad

#### TABLÓN E

La textura es franco arenoso (FA), el valor de pH es de 6.4, se considera óptimo para la absorción de nutrimentos, el potasio (4.67%), se encuentra en nivel medio, el calcio (78.46%) se encuentra en un nivel alto, el magnesio

(11.60%), se encuentra en nivel medio, la acidez total es de 5.25%, considerada como baja

La capacidad de intercambio catiónico total es de 13.70 Meq/100cc, con un contenido de materia orgánica de 3.33%

Dichos resultados reflejan un antagonismo entre calcio y potasio, así como calcio y magnesio. Ya que los contenidos de potasio y magnesio están muy bajos, con relación al nivel existente de calcio

Se recomienda incrementar dichos niveles, con fuentes que contengan dichos elementos. La CICT, clasifica este tablón de mediana fertilidad

#### TABLÓN F

Textura franco arenoso (FA), presenta un pH de 6.5, considerado como óptimo para la absorción de nutrimentos. El potasio tiene un valor de 4.17%, el cual se encuentra en nivel medio, el calcio (78.84%), se encuentra en nivel alto, el magnesio (11.59%) se encuentra en nivel medio, además presenta una acidez de total de 5.39%, la que es considerada como baja

Además presenta una capacidad de intercambio catiónico total de 14.84 Meq/100cc, con un contenido de materia orgánica de 4.11%. Dichos resultados reflejan un antagonismo entre el calcio y el potasio, así como

calcio y magnesio, ya que los contenidos de potasio y magnesio están muy bajos con relación al nivel existente de calcio

Se recomienda incrementar niveles con fuentes que contengan dichos elementos, la CICT clasifica, este tablón de mediana fertilidad

#### TABLÓN G

Presenta una textura franco arenoso (FA), con pH de 6.6, considerado óptimo para la absorción de nutrimentos. El potasio se encuentra en niveles bajos (2.78%), el calcio (79.20%) se encuentra en niveles altos, el magnesio (13.98%) se encuentra en un nivel medio, presenta una acidez total de 4.02%, que es considerada baja.

Además presenta una capacidad de intercambio catiónico total de 16.16 Meq/100cc, con un contenido de materia orgánica de 4.44%, con respecto a los demás tablones, presenta mayor porcentaje de cargas negativas, esto favorece la retención de bases, sin embargo presenta el porcentaje más bajo de potasio. Por lo que se recomienda incrementar dicho elemento, mediante una fórmula química.

En forma general, dichos suelos presentan un estado de mediana fertilidad. Por lo que se recomienda un manejo eficiente, con programas de fertilidad ya sean con productos químicos o sustratos orgánicos.

Con respecto a la acidez total, se ha demostrado, que mediante los resultados de análisis, el suelo se encuentra en niveles óptimos, por lo que el aluminio no está presente, mas sin embargo pueden encontrarse en bajo contenido no detectable por el método

Capacidad de intercambio cationico total CICT (%)

CUADRO 6-1 Interpretación de resultados, químicos de los suelos no inundados e inundados por la tormenta tropical "MITCH",  
 Marzo 1999, cooperativa El Pimental municipio de San Luis Talpa. depto. De La Paz.

| TABLÓN | TEXTURA | CaCl <sub>2</sub> | % de Saturación dentro de la capacidad de Intercambio Cationico Total (CICT) |                |                  |      | Mg <sup>2+</sup> | Acidez Total | Meq/100 cc | % |
|--------|---------|-------------------|--|----------------|------------------|------|------------------|--------------|------------|---|
|        |         |                   | pH   | K <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | CICT |                  |              |            |   |
| A      | F.A.    | 6.3               | 4.73   | 77.80          | 12.19            | 5.27 | 14.60            | M.O          | 3.65       |   |
| B      | F.A.    | 6.7               | 5.83   | 78.92          | 10.15            | 4.73 | 14.57            | 3.70         | 3.70       |   |
| C      | F.      | 6.4               | 5.32   | 77.76          | 11.93            | 4.97 | 14.66            | 4.06         | 4.06       |   |
| D      | F.A.    | 6.5               | 4.72   | 77.43          | 13.04            | 4.79 | 15.02            | 3.72         | 3.72       |   |
| E      | F.A.    | 6.4               | 4.67   | 78.46          | 11.60            | 5.25 | 13.70            | 3.33         | 3.33       |   |
| F      | F.A.    | 6.5               | 4.17   | 78.84          | 11.59            | 5.39 | 14.84            | 4.11         | 4.11       |   |
| G      | F.A.    | 6.6               | 2.78   | 79.20          | 13.98            | 4.02 | 16.16            | 4.44         | 4.44       |   |

## VII CONCLUSIONES

- 1 El fenómeno tropical "MITCH" afectó la fertilidad de los suelos de la cooperativa el pimental, produciendo cambios químicos y físicos, a causa de las inundaciones provocadas, las que de un modo forzado lavaron las bases de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , y  $Mg^{2+}$  de los suelos en estudio
- 2 Al comparar los resultados de los análisis físicos y químicos de los suelos en los tablones no inundados e inundados por la tormenta tropical Mitch, estos no presentan diferencias significativas entre si. Esto puede deberse a que el tiempo de inundación no fue suficiente para generar cambios físicos y químicos en la composición de los suelos
- 3 Los suelos de la cooperativa el pimental, tuvieron un rendimiento de fertilidad clasificada como mediana ya que la mayoría de los tablones analizados, se encuentran en niveles medios. Dichos resultados se ven reflejados en la interpretación de resultados químicos practicados en los suelos en estudio

4. Los cultivos sembrados en la zona al momento del muestreo son de clima cálido y tropical, por lo que toleran Heladas o variaciones de temperatura para su desarrollo fenológico, pero por no estar estos suelos manejados adecuadamente, presentaban características como marchitez en follaje, bajo rendimiento, etc
  
- 5 los resultados obtenidos en el presente estudio físico, en cuanto a profundidad efectiva nos dá como resultado un porcentaje de productividad relativa del 95%, por lo que estos suelos son aptos para el desarrollo de cultivos intensivos
  
6. En cuanto a textura, los suelos resultan ser FRANCO-ARENOSO, en todos los tablonés a excepción del tablón C, que resultó ser clasificado como FRANCO Es importante decir que estas clasificaciones de textura del suelo, resultan ser excelentes, para el desarrollo de cultivos intensivos, siempre y cuando se utilice un sistema mecanizado agrícola y un buen sistema de riego

7. De acuerdo con los resultados obtenidos de boro en el análisis químico de los tablones inundados (C,D,E,F y G), están clasificados como bajo, por la cantidad de este elemento presente en el suelo
  
8. Los resultados de aluminio son de 0 0, en todos los tablones, debido a que no esta presente en el suelo, lo que se comprueba con el valor de pH, a demás existe la posibilidad que el aluminio este presente en cantidades tan pequeñas que no son detectables por el método

## VIII RECOMENDACIONES

- 1 De acuerdo al estado actual de fertilidad de los suelos, encontrados por medio del análisis físico y químico, para nuevos cultivos, es necesario seleccionar los que más se adapten al estado nutricional de suelo, para lograr un mayor rendimiento en la producción
- 2 En cuanto a los tablones A y B, aunque no fueron afectados significativamente por la tormenta tropical "MITCH", es necesario utilizar un sistema mecanizado para el rompimiento de películas formadas en el mismo suelo que pueden estar bloqueando la translocación de los elementos al sistema osmótico de alimentación de la planta
- 3 La metodología utilizada en este trabajo, está basada en métodos científicos que han contribuido en muchas investigaciones dando resultados favorables por lo que se recomienda la utilización de estos métodos en las investigaciones posteriores que se realicen sobre el análisis físico y químico de los suelos

- 4 De acuerdo con los resultados de profundidad efectiva, estos suelos pueden ser mejor aprovechados si son manejados con sistemas mecanizados para su remoción e incorporación de dosis de sustrato orgánico para incrementar a niveles manejables los porcentajes de materia orgánica
- 5 Para mejorar las condiciones de boro en el medio es necesario agregar fuentes orgánicas tales como Gallinaza, pulpa de café, estiércol de bovino, entre otros o un producto que se encuentre en el mercado, como soluboro o tetraborato de sodio al 18%, bórax al 20% a razón de 2 0 onzas por manzana
- 6 Cuando se presentan deficiencias de zinc, se pueden corregir adicionando todos los años, en el momento en que se detectan las primeras deficiencias en el follaje, la siguiente solución Sulfato de zinc (3 libras), cal hidratada (1 en 100 ml de agua) la cual debe ser tamizada en una manta dejándola lo mas fina posible para que no tape el filtro del equipo de aplicación

## IX BIBLIOGRAFIA

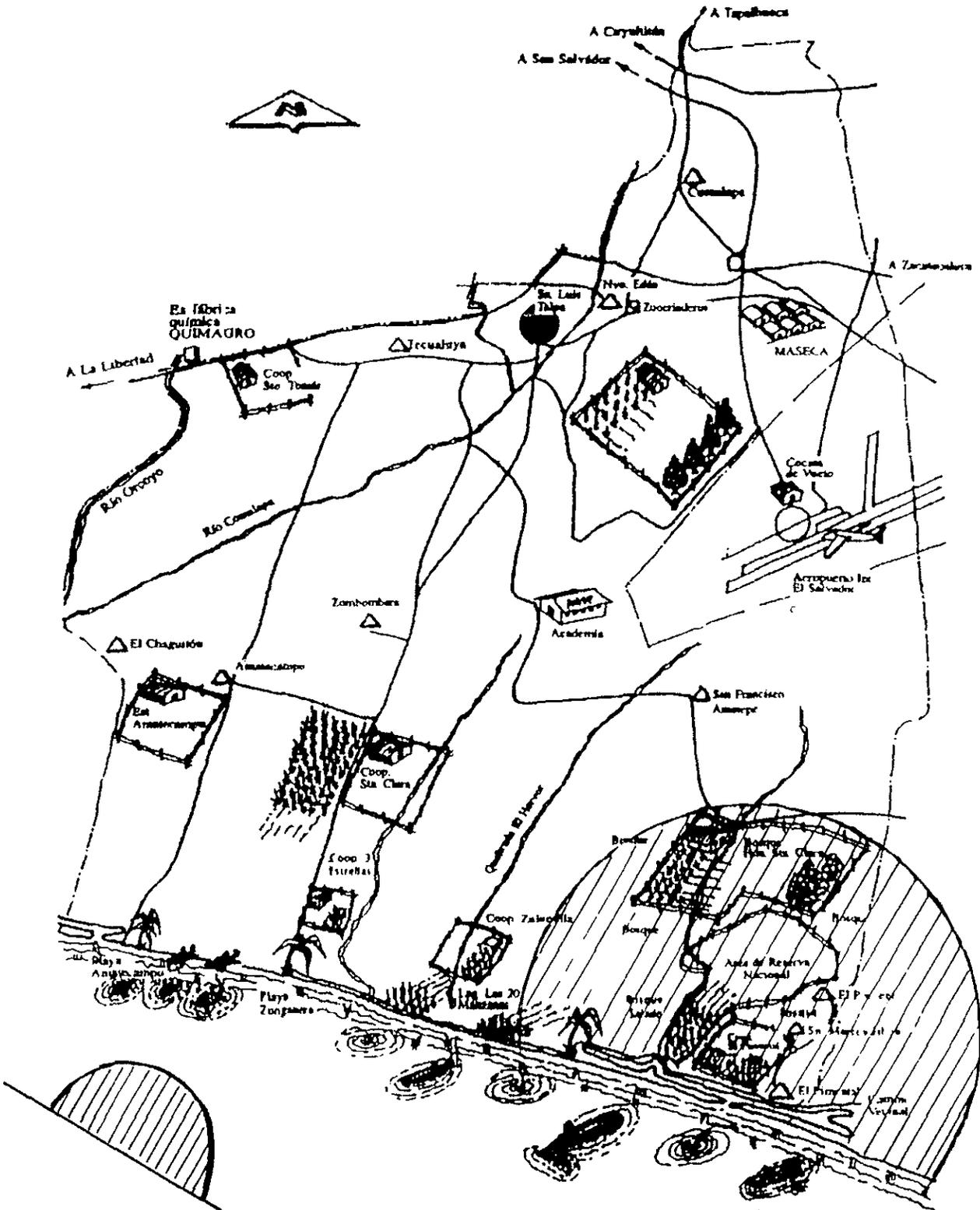
- 1 BOHN, Hinrich I 1985 "Química del Suelo" Editorial Limusa México
- 2 BONNET, Juan A "La Ciencia del suelo " Colegio de ingenieros, Arquitectos Y Agrimensores de Puerto Rico
- 3 CHAPMAN, Homer, PRATT, F Parker , 1976 "Método para análisis de suelos y agua " Editorial Tigrillos, primera edición México páginas 55-56, 108-115
- 4 DENIS, José Roberto y BOURME W C 1962 "Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador" El Salvador
- 5 GONZALEZ Salvador, GUZMAN de CRESPIAN 1988 "Diagnostico de fertilidad de los suelos en El Salvador " Centro de tecnología agrícola división de tecnología agrícola, San Andrés El Salvador paginas 7-9

- 6 HENRIQUEZ, Carlos " manual de laboratorio de la fertilidad de los suelos" asociación Costaricense de la ciencia de suelo San José Costa Rica, paginas 33-34,40-41
- 7 HUNTER, Arvel 1988 "Metodología Analítica para Suelos " Agroservices internatinal Inc Florida USA
- 8 MALKER, J L , 1996 Menéndez, H E "Métodos de Análisis de Suelos" Costa Rica
- 9 MILLER,R H and KEENEY,D R 1982 "Methods of Soil Analysis" Americana inc Publisher Madison Wisconsin USA
- 10 Muestreo de suelos para Análisis Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café PROCAFE

- 11 NUILA DE MEJIA, Julia Amalia 1990 "Manual de Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y Ganadería " San Salvador El Salvador
- 12 ORDAZ CHAPARRO, Víctor M 1996 "La Investigación Edafológica en México1995-1996" Memorias del XXVII del congreso Nacional de la ciencia del suelo Primera edición Sonora México
- 13 PAVÁN, Marcos y TORRES, Gilberto "Interpretación de análisis de suelos y recomendaciones de fuentes Orgánicos e inorgánicos
- 14 Programa de frutales 1993 Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Y Forestal (CENTA) Enero

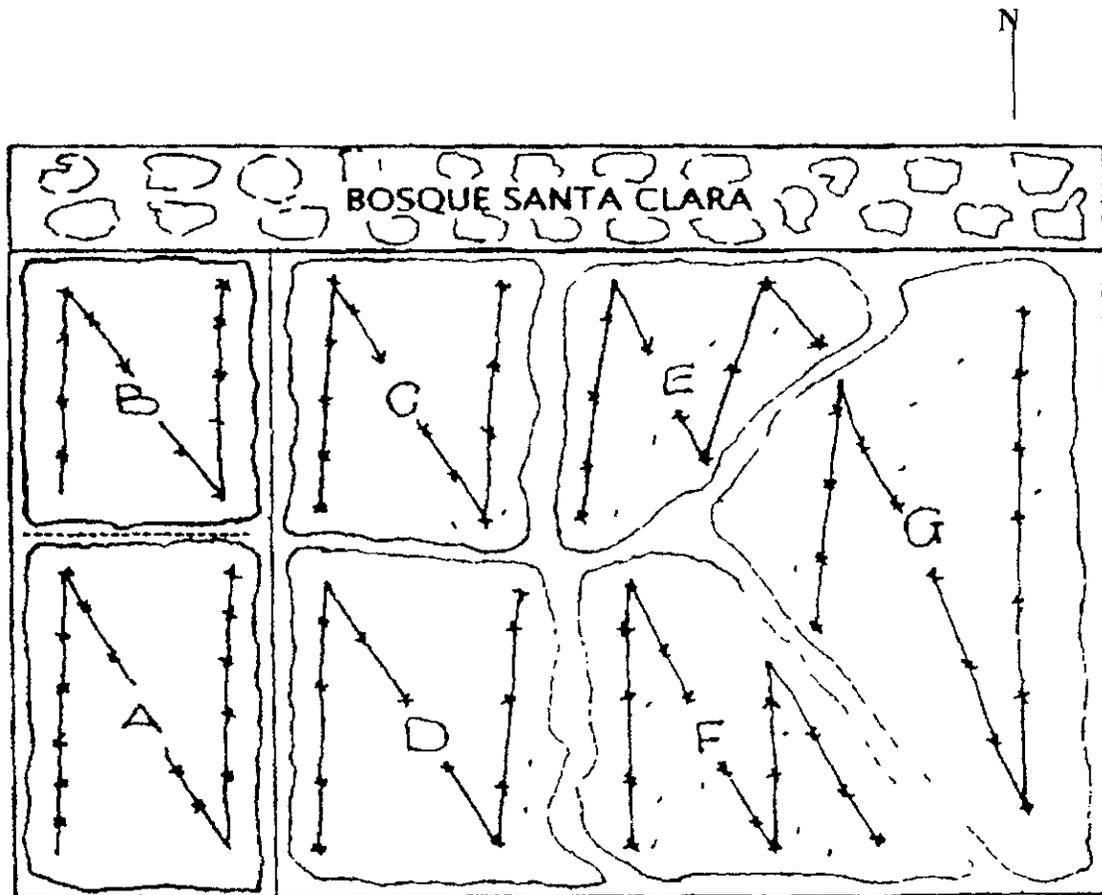
# ANEXOS

# Municipio de San Luis Talpa

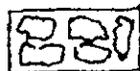


Ubicación de lugar del estudio (Depto. La Paz, cooperativa, El Pimental)

ANEXO 2



= Tablón Inundado



= Bosque Santa Clara



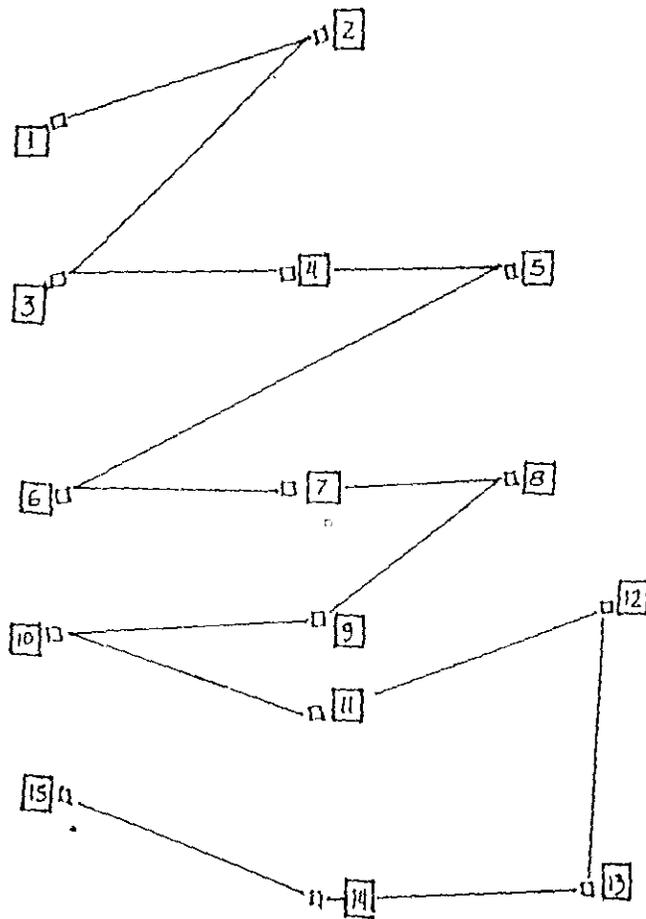
= Zig-Zag



= Tablón no Inundado

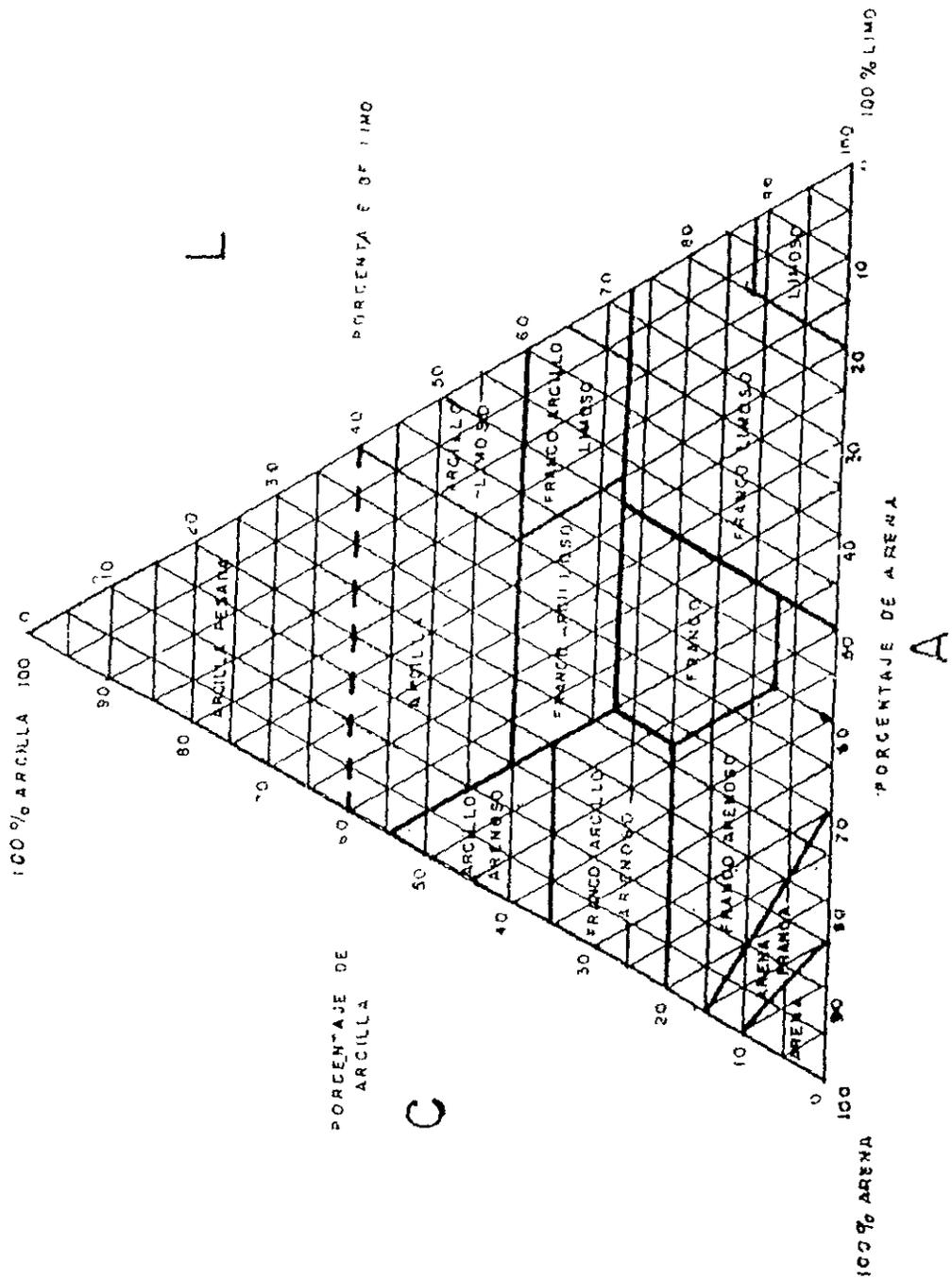
Plano de Distribución de la toma de Muestras de suelo en el campo

### ANEXO 3



Distribución Espacial de los puntos de muestreo de la Investigación según lo recomendado por CATIE y PROCAFE

# ANEXO 4



Guia para clasificar un suelo en base a la textura.

ANEXO 5

FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ  
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE SUELO

| ELEMENTO      | BAJO  | MEDIANO   | ALTO      |
|---------------|-------|-----------|-----------|
| - P ppm       | <12   | 13-19     | >20       |
| - K ppm       | <35   | 36-78     | >79       |
| - Ca meq/100g | <2.5  | 2.6-5.0   | 5.1-10.0  |
| - Mg meq/100g | <0.42 | 0.43-0.83 | 0.84-1.67 |
| - Al meq/100g | <0.5  | 0.51-1.00 | >1.00     |
| - S ppm       | <20   | 21-80     | >81       |
| - B ppm       | <0.50 | 0.51-2.0  | >2.1      |
| - Fe ppm      | <20   | 21-80     | >81       |
| - Cu ppm      | <3.0  | 3.1-20.0  | >21.0     |
| - Zn ppm      | <6.0  | 6.0-36.0  | >37.0     |
| - Mn ppm      | <10.0 | 11-100    | >100      |
| - M.O. %      | <2.0  | 2.1-5.9   | >6.0      |

pH

< 4.0  
4.1-4.9  
5.0-5.9  
6.0-6.9  
7.0

INTERPRETACION

Extremadamente ácido  
Fuertemente ácido  
Medianamente ácido  
Ligeramente ácido  
Neutro

## ANEXO 6

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL MANEJO DE FERTILIDAD  
EN BASE A LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO  
TOTAL

| CAPACIDAD DE INTERCAMBIO<br>CATIÓNICO TOTAL (CICT) | CLASIFICACIÓN      |
|--|--------------------|
| < 10 meq / 100 cc                                  | BAJA FERTILIDAD    |
| 10 – 20 meq / 100cc                                | MEDIANA FERTILIDAD |
| >20 meq / 100cc                                    | ALTA FERTILIDAD    |

FUENTE Paván y Torres (12)

ANEXO 7

PROGRAMA DE FERTILIDAD DE SUELOS CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA  
DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

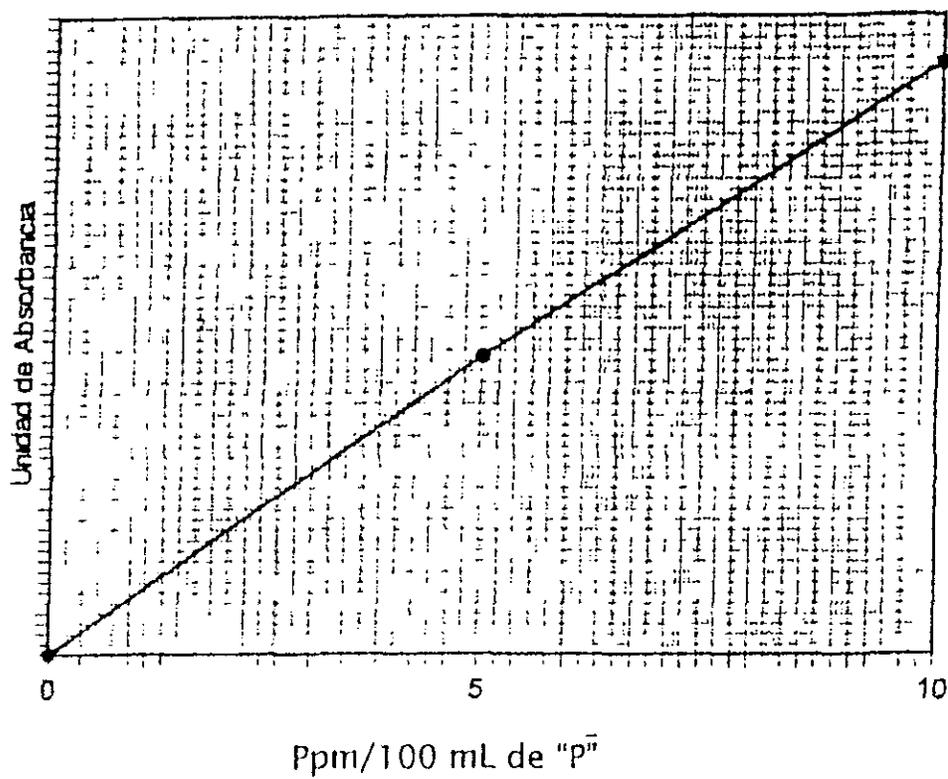
|       | PPM         |             | Meq / 100 gr |               | o/o           |                  |
|-------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|------------------|
|       | FÓSFORO (P) | POTASIO (K) | CALCIO (Ca)  | MAGNESIO (Mg) | ALUMINIO (Al) | MATERIA ORGÁNICA |
| ALTO  | > 20        | > 79        | 5.1 a 10     | 0.84 a 1.67   | 1.0 a 2.0     | 5.0 a 12.0       |
| BAJO  | < 12        | < 35        | 2.5          | 0.42          | 0.50          | < 2.0            |
| MEDIO | 12 a 19     | 36 a 78     | 2.6 a 5.0    | 0.43 a 0.83   | 0.51 a 1.0    | 2.0 a 5.0        |

|            | PPM         |            | PPM       |                | PPM        |           |
|------------|-------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|
|            | HIERRO (Fe) | COBRE (Cu) | ZINC (Zn) | MANGANESO (Mn) | AZUFRE (S) | BORO (B)  |
| OPTIMO     | 20 a 80     | 3 a 10     | 6 a 36    | 10 a 100       | 20 a 80    | 0.5 a 2.0 |
| DEFICIENTE | < 20        | < 3        | < 6       | < 10           | < 20       | < 0.5     |

pH

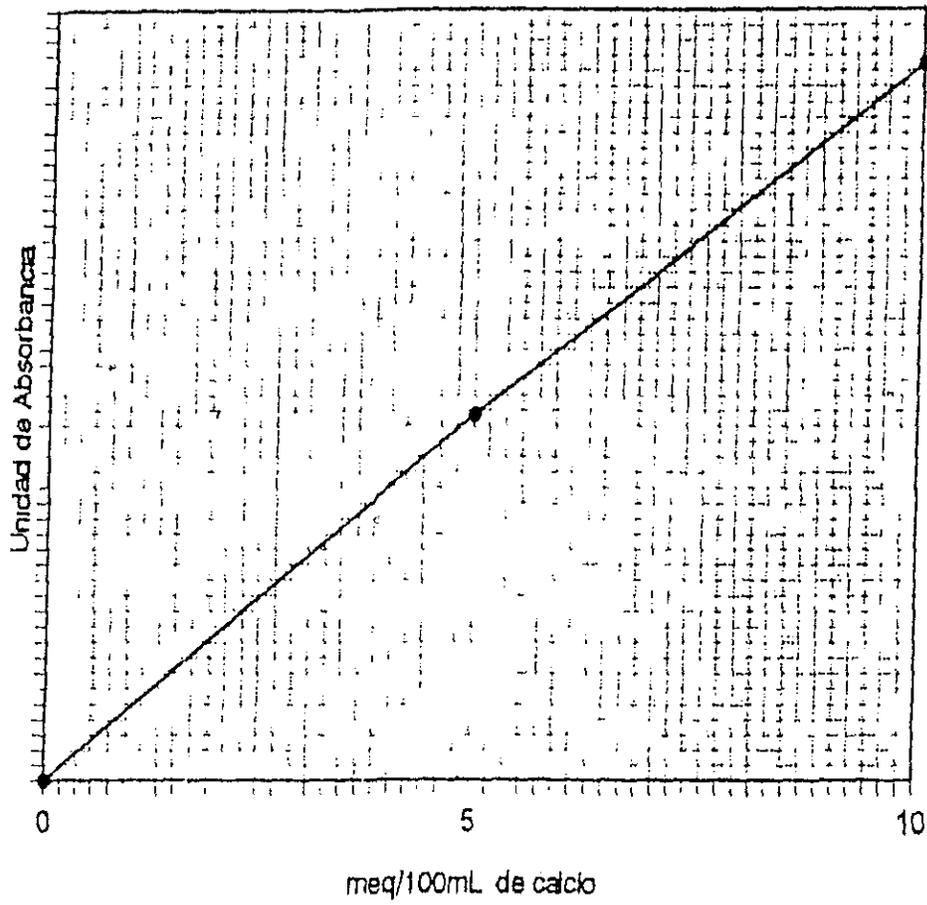
|     |            |
|-----|------------|
| EΛ  | - 4.0      |
| FA  | 4.1 a 4.9  |
| MA  | 5.0 a 5.9  |
| LA  | 6.0 a 6.9  |
| N   | 7.0        |
| LAL | 7.1 a 8.0  |
| MAL | 8.1 a 9.0  |
| FAL | 9.1 a 10.0 |
| EAL | 10.1       |

## ANEXO 8



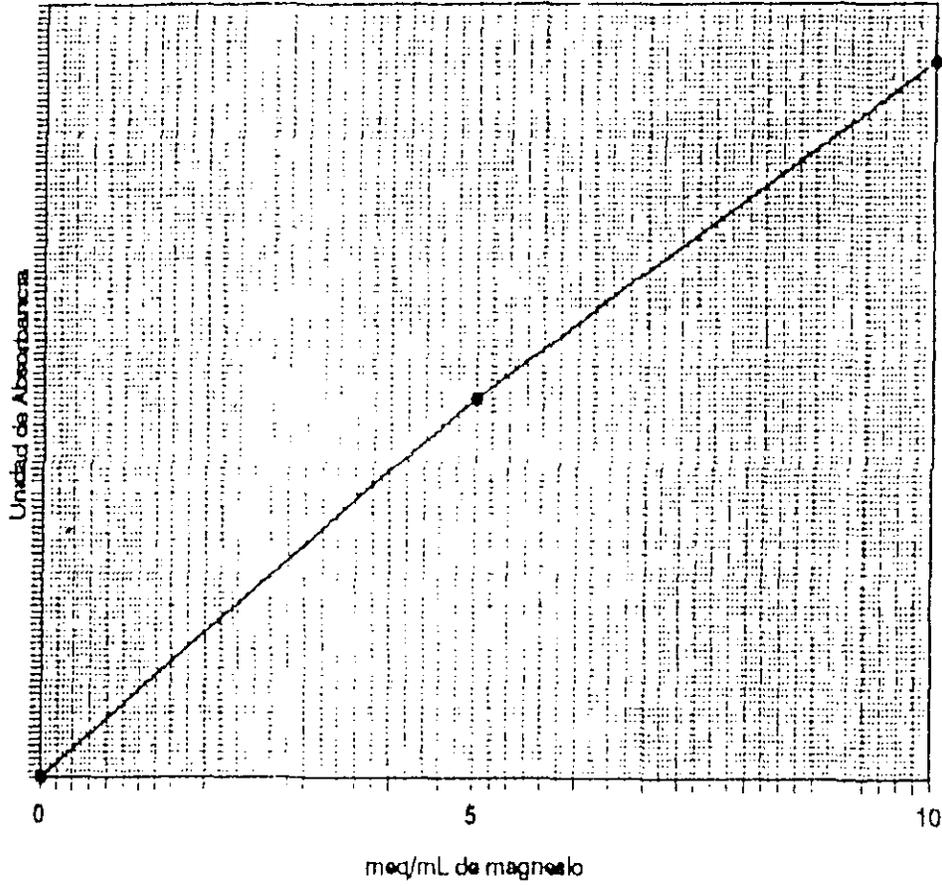
Curva de Calibración para Fósforo

## ANEXO 9



Curva de Calibracion para Calcio

ANEXO 10



Curva de Calibración para Magnesio

Curva de Calibracion para Magnesio

## ANEXO 11

TABLA PARA CORRECCION POR TEMPERATURA EN EL ANALISIS  
MECANICO DE BOUYOCOS (TEXTURA)

| TEMPERATURA F | TEMPERATURA C | CORRECCION POR TEMPERATURA |
|---------------|---------------|----------------------------|
| 67.0          | 19.44         | 0.00                       |
| 68.0          | 20.00         | 0.20                       |
| 68.9          | 20.50         | 0.38                       |
| 69.8          | 21.00         | 0.56                       |
| 70.7          | 21.50         | 0.74                       |
| 71.6          | 22.00         | 0.92                       |
| 72.5          | 22.50         | 1.10                       |
| 73.4          | 23.00         | 1.28                       |
| 74.3          | 23.50         | 1.46                       |
| 75.2          | 24.00         | 1.64                       |
| 76.1          | 24.50         | 1.82                       |
| 77.0          | 25.00         | 2.00                       |
| 77.9          | 25.50         | 2.18                       |
| 78.8          | 26.00         | 2.36                       |
| 79.7          | 26.50         | 2.54                       |
| 80.6          | 27.00         | 2.72                       |
| 81.5          | 27.50         | 2.90                       |
| 82.4          | 28.00         | 3.08                       |
| 83.3          | 28.50         | 3.26                       |
| 84.2          | 29.00         | 3.44                       |
| 85.1          | 29.50         | 3.62                       |
| 86.0          | 30.00         | 3.80                       |
| 86.9          | 30.50         | 3.98                       |
| 87.8          | 31.00         | 4.16                       |
| 88.6          | 31.50         | 4.34                       |
| 89.5          | 32.00         | 4.52                       |
| 90.4          | 32.50         | 4.70                       |
| 91.2          | 33.00         | 4.88                       |
| 92.3          | 33.50         | 5.06                       |
| 93.1          | 34.00         | 5.24                       |
| 94.0          | 34.50         | 5.42                       |
| 95.0          | 35.00         | 5.60                       |

ANEXO 12

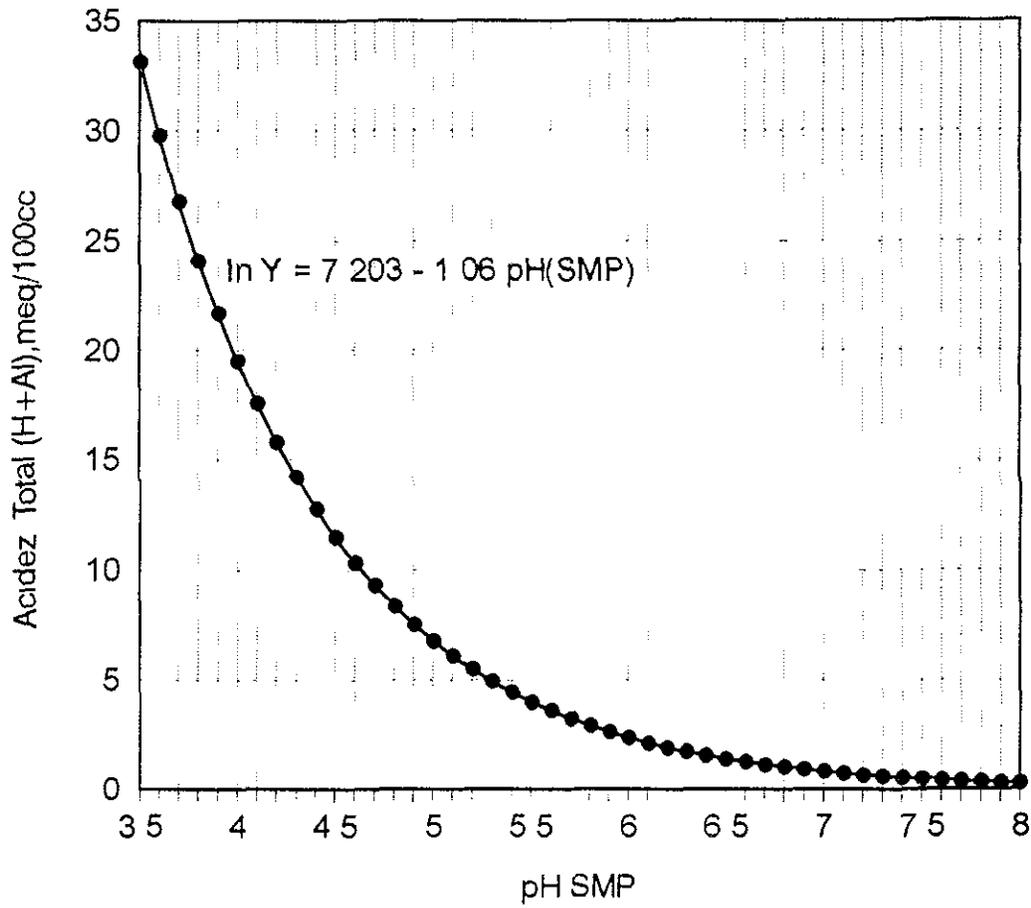


Gráfico 1 Relación de Acidez Total ( $H^+Al^{3+}$ ) en Acetato de Calcio 1.0 N pH 7 y pH SMP

ANEXO 13

| Tablón | Área Suelo<br>(M <sup>2</sup> ) | Propietario      | # de muestras |         | Tipo de Cultivo                     |
|--------|---------------------------------|------------------|---------------|---------|-------------------------------------|
|        |                                 |                  | (0-20)        | (21-40) |                                     |
| A      | 2                               | Santos Hernández | 3             | 2       | Pepino, pipián, maíz, frijol, Chile |
| B      | 3                               | Juan Cruz        | 2             | 0       | Maíz, Arroz, Caña de azucar         |
| C      | 3                               | Máximo Cruz      | 3             | 2       | Rastrojo de cultivos de Maíz        |
| D      | 3                               | Lorenzo Rivera   | 3             | 1       | Pepino, Maíz, Caña de azucar        |
| E      | 3                               | Blanca Zavaleta  | 2             | 0       | Frijol, Sorgo, Maíz, y otros        |
| F      | 3                               | Rogelio Ayala    | 1             | 0       | Yuca, Maíz, Arroz, Y Frijol         |
| G      | 3                               | Rodrigo Rubio    | 1             | 0       | Plátano en asocio con Chile         |
| TOTAL  | 20                              |                  | 15            | 5       |                                     |

Muestras utilizadas

*Identificación de tablonés por propietario donde se realizó el estudio, municipio de San Luis Talpa departamento de la Paz.*

## ANEXO 14

### **CICT = Capacidad de Intercambio Cationico Total**

$$\text{Tablón A} = 272 \text{ ppm de K}^+ = \frac{272}{391} = 0.69 \text{ meq/100cc}$$

Donde

391 = equivalentes de potasio

$$\text{K}^+ = 0.69 \text{ meq/100cc}$$

$$\text{Ca}^{2+} = 11.36 \text{ meq/100cc}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 1.78 \text{ meq/100cc}$$

$$\text{Ac Total} = 0.77 \text{ meq/100cc}$$

---

$$14.60 \text{ meq/100cc}$$

$$\text{K}^+ = \frac{0.69 \text{ meq/100cc}}{14.60} \times 100 = 4.73\%$$

$$\text{Ca}^{2+} = 77.80\%$$

$$\text{Mg}^{2+} = 12.19\%$$

$$\text{Ac Total} = 5.27\%$$

---

$$99.99\%$$

## GLOSARIO

APATITA Fosfato de cal, traslúcido natural

COLOIDE Sustancia formada por partículas cuyas dimensiones son aproximadamente de 1 a 1000 nanómetros cuando están mezcladas con otras sustancias usualmente agua o aire

CUCHARILLA VOLUMETRICA Instrumento de plástico calibrado para medir cantidades necesarias de suelo

CULTIVOS INTENSIVOS Son los que se cultiva aprovechando al máximo los terrenos y obtener los más altos rendimientos

FENOLÓGICOS Se refiere al estudio de las fases de desarrollo que se suceden en los cultivos, ejemplo en el maíz, emergencia espigón, floración, dobla, cosecha

FERTILIZANTE Materia con que se fertiliza la tierra que puede ser de origen químico o natural

FOTOPERÍODO Reacción que tienen los seres vivos (plantas) a la duración del día (horas luz)

FOTOSÍNTESIS Síntesis de un cuerpo químico en presencia de la luz solar, por la acción de la clorofila

LIXIVIACIÓN Fenómeno que diluye gradualmente las sales solubles, los minerales de suelo que se disuelven con mayor facilidad y las bases (cationes no ácidos como ión calcio)

METEREOROLOGÍA Ciencia que estudia el comportamiento de la atmósfera en un momento dado temperatura, lluvia, radiación evaporación , etc

PALÍN Instrumento similar a una pala, pero más delgado , y largo

PLÁNTULA Embrión que nace a partir de una semilla