

00361

1
leg.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

24

"DETERMINACION DE MICRONUTRIMENTOS EN SUELOS Y MUESTRAS FOLIARES DE Coffea arabica, EN ANDOSOLES, DE LA ZONA CAFETALERA DE HUEYTAMALCO, ESTADO DE PUEBLA".

EJEMPLAR UNICO

T E S I S

Que para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P r e s e n t a

Biól. SILVIA MA. DE LA PAZ SANCHEZ BELTRAN

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Con cariño:

A mis padres y hermanos
por su apoyo, estímulo y
comprensión que me han
brindado.

Para ti, Marco.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Nicolás Aguilera-Herrera, por la dirección y apoyo brindados para la realización de esta tesis.

A los Miembros de la H. Comisión Dictaminadora por su colaboración y buena disposición en la revisión y corrección de esta investigación.

M. en C. Nicolás Aguilera-Herrera
M. en C. Mariano Villegas-Soto.
M. en C. Ruben Guajardo-Viera
Dr. Gilberto Hernández-Silva
Dr. David Flores-Román
M. en C. Sergio Palacios-Mayorga
M. en C. Magdalena Meza-Sánchez

Al Dr. José C. Guerrero-García, Director del Instituto de Geología de la U.N.A.M. por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación.

Al Dr. Liberto de Pablo-Galán y al personal del Laboratorio de Rayos X y Absorción Atómica del Consejo de Recursos Naturales no Renovables por la valiosa ayuda en la realización de algunos análisis.

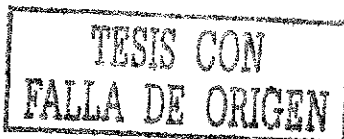
A la M. en C. Irma Aguilera por la determinación de aluminio en las muestras de absorción atómica.

A la Biól. Lourdes Flores-Delgadillo por su colaboración en la lectura de algunos elementos por absorción atómica.

Al Biól. José López García por la elaboración de los mapas.

Al personal académico y administrativos del Instituto de Geología, especialmente al Departamento de Edafología y al personal del Laboratorio de Investigación de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM por el apoyo brindado.

A mis maestros y amigos por su orientación y ayuda, así como para todas aquellas personas que de alguna forma contribuyeron a la realización de esta tesis.



	Pág.
I RESUMEN.....	1
II INTRODUCCION.....	3
III OBJETIVOS.....	6
IV REVISION DE LITERATURA.....	7
IV.1 Suelos cafetaleros.....	7
IV.2 Café.....	9
IV.3 Suelos derivados de cenizas volcánicas.....	12
1) Características edáficas de los suelos.....	12
2) Importancia de estos suelos para México.....	13
IV.4 Técnica del análisis foliar.....	15
1) Antecedentes.....	15
2) Determinación de micronutrientos en muestras fo- liares.....	16
3) Determinación de micronutrientos en el suelo....	17
IV.5 Fuente de micronutrientos en el suelo.....	17
1) Minerales comunes que contienen los elementos me- nores.....	18
2) Formas en que se encuentran los micronutrientos en el suelo.....	23
3) Funciones que desempeñan los micronutrientos en el metabolismo celular.....	27
V LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	30
V.1 Geología, clima, suelos y vegetación.....	30
VI MATERIALES Y METODOS.....	38
VI.1 Campo	38
1) Suelos.....	38
2) Material foliar.....	38
VI.2 Laboratorio.....	39
1) Lavado y secado (foliares).....	39
2) Molienda.....	40
VI.1.2 Disolución de cenizas.....	41
VI.2.2 Preparación de las muestras de suelo.....	42
VI.2.3 Determinaciones físicas.....	42
VI.2.4 Determinaciones químicas.....	42
VI.2.5 Determinación de aluminio y elementos menores asi- milables.....	44
VI.2.6 Determinación de aluminio y elementos menores to- tales en suelos.....	44
VI.2.7 Determinación de aluminio y elementos menores en muestras foliares de Coffea arabica var. Typica, Caturra, Bourbon y Mondo Novo.....	44

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Pág.

VII DISCUSION Y RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS.....	45
VIII DISCUSION Y RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES DE ALUMINIO Y ELEMENTOS MENORES.....	72
IX ANALISIS ESTADISTICOS.....	119
CONCLUSIONES	125
BIBLIOGRAFIA	129

PIES DE FIGURAS, TABLAS Y CUADROS

Cuadro No. 1.- Radio iónico de algunos iones en minerales....	19
Cuadro No. 2.- Estabilidad de minerales y sus constituyentes.	20
Cuadro No. 3.- Abundancia relativa de diversos elementos menores en la corteza terrestre.....	22
Figura No. 1.- Localización del área de estudio.....	33
Figura No. 2.- Mapa Topográfico.....	34
Figura No. 3.- Climograma de la zona norte. Estación Puente Henríquez.....	35
Figura No. 4.- Climograma de la zona sur. Estación Las Minas.	36
Figura No. 5.- Mapa se suelos.....	37
Cuadro No. 1.- Análisis físicos y químicos del Perfil No. 1..	49
*Cuadro No. 1.- Análisis físico-químico del Sitio No. 1.....	50
*Cuadro No. 2.- Análisis físico-químico del Sitio No. 2.....	51
Cuadro No. 2.- Análisis físicos y químicos del Perfil No. 2..	54
*Cuadro No. 3.- Análisis físico-químico del Sitio No. 3.....	55
Cuadro No. 3.- Análisis físicos y químicos del Perfil No. 3..	57
*Cuadro No. 4.- Análisis físico-químico del Sitio No. 4.....	58
Cuadro No. 4.- Análisis físicos y químicos del Perfil No. 4..	60
*Cuadro No. 5.- Análisis físico-químico del Sitio No. 5.....	61

* Pozos

Cuadro No. 5.- Análisis físicos y químicos del Perfil No. 5..	64
*Cuadro No. 6.- Análisis físico-químico del Sitio No. 6.....	65
Tabla de contenido de aluminio y algunos micronutrientes en suelos en forma total.....	66
Tabla de contenido de aluminio y algunos micronutrientes en plantas reportados en ppm en peso seco.....	67
Tabla 1.- Contenido de aluminio en hojas de café (ppm en peso seco).....	68
Tabla 2.- Contenido de hierro en hojas de café (ppm en peso seco).....	68
Tabla 3.- Contenido de zinc en hojas de café (ppm en peso seco).....	69
Tabla 4.- Contenido de manganeso en hojas de café (ppm en peso seco).....	70
Tabla 5.- Contenido de cobre en hojas de café (ppm en peso seco).....	71
Cuadro No. 1.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total.....	74
Cuadro No. 1.2 Determinación de elementos menores asimilables extraídos con una solución biácida de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	76
Cuadro No. 1.3 Análisis foliar en <u>Coffea arabica</u> var. Caturra. 80	
Cuadro No. 2.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total.....	82
Cuadro No. 2.2 Determinación de elementos menores asimilables extraídos con una solución biácida de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	85
Cuadro No. 2.3 Análisis foliar en <u>Coffea arabica</u> var. Typica. 88	
Cuadro No. 3.2 Determinación de elementos menores asimilables extraídos con una solución biácida de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	91
Cuadro No. 3.3 Análisis foliar en <u>Coffea arabica</u> var. Caturra 94	
Cuadro No. 4.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. 97	

	Pág.
Cuadro No. 4.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	101
Cuadro No. 4.3 Análisis foliar en Coffea arabica var. Caturra.	104
Cuadro No. 5.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total.....	106
Cuadro No. 5.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	108
Cuadro No. 5.3 Análisis foliar en Coffea arabica var. Bourbon.	112
Cuadro No. 6.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total.....	114
Cuadro No. 6.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCl y H ₂ SO ₄ 0.075 N en muestras de suelo.....	116
Cuadro No. 6.3 Análisis foliar en Coffea arabica var. Mondo novo.....	118

ANEXO

ANALISIS DE VARIANZA

Aluminio total en suelo.....	135
Aluminio asimilable en suelo.....	136
Aluminio en planta.....	137
Hierro total en suelo.....	138
Hierro asimilable en suelo.....	140
Hierro en planta.....	141
Zinc total en suelo.....	142
Zinc asimilable en suelo.....	143
Zinc en planta.....	145
Manganeso total en suelo.....	146
Manganeso asimilable en suelo.....	147
Manganeso en planta.....	149
Cobre asimilable en suelo.....	151
Cobre en planta.....	152

I.- RESUMEN

Los estudios se hicieron para observar las relaciones suelo-planta con relación a los micronutrientes que se encuentran en el suelo en forma total y asimilable y los que se encontraron en las plantas del cafeto.

Se trabajó con andosoles pertenecientes a los Grandes Grupos de suelos Ochrandept, Umbrandept y Vitrandept, cultivados con cafetos de las variedades Typica, Caturra, Bourbón y Mondo Novo.

Los contenidos de aluminio total son altos, los valores de aluminio asimilables están dentro de los valores reportados como normales. Se obtuvieron valores altos de aluminio a mayor profundidad del suelo. Los contenidos de aluminio en plantas son mayores en la parte baja del arbusto.

En relación al hierro total en los suelos de la zona, la distribución es heterogénea, pero en general se acumula con la profundidad; el hierro asimilable es variable en los suelos de la zona; no obstante, los valores obtenidos están por debajo de los reportados como normales. En los arbustos los contenidos de hierro no presentaron diferencias significativas en su distribución en las plantas, ni entre las plantas de los diferentes sitios.

Con respecto al zinc total, no se encontraron diferencias significativas en los valores del elemento, ni entre

los sitios, ni entre la distribución a diferentes profundidades de los suelos. Los valores obtenidos están dentro de los reportados como normales. Para las concentraciones de zinc asimilable, si se encontraron diferencias significativas entre sitios y altamente significativa entre las profundidades del suelo. Estos suelos son pobres en zinc. Los contenidos de zinc en las plantas se encontraron homogéneamente distribuidos en el arbusto, los valores encontrados son medios.

Con relación al manganeso total no hubo diferencias significativas y la zona presenta valores que están dentro de los reportados como normales. La distribución del manganeso asimilable en estos suelos no es homogénea ni entre sitios, ni entre las profundidades. La zona en general presenta valores normales para este elemento. En cuanto a la distribución del manganeso en la planta, se observa una acumulación en la parte baja del arbusto y también hay diferencias significativas para las concentraciones del elemento en las plantas para los diferentes sitios en la zona; los valores encontrados están dentro de los límites que se reportan como normales.

En el caso del cobre total, en este estudio, no se registraron valores de cobre total en suelos; el cobre asimilable en los suelos es bajo y quedan fuera del límite inferior reportado como normal. En los contenidos del cobre en la planta, hay diferencias significativas entre los sitios y se considera que los valores de este elemento son normales.



II.- INTRODUCCION

El estudio de los elementos menores en el suelo es muy importante, ya que las plantas requieren de una cantidad pequeña de estos elementos por lo cual, la deficiencia de alguno de ellos, afecta directa o indirectamente el metabolismo normal de las plantas y altera los equilibrios entre sus constituyentes químicos.

Los elementos menores intervienen en funciones específicas en los mecanismos enzimáticos, son esenciales en el metabolismo celular ya que forman parte de las enzimas. De aquí la importancia de las determinaciones de las concentraciones de estos elementos en suelos y plantas.

Actualmente es muy poco lo que se tiene en cuanto al estudio de estos parámetros en suelos derivados de cenizas volcánicas cultivados con cafetales, y en muestras de material foliar del cafeto.

Desde el punto de vista práctico, es de gran valor conocer la relación que existe entre los elementos menores aprovechables en el suelo y los contenidos de éstos en las plantas.

Existen variaciones de concentración muy reducidas entre las deficiencias y toxicidades que se pueden originar al encontrarse en mayor disponibilidad, de tal manera que pueda causar toxicidad o una deficiencia, lo que puede repercutir

en la producción y en la calidad del producto.

Los elementos menores se encuentran en el suelo en concentraciones variables, éstas dependerán de los materiales parentales de los cuales derivan los suelos así como de su manejo y de las prácticas culturales que se practiquen en ellos.

La reacción del suelo influye en la solubilidad y disponibilidad de los elementos menores, si las concentraciones son altas, como en el caso del boro puede haber dosis tóxicas. Estos mecanismos afectarán directamente al cultivo, ya que las plantas no podrán asimilar el elemento y aparecer síntomas de deficiencia y/o toxicidad por exceso en los cultivos.

Se recomienda determinar los contenidos de micronutrientes en suelos en los cuales se van a cultivar plantas sensibles a éstos y según los resultados dar las recomendaciones con fertilizantes específicos.

En esta investigación se determinaron los elementos menores en suelos pertenecientes al Orden Inceptisol; Suborden Andept; Grandes Grupos; Ochrandept, Umbrandept y Vitrandept. Así como las determinaciones de los elementos menores totales y asimilables en los suelos; se hicieron los análisis de los elementos menores en las hojas del café, en las variedades de Coffea arabica siguientes: Caturra, Bourbon, Mondo novo y Typica.

La zona de trabajo está localizada en la zona cafetalera de Hueytamalco, Estado de Puebla, la cual pertenece a la cuenca cafetalera de Tlapacoyan, Veracruz.

Los suelos de origen volcánico están considerados entre los mejores suelos del mundo para el cultivo del café. En nuestro país existen más de las dos terceras partes del territorio nacional, con suelos de origen volcánico o cubiertos con cenizas volcánicas.

La zona de estudio está dominada por suelos de origen volcánico, éstos en general tienen una alta fertilidad natural, lo cual hace que tengan una buena aptitud para varios cultivos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.- OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación son:

- Determinaciones de aluminio y algunos micronutrientes en suelos cafetaleros del Orden Inceptisol correspondientes a los Grandes Grupos: Ochrandept, Umbrandept y Vitrandept, en la zona cafetalera de Hueytamalco, Estado de Puebla, la cual pertenece a la cuenca cafetalera de Tlapacoya, Veracruz.
- Determinaciones de aluminio y los mismos micronutrientes en hojas de Coffea arabica en las variedades: Typica, Caturra, Bourbon y Mondo Novo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.- REVISION DE LITERATURA

IV.1 Suelos cafetaleros

Los suelos dedicados al cultivo del café son de muy variado origen, pero los cafetos de alta calidad necesitan crecer en suelos derivados de cenizas volcánicas y suelos de origen aluvial que, al parecer, presentan condiciones excelentes para el cultivo del café. Son suelos profundos de buenas características físicas y altos en bases intercambiables.

Los suelos contienen materiales amorfos y materiales cristalinos de origen volcánico y los que resultan del intemperismo. Los materiales cristalinos son principalmente caolinita, haloisita, vermiculita, ilita y montmorillonita; gibsitita y goetitita, también se encuentran presentes en algunos suelos que han sido estudiados en Kenya y en Costa Rica (López, C. A., 1963, Blue, W. Y.; Melhlich, A., 1967); en México, Aguilera, H. N., et al., desde 1965 hasta la fecha ha hecho investigaciones en estos suelos.

En relación a la acidez del suelo, se ha señalado que el cafeto prefiere una reacción ligeramente ácida o sea un pH entre 6 - 6.5; sin embargo, se pueden obtener excelentes cosechas en suelos más ácidos, siempre y cuando las propiedades físicas sean satisfactorias y con una cantidad adecuada de calcio y otros elementos esenciales (Geus, J. G., 1969), sin embargo, se sabe que en la mayoría de los casos, un pH bajo indica un contenido pobre de nutrientes disponibles para las plantas.

Los nutrimentos que se encuentran disponibles en el suelo con pH entre 5 - 6.5 son: manganeso, boro, cobre, zinc, nitrógeno, hierro (Trouw, 1951).

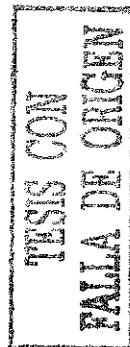
Espinosa, (1975) reporta que el cafeto crece en suelos con pH de 3.1, y Carvajal, J. F. (1963) indica que el cafeto se desarrolla en pH que van de 4.0 - 7.5. Se menciona que el sistema radicular no está confinado, y en consecuencia las raíces exploran zonas de suelo con distintos grados de acidez.

La gran adaptabilidad del cafeto a la reacción del suelo se pone de manifiesto por el hecho de que es cultivado con éxito, no solamente a valores de acidez alta, como ya se mencionó sino también, del lado alcalino, hasta pH de 8 o aún mayor (Forestier, J., 1960).

Desde el punto de vista físico, los suelos para café, deben ser profundos, permeables, friables y de buena textura. La aireación del suelo es fundamental para el buen desarrollo radicular y desde luego para un cultivo de buen rendimiento y calidad del producto. Con referencia a esto, se hace mención que en suelos Terra Rossa, Brasil, por ejemplo los suelos a menudo alcanzan hasta 20 m de profundidad.

En Costa Rica y Kenya los mejores suelos en que desarrollan los cafetos son profundos (Geus, J. G., 1969).

En Brasil se considera que los suelos para este cultivo deben tener una profundidad no inferior a un metro además de



un buen drenaje y aireación (Moraes, F.R.P., 1965), la topografía debe ser de preferencia uniforme.

En relación con la textura, se ha indicado que el suelo ideal debería tener un espacio poroso del 60% del cual un 30% debe permanecer ocupado por el aire del suelo cuando esté húmedo; la densidad aparente debe ser de alrededor de 0.9 gr/cc; en un suelo cuya densidad real fuese de 2.65 gr/cc (Hardy, 1958).

IV.2 Café

El cultivo del cafeto a plena exposición solar o bajo sombra, ha sido tema de revisión por varios investigadores (Coste, R., 1965; Ostendorf, F.W., (1962); Sylvain, P. G; Wellman, F. L., (1961).

Las diferentes ecologías de las regiones cafetaleras del mundo indudablemente sugieren que el cultivo de esta rubiacea no ha de ser idéntico en todas partes y por ende los resultados experimentales que se obtienen, a menudo no concuerdan entre sí e incluso son opuestos. No obstante, las variedades del género Coffea muestran un amplio margen de adaptabilidad y con un buen manejo de las plantaciones, en lo que se refiere a nutrición y renovación de la plantación, es racional, las cosechas son por lo general remunerativas aún bajo modalidades o prácticas culturales diferentes, siempre y cuando la intensidad de los demás factores que afectan la

producción; por ejemplo deficiencias hídricas; esto es valioso si se toma en cuenta la existencia de plantaciones comerciales en lugares con régimen de lluvia de 3,000 mm y más por año, donde prácticamente no existe estación seca, con una distribución más o menos uniforme durante todo el año, así como de zonas en donde la lluvia es de menos de 1,500 mm influidos por períodos secos marcados por más de cinco meses.

Dentro de este ámbito de condiciones extremas, el control de malas hierbas, la época de recolección de frutos, los requerimientos de sombra, etc., varían según la localidad y a menudo el cafeto tiende a adaptarse a condiciones ambientales específicas.

El cultivo bajo sombra se practica en los países de América Central, Colombia y México. En Hawai, Brasil, Kenya y en otros países los cultivos de solana; este término se emplea mucho en Sudamérica y se refiere a los cultivos de café cultivados a pleno sol.

Respecto a las prácticas culturales bajo sombra o al sol se han efectuado muchos experimentos; por ejemplo, en Colombia se obtuvieron distintos grados de iluminación con encañados (Machado, A, 1946) que consistieron en tratamientos a plena exposición con 60 y 25% de iluminación, en almácigos de Coffea arabica; se concluyó que el sombreado ligero (40%) influía favorablemente en los cafetos, en tanto que la sombra excesiva (75%) causaba una disminución del crecimiento, porque

cuando el cafeto crece a plena exposición solar usa las reservas rápidamente y los frutos a menudo no desarrollan bien por insuficiencia de minerales; además, con frecuencia ocurre la muerte descendente. De las especies del género Coffea, la arábica es la más exigente en nutrimentos cuando se cultiva al sol. Este comportamiento incide en la longevidad de los arbustos, pues las plantaciones al sol, por lo general, deben ser renovadas en un menor plazo en comparación con aquéllas que se cultiven bajo sombra. Los demás factores de manejo, que son responsables de la producción, influyen en ambos sistemas de manera semejante. Si el suelo es naturalmente fértil, el cultivo al sol mostrará siempre ventajas en cuanto a cosecha, en comparación con el cultivo a la sombra.

Bajo condiciones de manejo adecuado del cafetal con fertilizantes y bajo cultura de solana o a pleno sol producirán una cosecha más abundante.

El cafeto bajo sombra reduce sus necesidades en nutrimentos debido a la menor actividad fotosintética de la planta; estas observaciones se refieren al uso de sombra en regiones cercanas al Ecuador. En latitudes alejadas por ejemplo en Brasil y Hawai, aparentemente no habría ventaja en la disminución del crecimiento vegetativo mediante el uso de árboles de sombra, ya que el crecimiento es reducido por las menores longitudes de día, por la ocurrencia de temperaturas bajas o por ambos efectos.

La literatura indica que mediante la intensificación de ciertas prácticas culturales, entre las que cabe destacar la aplicación de fertilizante y el control de malas hierbas, el cafeto puede cultivarse sin sombra, no obstante puede haber diferencias entre variedades en cuanto a la tolerancia continua a los rayos del sol.

El uso de la sombra favorece el mantenimiento de la fertilidad del suelo por varios motivos; en primer lugar el ambiente que produce disminuye la temperatura del suelo, lo que reduce las pérdidas de nitrógeno que se registran a temperaturas altas como consecuencia de la descomposición rápida del humus (Coste, P., 1955). Por otra parte, disminuye la intensidad del lavado de nutrimentos de ocurrencia normal como consecuencia de la precipitación. Los árboles de sombra tienen una acción fertilizante por la acción prácticamente continua de materia orgánica por la caída y descomposición de las hojas y por el aporte de nitrógeno, por las especies de leguminosas del género Inga.

IV.3 Suelos derivados de cenizas volcánicas.

IV.3.1 Características edáficas de los suelos.

En la zona de estudio dominan los suelos derivados de cenizas volcánicas una de sus propiedades más importantes es el contenido del mineral amorfo llamado alófono, el cual le transfiere a los suelos una serie de características muy importantes: una de las propiedades químicas importantes del

alófono es la marcada tendencia del aluminio por activarse a bajos pH (Egawa, 1980; Kawai, 1980; Wada y Gunkigake, 1979).

Es común hacer aplicaciones de cal en estos suelos, es un tratamiento que se emplea para inactivar el aluminio y así disminuir la toxicidad del mismo, se disminuye el pH ácido del suelo, se favorece la mineralización de la materia orgánica, aumentando la nitrificación, la actividad bacteriana y disminuyendo la actividad y posible toxicidad del aluminio, hierro, manganeso; precipitándolos como hidróxidos (Almeida y Bornemisza, 1977; Beckwith y Reeve, 1964; Bornemisza *et al.*, 1969; Fassbender y Müller, 1967; Fassbender y Molina, 1969; Miramontes, 1972; Monteilh y Sherman, 1972; Pastrana, 1979; Villar y Pastrana, 1979).

Otra propiedad química del alófono es la pérdida relativa de bases intercambiables y la tendencia a presentar porcentajes muy bajos de saturación de bases, incluso para el calcio (Ca^{++}), por lo que estos efectos se pueden controlar también mediante la aplicación de cal (Forsythe *et al.*, 1969; Kamprath, 1970; Sherpa y González, 1979).

Almeida y Bornemisza (1977) consideran para los suelos de ando una saturación de bases aproximado entre 45 y 60%, la cual es favorable para la mayoría de los cultivos.

IV.3.2 Importancia de estos suelos para México

La importancia de estos suelos para México es grande, ya

que por la posición geográfica de México, los suelos derivados de cenizas volcánicas se encuentran en climas fríos, templados, semiáridos, tropicales y del trópico húmedo.

Estos suelos se localizan desde el nivel del mar en la región de los Tuxtlas hasta los 5,747 m.s.n.m. (Citlaltepetl).

Las temperaturas medias anuales van de 7° C hasta 27° C; las precipitaciones varían de 50 a 4,500 mm.

Los suelos se forman en condiciones topográficas que van desde planos, ligeramente ondulados, muy ondulados hasta con pendientes muy marcadas; en estas condiciones los suelos están sujetos a drenajes deficientes, regulares, buenos y excesivo drenaje. Estos suelos generalmente son profundos y con características físicas y químicas apropiadas para gran variedad de cultivos básicos como: maíz, trigo, cebada, frijol, alfalfa, chile, papa, café, cacao, papaya, piña, mango, plátano, aguacate, cítricos, plantas medicinales como las Dioscoreas spp. y hongos alucinantes, constituyendo un recurso natural de gran importancia para nuestro país (Aguilera, 1969).

La vegetación natural que se desarrolla en estos suelos es de: cactáceas: Opuntia spp., Agave spp., Yuca spp.; gramíneas: Bromus spp., Muhlenbergia spp., Festuca spp. y Agrostis spp.; coníferas: Abies religiosa; Abies concolor; Pinus radiata; Pinus michoacana, Pinus montezumae, Pinus ayacahite,

Pinus oaxacana; Pinus leiophylla; Pinus hartwegii, Pinus lumholtzii; Quercus spp. y Salix spp (Aguilera, 1969).

IV.4 Técnica del análisis foliar

IV.4.1 Antecedentes

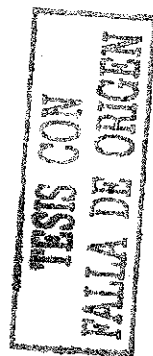
La historia de la investigación sobre métodos para la diagnóstico de las necesidades de fertilizantes para las plantas ha sido reseñada por Goodall y Gregory (1947), estos investigadores dan los lineamientos siguientes:

Experimentos en campo: el trabajo más antiguo fue el presentado por Lawes y Gilbert (1895), el cual consiste en emplear los métodos de ensayos de campo para determinar la respuesta de los cultivos a los fertilizantes.

Experimentos en macetas: se desarrollan experimentos a nivel de invernadero (Mitscherlich, 1925 y Jenny, 1948) para que con los resultados obtenidos se hiciesen correlaciones con los resultados de campo.

Análisis químicos: existen varios métodos de laboratorio para determinar los macronutrientes y los micronutrientes de los suelos. Algunos de los métodos dan buenos resultados para hacer las correlaciones, otros no.

Síntesis de deficiencia: cuando un elemento nutritivo dado, se encuentra en muy pequeña cantidad en el suelo, las plantas que en él crecen pueden mostrar una coloración característica de las hojas y las ramas y presentar un retardo en

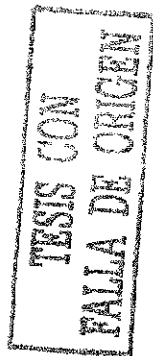


su crecimiento (Kitchen, 1948). Un observador experimentado puede a menudo diagnosticar a primera vista y con bastante seguridad las deficiencias reveladas por los síntomas. Pero los síntomas de algunos desórdenes son tan similares entre sí, que se hace preciso a veces utilizar métodos confirmatorios. Otro inconveniente, es que en ciertos grados de deficiencia, se traducen en una disminución de la producción, no se pone de manifiesto los síntomas característicos de las hojas.

IV.4.2 Determinación de micronutrientes en muestras foliares

Tratamiento de las hojas: en algunos casos, los síntomas foliares de deficiencia pueden reducirse mediante pulverizaciones o pintando las hojas anormales con soluciones de elementos apropiados; el método no es infalible, ya que no siempre se obtienen respuestas positivas. Algunas especies son menos sensibles que otras.

Análisis de la planta: el análisis químico de la planta entera se investigó por primera vez por Von Liebig (1840), para demostrar que el enriquecimiento de las plantas minerales está relacionado con la aplicación de fertilizantes. La idea de utilizar el análisis de la planta como índice de los nutrientes disponibles en el suelo fue expuesta por primera vez en 1862 por Weinhold. Desde entonces se han hecho grandes esfuerzos para probar que ciertas partes de las plantas suministran índices más sensibles que otras; las concentra-



ciones uniformes están influidas por una serie de factores como la especie vegetal, el tipo de suelo, el clima, la fase de crecimiento.

La técnica del análisis foliar para el café, también ha despertado interés en varios países cafetaleros. Drosdoff en Colombia ha contribuido a implantar métodos nuevos y Urhan publicó en 1952 los resultados preliminares. Al mismo tiempo, en Costa Rica (Müller, 1956) estudió los niveles de los elementos esenciales presentes en las hojas deficientes y normales del café, con el fin de mejorar los métodos de fertilización.

En éstos y otros países donde se aplican técnicas modernas, cabe esperar que los rendimientos y la eficacia de la producción mejoren rápidamente.

IV.4.3 Determinación de micronutrientes en el suelo.

Es de importancia, ya que el suelo actúa como un reservorio de nutrientes en general, para la nutrición de los microorganismos en el suelo, en la nutrición vegetal y en la nutrición del hombre.

IV.5 Fuente de micronutrientes en el suelo.

Estos elementos se encuentran en los minerales que forman a las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de los cuales mediante procesos de intemperismo se liberan y son trans-

portados por agua o aire depositándose así en los suelos.

También se liberan de los restos vegetales de la materia orgánica, bajo la forma de complejos. La presencia de los micronutrientes en algunos minerales se explica por la sustitución isomórfica, mediante un ión que puede ser sustituido por otro en un cristal, cuando ambos iones tienen el radio iónico semejante en tamaño, como sucede en los minerales que contienen hierro y manganeso (con radio de 0.83 y 0.78 Å, 0.91 Å respectivamente) en feldespatos y plagioclasas ricas en calcio (Guajardo, 1979).

El Cuadro 1 indica los radios iónicos de algunos iones importantes en minerales, en el Cuadro 2 la presencia de micronutrientes en diversos minerales y la velocidad relativa de intemperización de dichos minerales. En el mismo cuadro se puede ver de una forma cualitativa, los distintos micronutrientes existentes en los minerales, sabiendo cuales son los que están presentes en cada uno de los minerales; es posible predecir cuáles serán las rocas que pueden ser ricas o pobres en un micronutriente en particular.

IV.5.1 Minerales comunes que contienen los elementos menores.

En el Cuadro 3 se presentan los contenidos relativos de diversos micronutrientes en la corteza terrestre.

Cuadro N° 1. RADIO IONICO DE ALGUNOS IONES EN MINERALES:
 (L. Pauling "Nature of the Chemical Bond", Cornell University Press) Citado por Guajardo, V. P. (1979).

Elemento	Radio (\AA)
B***	0.20
P*****	0.35
Si****	0.39
Al***	0.57
Ti****	0.64
Cr***	0.64
Va***	0.65
Fe***	0.67
Fe**	0.83
Mo****	0.68
Li*	0.78
Mg**	0.78
Ni**	0.78
Co**	0.82
Cu**	0.83
Zn**	0.83
Mn**	0.91
Cu*	0.96
Na*	0.98
Ca**	1.06
K*	1.33

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro N° 2. ESTABILIDAD DE MINERALES Y SUS CONSTITUYENTES*

ESTABILIDAD	C O N S T I T U Y E N T E S		MENORES
	MINERAL	MAYORES	
	Olivino	Si ⁴⁺ , Mg ²⁺	Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Mo ⁶⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺
	Granate	Si ⁴⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺	Fe ²⁺ , Mn ²⁺
	Augita	Si ⁴⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺ , Ca ²⁺	Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , V ⁵⁺
	Hornblenda	Si ⁴⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺ , Ca ²⁺	Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , V ⁵⁺
Fácilmente	Biotita	Si ⁴⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺ , K ⁺	Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , V ⁵⁺
Intemperizables	Apatita	Ca ²⁺ , P ⁵⁺	F ⁻
	Anortita	Si ⁴⁺ , Ca ²⁺ , Al ³⁺	Cu ²⁺ , Mn ²⁺
	Andesita	Si ⁴⁺ , Ca ²⁺ , Na ⁺ , Al ³⁺	Cu ²⁺ , Mn ²⁺
	Oligoclasa	Si ⁴⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Al ³⁺	Cu ²⁺
	Albita	Si ⁴⁺ , Na ⁺ , Al ³⁺	Cu ²⁺
	Ortoclasa	Si ⁴⁺ , K ⁺ , Al ³⁺	Cu ²⁺
	Titanita	Si ⁴⁺ , Ca ²⁺ , Ti ⁴⁺	V ⁵⁺
	Ilmenita	Ti ⁴⁺	Fe ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ , V ⁵⁺
Difícilmente	Magnetita		Fe ²⁺ , Zn ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ , V ⁵⁺
Intemperizables	Turmalina	Si ⁴⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺	Fe ²⁺ , B ³⁺
	Zircón	Si ⁴⁺ , Zr ²⁺	-----
	Cuarzo	Si ⁴⁺	-----

* R. L. Mitchell, en: Bear F. E. (Editor): "Chemistry of the Soil". Reinhold, N.Y. (1964).

IV.5.1 Minerales comunes que contienen los elementos menores

HIERRO (Fe)

Oxidos: hematita Fe_2O_3 , goetita $FeOOH$, magnetita Fe_3O_4

Sulfuros: pirita FeS_2 , pirrotita $Fe_{1-x}S$

Carbonato: siderita $FeCO_3$

Sulfato: jorosita $KFe_3(OH)_6(SO_4)_4$

Muchos silicatos de alta temperatura, ejemplo: olivino $(Mg,Fe)_2SiO_4$

Silicatos hidratados de baja temperatura: camosita, glauconita.

ZINC (Zn)

Sulfuro: sfalerita ZnS

Carbonato: smithsonita $ZnCO_3$

Silicato: hemimorfita $Zn_4(OH)_2Si_2O_7 \cdot H_2O$

MANGANESO (Mn)

Oxidos simples: pirolusita MnO_2 , hausmanita Mn_3O_4 , manganita $MnOOH$

Oxidos complejos: braunita $(Mn,Si)_4O_{12}$, psilomelano

Carbonato: rodocrosita $MnCO_3$

Silicato: rodonita $MnSiO_3$

COBRE (Cu)

Sulfuros simples: calcocita Cu_2S , covalita CuS

Sulfuros complejos: calcopirita $CuFeS_2$, bornita Cu_5FeS_4

Enargita Cu_3AsS_4 , tetraedrita $(Cu, Fe)_{12}Sb_4S_{13}$

Oxidos: cuprita Cu_2O , tenorita CuO

Carbonatos: malaquita $Cu_2(OH)_2CO_3$, azurita $Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$

Silicato: crisocola $Cu Si O_3 \cdot 2H_2O$

Sulfato: brocantita $Cu_4(OH)_6SO_4$

Cuadro N° 3. ABUNDANCIA RELATIVA DE DIVERSOS ELEMENTOS MENORES
EN LA CORTEZA TERRESTRE (Guajardo, v. R. 1979).

ELEMENTO	CONCENTRACION (ppm.)
Fe	50,000
Mn	1,000
Cl	480
V	150
Ni	100
Zn	80
Cu	70
Co	40
B	10
As	5
Mo	2.3
Se	0.09

IV.5.2 Formas en que se encuentran los micronutrientes en el suelo:

-Hierro:

Muchos suelos disponen de cantidades considerables de hierro en forma de óxidos hidratados como la limonita y como sulfuros insolubles, de los cuales se libera lentamente en forma de iones solubles.

La forma ferrosa (Fe^{++}) es absorbida rápidamente por las plantas y en condiciones alcalinas, se oxida rápidamente a la forma férrica (Fe^{+++}) que es mucho menos abundante. Por este motivo las plantas tienen tendencia a sufrir deficiencias de hierro en los suelos calcáreos bien drenados, por lo general alcalinos a menos que el hierro esté presente en forma de complejos orgánicos absorbibles sea cual sea el pH del suelo (Sutcliffe and Baker, 1978).

Los minerales en los que se encuentra como constituyente el hierro son: hematita, limonita, goethita, estilpnosiderita, óxido ferroso, bicarbonato ferroso, sulfuros de hierro. Es un elemento móvil, se presenta en estado bivalente o más frecuentemente trivalente y la mayoría de las veces en forma

de óxidos o hidróxidos, cristalinos o amorfos pero en este último caso evolucionando rápidamente hacia la estructura cristalina.

-Manganeso

El manganeso existe en los suelos básicamente como óxidos insolubles y bajo condiciones ácidas, podría ser absorbido por las arcillas, mediante el mecanismo de intercambio catiónico, ocurriendo principalmente bajo condiciones de reducción en los cuales se aumenta considerablemente su solubilidad.

El manganeso también es adsorbido por la fracción orgánica de los suelos y es quizá mediante este mecanismo que se evita la precipitación de compuestos insolubles de este micronutriente. La fracción orgánica tiene la habilidad de formar combinaciones estables en los iones metálicos, incluyendo en estas reacciones numerosos compuestos orgánicos (ácidos húmicos y fúlvicos) (Sutcliffe and Baker, 1978).

-Cobre

El compuesto de cobre más importante en las rocas primarias es la calcopirita ($CuFeS_2$) de la cual han surgido probablemente los depósitos naturales de sulfuro de hierro. Gracias a la acción de los agentes atmosféricos, el cobre en forma divalente se adsorbe fuertemente a las partículas de arcilla de una forma intercambiable, formando también complejos estables con moléculas orgánicas. La concentración de los iones libres

de cobre en las disoluciones del suelo son generalmente bajas; una concentración superior al 1 ppm es tóxica para ambos microorganismos y causa un descenso en la fertilidad del suelo.

El cobre existe en forma intercambiable, asociado a coloides del suelo y tomando parte de complejos orgánicos.

El cobre se absorbe con más facilidad si está en forma de iones divalentes.

En suelos bien aireados y de pH elevado, la disponibilidad de cobre disminuye al aumentar el pH, así como cuando el nivel de fosfatos se eleva al precipitar ambos elementos en forma de fosfatos de cobre que son insolubles. El cobre no se absorbe fácilmente en forma de complejos orgánicos; esto explica las deficiencias de cobre en algunos suelos ricos en humus (Sutcliffe and Baker, 1978). El cobre se encuentra en la solución del suelo como complejo inorgánico.

-Zinc

La fuente más importante de zinc es el sulfuro de zinc que se encuentra en el mineral llamado blenda, que se encuentra en las rocas ígneas. El zinc también se localiza en minerales ferromagnesianos como la magnetita, biotita y hornblenda, que son los minerales que se descomponen fácilmente liberando zinc divalente, parte del cual es absorbido por las partículas de arcilla o forma complejos con la materia orgánica (Sutcliffe and Baker, 1978). Este micronutriente se

absorbe con más facilidad si está en forma de ión divalente (Zn^{++}), la disponibilidad del zinc disminuye al aumentar el pH, así como al elevarse los niveles de fosfatos insolubles de zinc. El zinc tampoco se absorbe fácilmente en forma de complejo orgánico; esto explica las deficiencias de zinc en suelos ricos en humus. El 60% de zinc se encuentra en la solución como complejos inorgánicos.

-Aluminio

El aluminio es un elemento que forma compuestos anfóteros, existe como catión Al^{+++} en medio ácido y como anión en medio alcalino $Al(OH)_3$, forma iones complejos más o menos fuertemente hidrolizados y de propiedades ácidas, ya que liberan iones H^+ (Duchafour, 1978).

El aluminio puede encontrarse en los suelos en cuatro formas: cambiable, no cambiable, coloidal y cristalina. La forma de aluminio trivalente es de cambio, este ión es muy abundante en los suelos ácidos, satura una parte de los elementos del complejo absorbente, principalmente las arcillas.

En algunas arcillas existe aluminio entre las láminas, y en las cuales queda atrapado, quedando parcialmente fijo.

Forma fijada: la alúmina es una de las formas en la cual el aluminio está fijo en forma de óxido de aluminio, se encuentra en los suelos ácidos del trópico y en climas húmedos fríos. Forma pseudo-soluble e insoluble: aparte de estas for-

mas particulares, la alúmina reacciona con compuestos orgánicos para formar complejos con otras arcillas, en medio ácido y finalmente precipita en los horizontes de acumulación en forma del gel mixto.

Existen semejanzas entre el comportamiento de los dos elementos hierro y aluminio en los suelos.

IV.5.3 Funciones que desempeñan los micronutrientes en el metabolismo celular

-Hierro

El hierro forma parte del grupo prostético de ciertas proteínas, en especial de los citocromos que intervienen en el transporte de electrones, y de ciertas enzimas, como la peroxidasa y algunas deshidrogenasas. Juega un papel específico en la síntesis de la clorofila debido a la formación de una ferroporfirina como compuesto intermedio, pero no forma parte de la clorofila en sí misma.

La ferrodexina es una proteína que contiene hierro y que actúa como transportador de electrones en la fosforilación fotosintética y en la fijación de nitrógeno.

La leghemoglobina, otra hemoproteína, se encuentra en los nódulos de las raíces que fijan nitrógeno (Sutcliffe and Baker, 1978).

-Cobre

El cobre es un componente de algunas enzimas metálicas, incluyendo la oxidasa del ácido ascórbico, la fenolasa y la citocromo-oxidasa. El cobre parece actuar como un aceptor de electrones, intermedio en la oxidación directa de sustratos por el oxígeno molecular, gracias a su posibilidad de oxidarse y reducirse de forma reversible (formas cúpricas Cu^{++} y cuprosas Cu^+)

-Manganeso

Se ha comprobado que el manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno. En ambos procesos actúa como activador enzimático. Sin embargo, en muchos casos, especialmente en las reacciones de la respiración, el manganeso puede ser sustituido por otros cationes divalentes, como el Mg^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} .

La sustitución del manganeso más frecuente es la que se hace con el magnesio. Sin embargo, el manganeso demuestra ser esencial para algunas reacciones del metabolismo de las plantas en el ciclo de Krebs (Salisbury, 1969).

El manganeso como activador para la reductasa de los nitritos y la reductasa de la hidroxilamina (Nason, 1956; Sadana y McElroy, 1957).

La preferencia del amoníaco sobre el nitrato como fuente

de nitrógeno manifestado por las células deficientes en manganeso (Nason y McElroy, 1963) es una prueba a favor del mencionado papel del manganeso. Se cree que el manganeso interviene en la destrucción u oxidación del ácido indol-3-acético (IAA), auxina natural de las plantas (Goldacre, 1961; Kenten, 1955).

Otra proteína que contiene manganeso y ha sido aislada de los cacahuates es la manganina, pero su papel en el metabolismo celular es todavía incierto (Sutcliffe and Baker, 1978).

-Aluminio

El aluminio puede activar una enzima que es la deshidrogenasa Succínica. Este elemento es moderadamente tóxico para la mayoría de las plantas.

V.- LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

V.1 Geología, clima, suelos y vegetación.

La zona de estudio se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla y es colindante con el Estado de Veracruz, está comprendida en la cuenca cafetalera de Tlapacoya, Ver. Se encuentra situada geográficamente entre los 19° 21' y 97° 16' de Longitud Oeste. Políticamente pertenece al Municipio de Huytamalco, Estado de Puebla (Figura 1). Se situa entre las cotas de 250 m.s.n.m., y 1,250 m.s.n.m., comprendida en una superficie de 180 km² aproximadamente. Se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en sus subprovincias de Sierras Bajas y Sierras Altas (Mapa Topográfico) (Figura 2). Esta zona se caracteriza por ser un área formada durante la intensa actividad volcánica de fines del Mesozoico (Cretácico Inferior) y al Terciario (Paleoceno y Eoceno); en el Cretácico Inferior se efectuó una transgresión marina que cubrió completamente la región pero que no fue continua ni simultánea, fue entonces, cuando se formaron las capas inferiores de las calizas de Maltrata. Posteriormente fueron afectados por los fenómenos eruptivos.

Las formaciones cretácicas consisten esencialmente de calizas grises, compactas y con pocos fósiles, esquistos calcáreos y calcáreo-arcillosos sin fósiles, que alternan con conglomerados, también se forman calizas arcillosas interestratificadas, como lutitas que afloran en grandes extensiones

pertenecientes al Jurásico Superior al noreste y suroeste de Hueytamalco.

Al noreste de Hueytamalco se encuentra un afloramiento de calizas que corresponden al Cretácico, el cual se explota como banco de materiales y caleras. La zona de estudio está dominada por los materiales de origen volcánico que cubren los materiales sedimentarios.

De acuerdo con la clasificación de climas elaborada por Köppen y modificada por García (1973) a la zona de estudio le corresponde dos climas: Afm, en la región norte y en la sur el clima (A)Af(m) semicálido, el más cálido de los templados. Con los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas "Las Minas" y "Puente Henríquez" se clasificó el clima de la zona y se observó que el área está influenciada por el mismo clima (A)Cf(m), pero la diferencia en la zona queda marcada por la altitud por poseer altitudes menores de 500 m.s.n.m. en el norte y mayores en el sur, formando una barrera orográfica que detiene los vientos del Golfo de México y los deposita en la proximidad de las montañas donde se origina la condensación del vapor de agua, que se originan fenómenos de exposición. Esto hace que el clima se vea influido por la oscilación térmica, y la marcha de temperatura (Sánchez, B. S., 1980).

En la zona norte se observa que la temperatura media anual es de 22.9° C con una precipitación anual de 2,286.5 mm

correspondiéndole el clima (A)Cf(m)w"a(e'). En la zona sur se tiene una temperatura media anual de 21.3° C, siendo la precipitación anual de 3,657.2 mm correspondiéndole el clima (A)Cf(m)w"a(i')g. (Sánchez, B. S., 1980) (Figuras 3 y 4).

La vegetación observada es de bosque caducifolio, constituido por árboles que pierden sus hojas en mayor o menor proporción durante el invierno. Domina el bosque de liquidambar, característico de las serranías que descienden hacia la llanura costera del Golfo de México.

La frecuencia de neblinas en la zona es un factor ecológico muy importante en la evaluación de la vegetación. En las grandes zonas de montañas al noreste de Puebla y noroeste de Veracruz la neblina es característica, por esto a la vegetación de la zona se le denomina "Bosque de Niebla", aquí es evidente la mayor humedad y una menor iluminación, estos dos factores se relacionan con la flora característica de estos lugares, las Epífitas son abundantes, en especial las orquídeas y bromeliáceas, los helechos arbóreos son elementos muy característicos de este tipo de vegetación, la cual se presenta en la zona sur del área de estudio, y en la zona norte se tienen grandes extensiones de pastizales, cafetales y cítricos.

Los suelos que se presentan en la zona de estudio se presentan en el mapa de suelos de la zona (Figura 5).

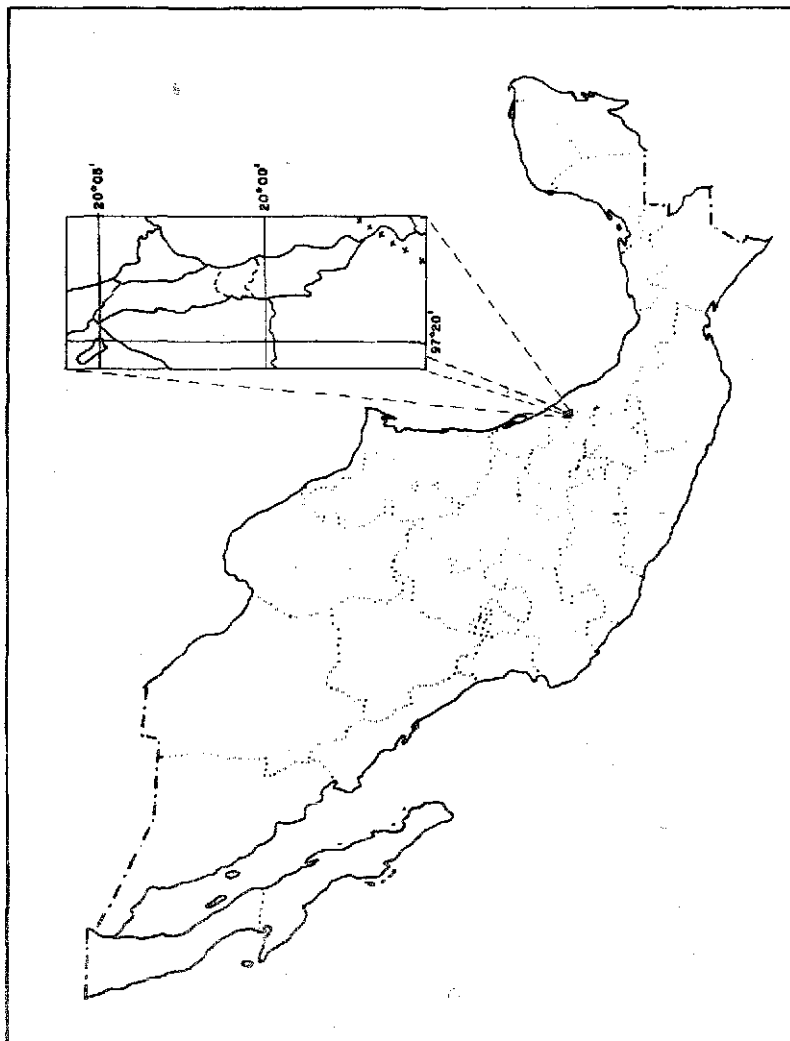


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 2.

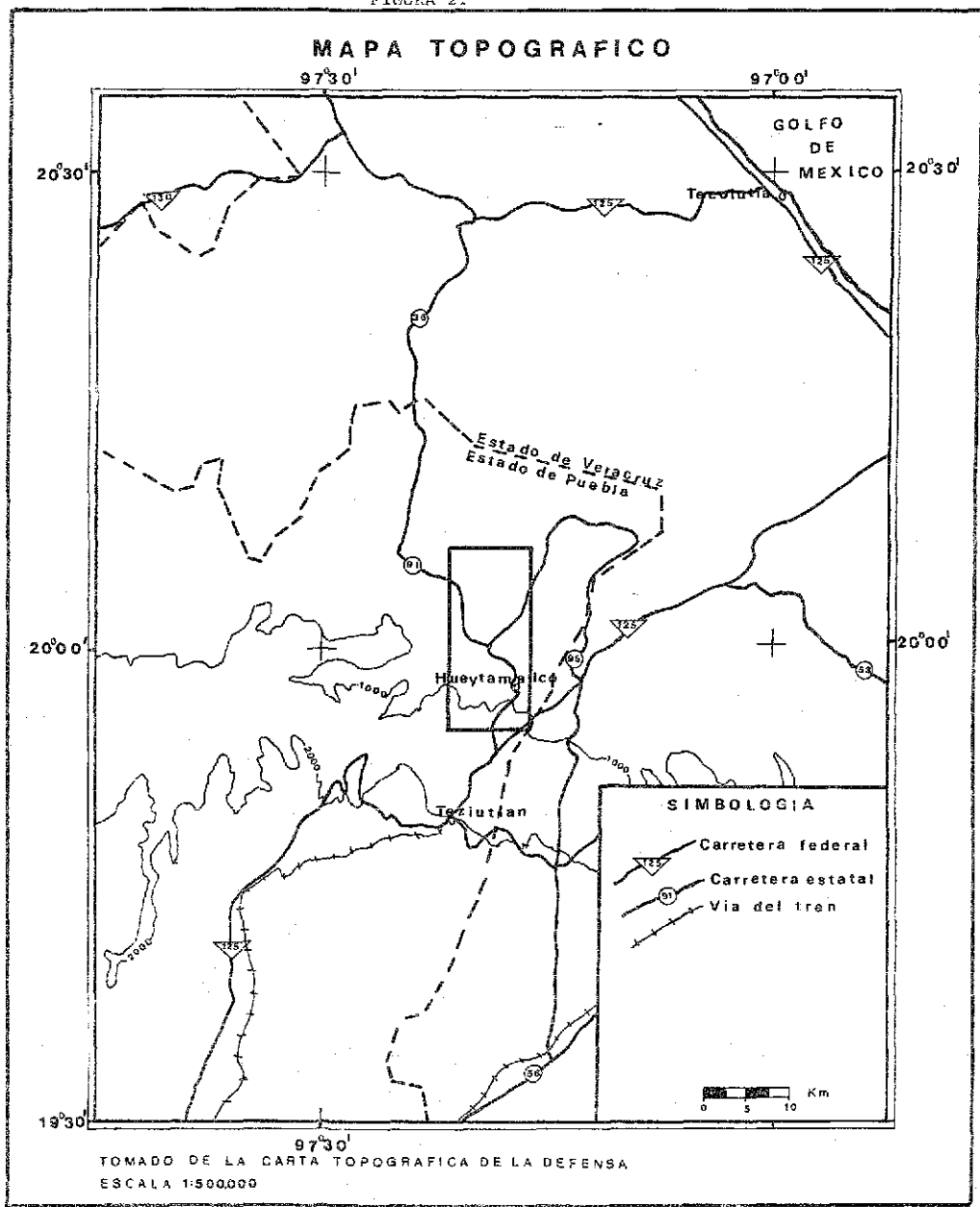
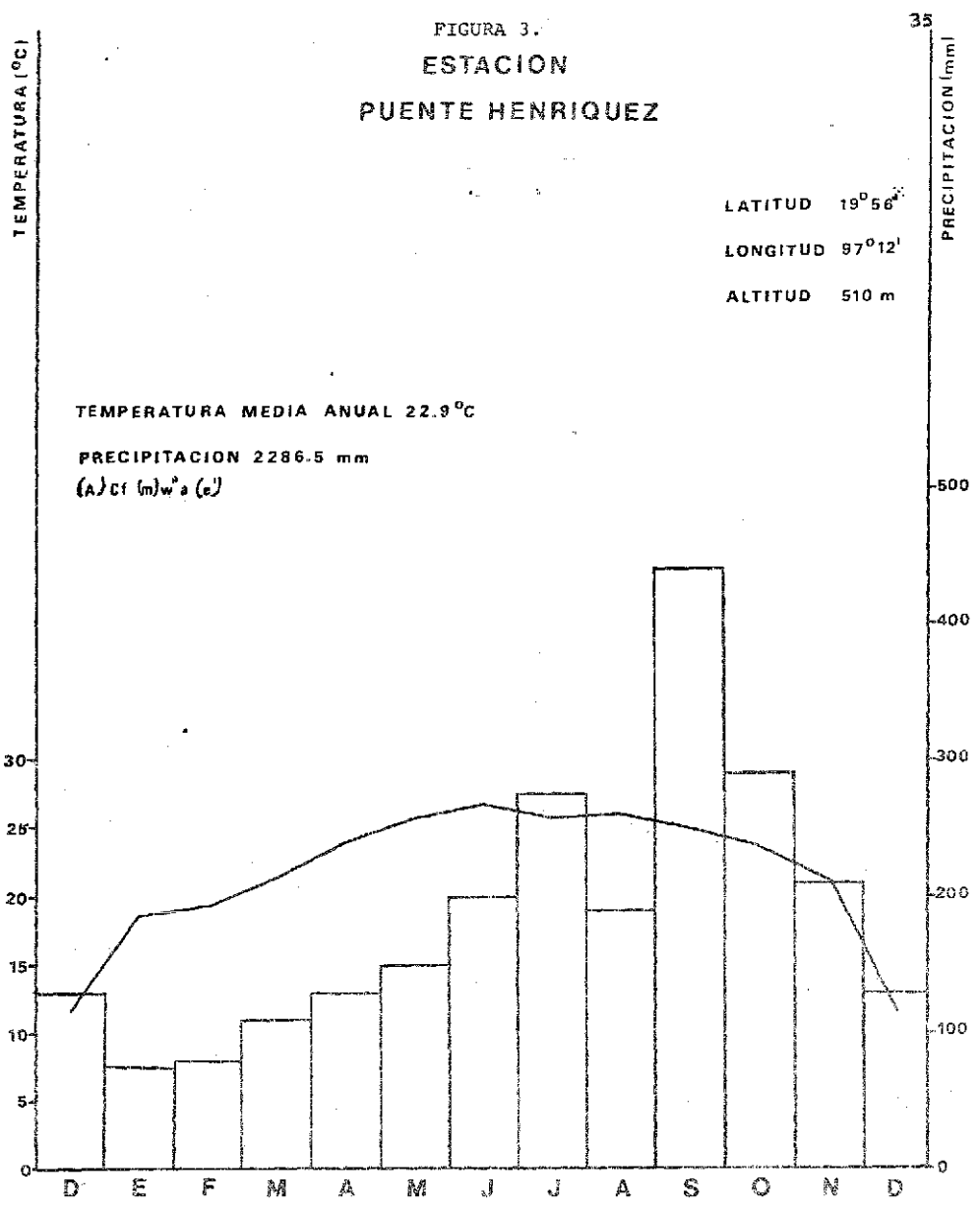


FIGURA 3.
ESTACION
PUENTE HENRIQUEZ

LATITUD 19°58'
LONGITUD 97°12'
ALTITUD 510 m



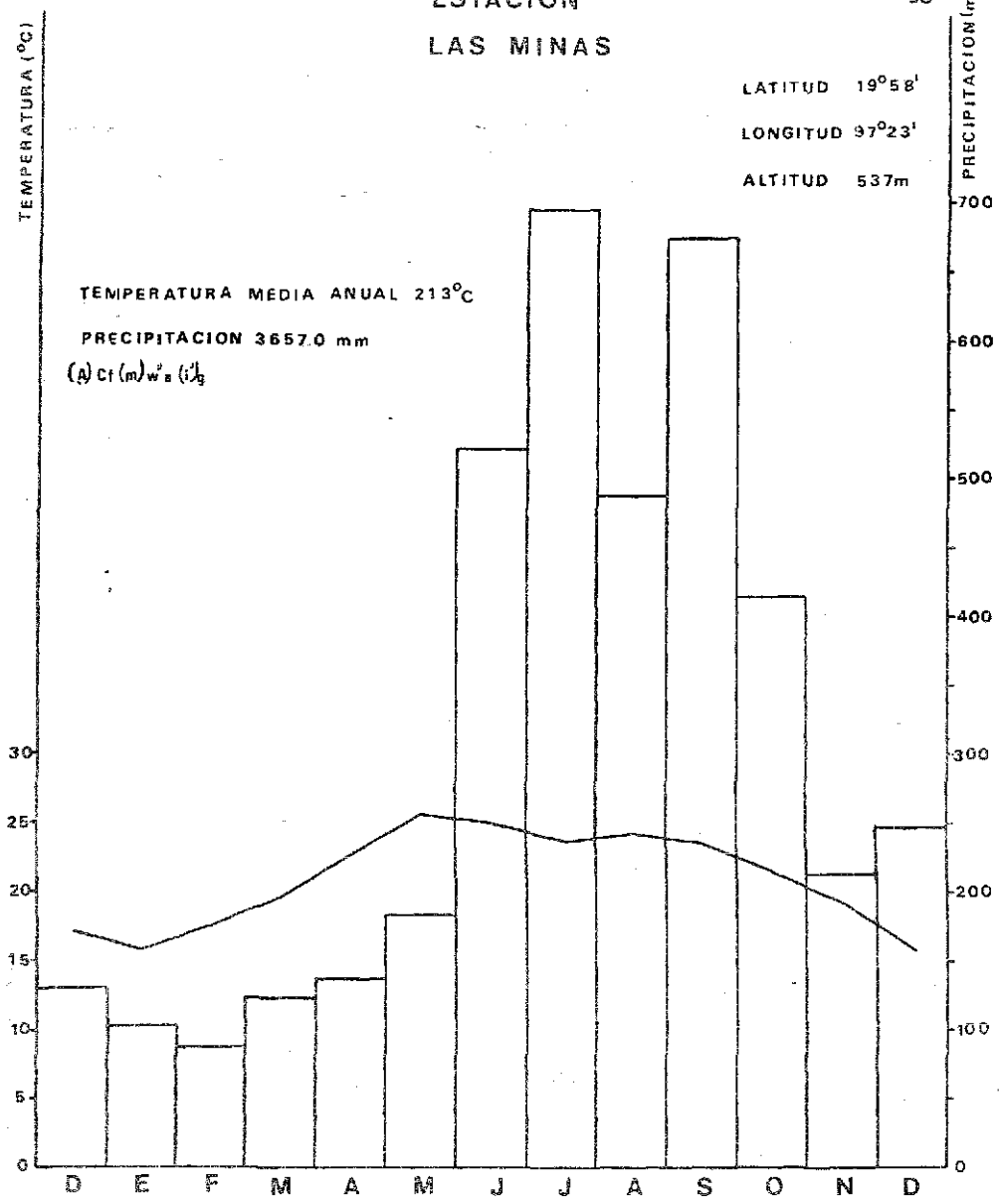
Sánchez, B. S. (1980). Fac. Ciencias, UNAM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 4.
ESTACION
LAS MINAS

36

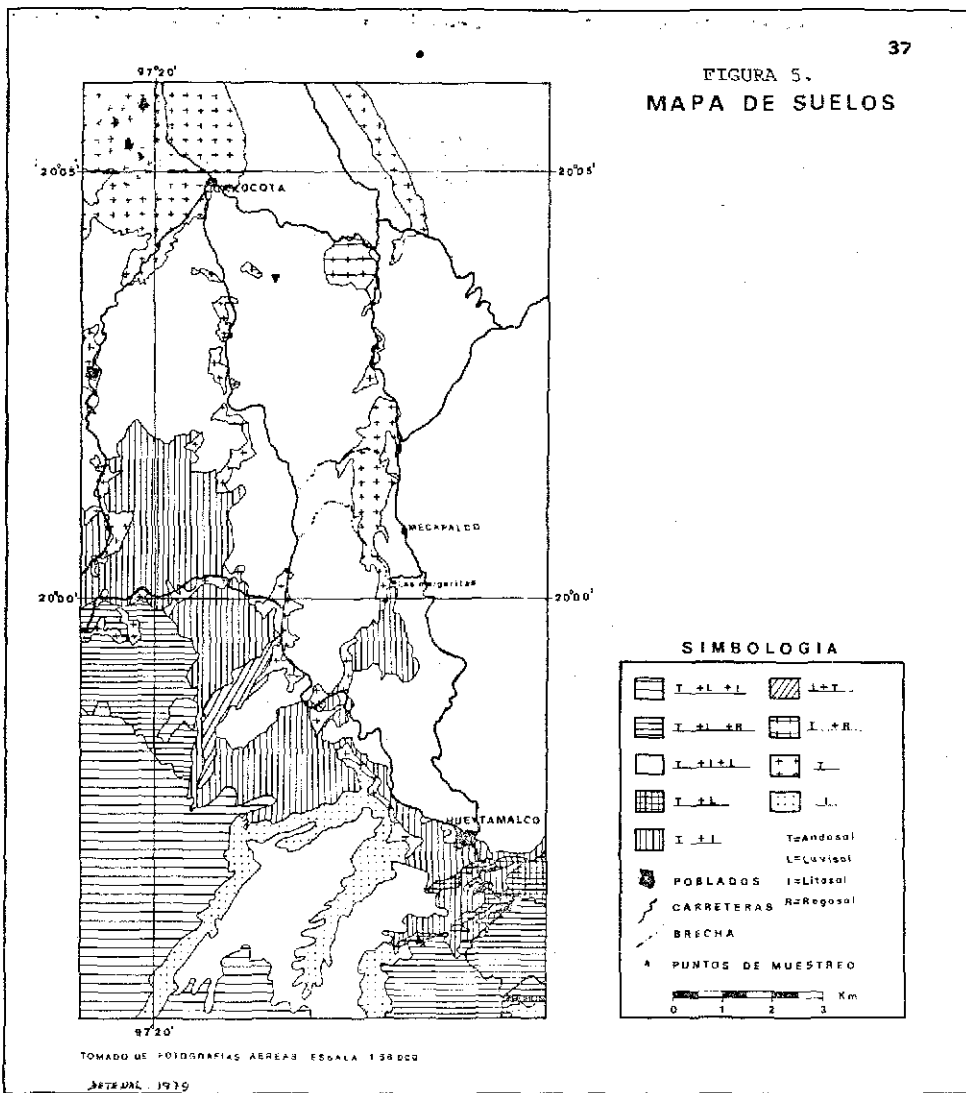
LATITUD 19°58'
LONGITUD 97°23'
ALTITUD 537m



Sánchez, B. S. (1980). Fac. Ciencias, UNAM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FIGURA 5.
MAPA DE SUELOS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.- MATERIALES Y METODOS

VI.1 Campo

VI.1.1 Suelos

El muestreo se hizo con fines de fertilidad, determinándose nueve sitios por el método estadístico de números al azar, para cada sitio.

Las muestras se obtuvieron a tres profundidades haciendo pozos de 60 cm de profundidad y muestreando cada 20 cm.

Posteriormente se mezclaron los suelos de los nueve puntos de cada sitio, en esta forma se tienen tres muestras representativas de cada sitio. Cada muestra de aproximadamente dos Kgr de peso se guardó perfectamente bien en bolsas de plástico previamente etiquetadas.

VI.1.2 Material foliar

Para seleccionar los sitios, se hizo también por el método estadístico de números al azar, de esta forma se muestrearon nueve arbustos de Coffea arabica, a los cuales se quitó nueve hojas correspondientes al tercer y cuarto par a tres alturas o estratos de la copa de los arbustos de café, el material foliar colectado, se fue colocando en bolsas de polietileno, el mismo día de colecta se colocaron en prensas con papel estraza y de esta forma se transportaron hasta el laboratorio. Los suelos muestreados corresponden al Orden

Inceptisol, Suborden Andept. Los arbustos corresponden al Género Coffea arábica variedades: Typica, Caturra, Bourbón y Mondo Novo.

Los muestreos se efectuaron en dos épocas del año:

Abril Primavera 1980

Julio Verano 1980

VI.2 Laboratorio

Las muestras en el laboratorio se procesaron de la siguiente forma:

VI.2.1 Lavado y secado (foliares).

Se lavó hoja por hoja con una solución jabonosa diluída, después se enjuagó con agua corriente y se le dieron tres lavados con agua clorhídrica a pH de 3.5 y se enjuagaron perfectamente con agua destilada, al terminar se hace una prueba al agua residual para comprobar que no haya residuos de cloruros, si la prueba es positiva, se repite el lavado con agua destilada, hasta que la prueba sea negativa. Posteriormente, se les quita el exceso de agua, colocando la muestra sobre una tela de mosquitero fina, de polietileno, a la que se le da el mismo tratamiento de lavado que a las hojas y se meten en bolsas de papel estraza para secarlas en una estufa con circulación de aire durante 48 hrs. a una temperatura de 40-60° C.

VI.2.2 Molienda

Después del secado se prosigue a moler las muestras de hojas en un molino de acero inoxidable completamente limpio al que se le integra una malla con abertura de 1 mm enseguida se coloca una bolsa donde caerá la muestra molida y tamizada, posteriormente se etiqueta, se cierra la bolsa y se guarda en otra bolsa de papel estraza etiquetada. En esta forma se pueden guardar por el tiempo que sea necesario para posteriores análisis.

Después se pesan crisoles de porcelana, hasta peso constante, que se obtienen metiendo los crisoles a la estufa durante 12 hrs. entre 105 y 110° C, se sacan, se colocan inmediatamente en un desecador durante una hora y se pesan en una balanza analítica, esto se hace dos o tres veces hasta que el peso sea constante. Después se le agrega un gramo del material foliar y se meten a la estufa durante 24 hrs a una temperatura de 100° C. Posteriormente se sacan y se colocan en un desecador durante un hora aproximadamente y se pesan; de esta forma se obtiene el porcentaje de humedad de la muestra.

Después de esto a cada muestra en su respectivo crisol, se le agrega un gramo de persulfato de amonio, distribuyéndolo en toda la superficie de la muestra, procurando no mezclarla; esto hará que se catalice el proceso de cenización de las muestras, no interfiriendo para la posterior determi-

nación de los micronutrientos; se procede a calentar cada crisol en un mechero con flama débil hasta que se quema el persulfato y enseguida se colocan en una mufla durante seis horas a una temperatura de 600° C después se sacan los crisoles que contienen las cenizas, las cuales deben estar completamente blancas y se colocan en un desecador con cuidado para que no se hidraten y lo más rápido posible, se dejan enfriar más o menos una hora; después se sacan del desecador y se vuelven a pesar en la balanza analítica, para obtener el peso de las cenizas y determinar el porcentaje de cenizas para cada muestra. Todo lo anterior se debe hacer con mucho cuidado, evitando manipular los crisoles con las manos, ya que la grasa y humedad de la piel alteran las determinaciones de pesada.

VI.1.2 Disolución de cenizas

Las cenizas se disuelven agregando 5 ml de HCl concentrado, colocando el crisol que contiene las cenizas y el HCl concentrado en una plancha caliente durante un lapso de 20 a 30 minutos, posteriormente se filtran con papel filtro Whatman 42 previamente humedecido con el ácido clorhídrico 2 N y se procede a bajar la muestra con agua caliente destilada aforando posteriormente a 100 ml en matraz aforado y se guarda en frascos de polietileno bien cerrados; después de ésta se toman alícuotas para hacer diluciones y correr las muestras para las determinaciones que se consideren necesarias.

VI.2.2 Preparación de las muestras de suelos

Una vez colectadas las muestras se procedió a secarlas a temperatura ambiente; posteriormente se molieron con un mortero de madera para después pasarlas por un tamiz con una abertura de 2 mm.

Teniendo las muestras ya molidas y tamizadas, se procede a colocarlas en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas, así se pueden guardar el tiempo que se requiera para posteriormente hacer las determinaciones de laboratorio. Después de esto, se hicieron las pruebas físicas y químicas siguientes:

VI.2.3 Determinaciones físicas

Color: seco y húmedo (Tablas de colores Munsell, 1954).

Densidad aparente: Método de la probeta (Baver, 1963).

Densidad real: Método del pignómetro (Baver, 1955).

Textura: Método de Bouyoucos, 1961.

VI.2.4 Determinaciones químicas

Determinación de pH: método potenciométrico (Potenciómetro Beckman Zeromatic) empleando una relación 1:2.5 suelo-agua y 1:2.5 suelo-KCl 1N pH 7.

Materia orgánica: método de Walkley y Black (1934) modificado por Walkley (1947).

Capacidad de intercambio catiónico total: método de

centrifugación, saturando con Ca Cl_2 1N pH 7 lavando con alcohol etílico y eluyendo con NaCl 1N pH 7; se titula con versenato (Jackson, 1964).

Cationes intercambiables:

Calcio y magnesio: empleando acetato de amonio 1N pH 7 para efectuar el intercambio, extrayéndose por centrifugación y cuantificando con versenato (técnica de Schwaerzenbach, Y. Biedermann, 1948).

Potasio por flamometría: utilizando acetato de amonio 1N pH 7, para la extracción por centrifugación y para su determinación se empleó un flamómetro Coleman Junior (Black, 1965).

Nutrientos:

Nitrógeno en forma de nitratos por el método colorimétrico del ácido fenoldisulfónico (Jackson, 1964).

Fósforo aprovechable, por el método de Bray: determinado colorimétricamente por el método del azul de molibdeno en medio clorhídrico (Jackson, 1964).

Alofano: por el método semicuantitativo de Fields y Perrot (1966).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI.2.5 Determinación de aluminio y elementos menores asimilables

Los elementos menores asimilables se extrajeron siguiendo la siguiente técnica: (Walsh, L. M. et al., 1971). Se pesan 5 gr de suelos a los que se le agregan 20 ml de solución extractora biácida 0.075 N preparada con HCl 0.05N y H₂SO₄ 0.025 N; las determinaciones se hicieron por absorción atómica con un espectrómetro por absorción atómica marca Perkin Elmer modelo 372.

VI.2.6 Determinación de aluminio y elementos menores totales en suelos

Los elementos menores totales en suelos se determinaron por fluorescencia de rayos X en un aparato marca Philips modelo 1450.

Preparación de las muestras de suelos para el análisis de rayos X fue así: la muestra seca y tamizada se molió perfectamente en un mortero de ágata; posteriormente, se tomaron 2 gr de ese material, se colocaron en un arillo o molde, se le coloca resina y ácido bórico, a esta mezcla se le aplicó una presión de 50,000 libras quedando una pastilla de dos centímetros de diámetro aproximadamente, que se introdujo en el aparato de rayos X.

VI.2.7 Determinación de aluminio y elementos menores en muestras foliares de Coffea arabica var. Typica, Caturra, Bourbon y Mondo Novo.

VII. DISCUSION Y RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS.

VII.1 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. (Cuadro de Datos del Perfil No. 1 y ver Cuadro de Datos No. 1).

SITIO No. 1

En este sitio cuando se practicó el primer muestreo en el mes de abril se observa que el color del suelo, tanto en seco como en húmedo es pardo oscuro (10YP 3/3, 10YR 3/2) en los primeros 20 cm de profundidad y se torna pardo amarillento conforme se profundiza. La porosidad va de un 66 a un 68%, ésta es óptima para los cultivos. Le corresponde la clasificación textural de Arena Migajosa, con contenidos que van de 71% de arena, 22% de limo y 7% de arcilla para la muestra de la capa superficial del suelo; de 59% de arena, 23% de limo y 18% de arcilla para la muestra de 20-40 cm y para la capa de 40-60 cm de profundidad, los valores obtenidos fueron de 68% de arena para esta muestra de 14% de limo y de 18% de arcilla.

El contenido de materia orgánica es de 9.6% y va decreciendo con la profundidad hasta 4.4%; son valores óptimos. Es una de las características de los andosoles.

En un estudio que realizó Kobo y Fujisawa en 1964 mencionan que la causa probable del alto porcentaje de materia orgánica en estos suelos que contienen alofano, ya que éste

reacciona también con el ácido húmico, ésto impide la acción de los microorganismos, por lo tanto impide la mineralización. Debido a ésto, también son los colores oscuros amarillentos y la alta porosidad dada por la formación de complejos húmico-arcillosos los cuales estabilizan y dosifican los procesos de mineralización y mejoran la estructura de los suelos. La reacción del suelo es fuertemente ácida y decrece con la profundidad con pHs de 5.4 y 4.8 en agua en la relación 1:2.5 y muy fuertemente ácida en KCl 1N pH 7 en la relación de 1:2.5 los valores obtenidos van de 4.4 en la capa superior, de 4.2 en la capa media y 3.8 en la capa baja de suelo, como se observa también decrece con la profundidad.

En el segundo muestreo, los colores, la porosidad, la clasificación textural, coinciden con el anterior, el porcentaje de materia orgánica también se considera alto; fue más alto el primer muestreo, los valores son de 6.8% en la muestra superficial, de 4.2% en la muestra media y de 2.6% en la muestra de suelo de 40-60 cm de profundidad. La reacción del suelo se considera fuertemente ácida, con valores de pH de 4.8 en la muestra superficial, 4.7 en la muestra del suelo media y 3.7 en la muestra de 40-60 cm de profundidad, estos datos fueron determinados con la relación 1:2.5 con agua; para la determinación efectuada con la relación de 1:2.5 con KCl 1N pH 7 los valores fueron los siguientes: 3.8, 3.7 y 3.7 respectivamente para cada profundidad del suelo.

Ya que se trata de un suelo derivado de cenizas volcánicas, presenta alto contenido de alofano (ver Cuadro de Análisis del Perfil No. 1), la buena estructura, porosidad, contenido de materia orgánica y los colores oscuros que se presentan en el suelo de este sitio.

VII.2 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. (Cuadro de Análisis del Perfil No. 1 y ver Cuadro de Datos No. 2).

SITIO No. 2

En el Cuadro No. 2 se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo de este sitio. Tiene la misma localización que el sitio anterior, la diferencia es de que, en este sitio se cultiva la variedad de café Typica, siendo las mismas condiciones ambientales que el sitio anterior.

En el sitio los colores que se observaron fueron los mismos que en el sitio anterior, para ambas épocas de muestreo, al igual que el porcentaje de porosidad y la clasificación textural, los contenidos de materia orgánica en este suelo varían, los porcentajes son menores, pero son altos, varían de 9.2% en la muestra superficial de suelo (0-20 cm) de 6.4% en la muestra de 20-40 cm de profundidad y de 3.3% en la muestra de 40-60 cm.

La reacción del suelo se considera ácida y casi constante en las tres profundidades, con valores de pH de 5.4, en la

muestra superior, de 5.5 en la muestra media y de 5.4 en la muestra de 40-60 cm de profundidad. Estos valores se determinaron en agua, en la relación 1:2.5 y en la solución de KCl 1N pH 7, los valores fueron de 4.3 para las tres profundidades.

En el segundo muestreo de suelos en el mes de julio, los contenidos de materia orgánica se ven incrementados en tres décimas con respecto del primer muestreo, la capa de 0-20 cm tiene 9.5%, pero las capas subsecuentes disminuyen hasta 2.3% considerándose medianamente rico.

En la reacción del suelo se ve una disminución del pH determinado en agua con respecto al muestreo anterior, los valores son: 4.8, en la capa superficial, 4.9 en la capa media y de 5.0 en la capa de 40-60 cm, en este caso se observa que hay un ligero incremento del pH con la profundidad. Los valores de pH determinados con la solución de KCl 1N pH 7 fueron de 3.8 en la primera muestra de suelo, de 3.3 en la segunda muestra y de 3.7 en la muestra última de 40-60 cm de profundidad.

Cuadro No. 2 Análisis físico-químico de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año, en el sitio No. 2 (ver perfil No. 1). Localizado en "Valle del Roncal" en la zona cultivada con Coffea arabica variedad Typica.

Mes de	Profundidad en cm.	C o l o r Seco	C o l o r Húmedo	Porosidad %	Are. %	Lim. %	Arc. %	Clasif. Textural	M, O %	C %	H ₂ O	pH	Kcl IN
Abril	0 - 20	10YR 3/3	10YR 3/3	66	72	21	7	Arena	9.2	5.34	5.4	4.3	
		pardo oscuro	pardo oscuro					migajosa					
		20 - 40	10YR 4/4	10YR 4/4	68	59	24	17	Migajón arenoso	6.4	3.74	5.5	4.3
	40 - 60	10YR 5/4	10YR 4/4	68	68	14	18	Migajón arenoso	3.3	1.93	5.4	4.3	
		pardo amarillento oscuro	pardo amarillento oscuro										
Julio	0 - 20	10YR 3/3	10YR 3/3	66	72	21	7	Arena	9.5	5.48	4.8	3.8	
		pardo oscuro	pardo oscuro					migajosa					
		20 - 40	10YR 4/4	10YR 4/4	68	59	24	17	Migajón arenoso	4.7	2.72	4.9	3.8
	40 - 60	10YR 5/4	10YR 4/4	68	68	14	18	Migajón arenoso	2.3	1.31	5.0	3.7	
		pardo amarillento oscuro	pardo amarillento oscuro										

Primavera Abril 1980

Epoca de muestreo:

Verano Julio 1980



VII.3 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras colectadas a tres profundidades en dos épocas del año.
(Cuadro de Análisis del Perfil No. 2 y ver Cuadro de Datos No. 3).

SITIO No. 3

En el primer muestreo se observaron los colores en seco y en húmedo, son pardo oscuros en seco y pardos muy oscuros en húmedo (10YR 4/3 y 10YR 3/2 en húmedo), el color no varió en el segundo muestreo, el porcentaje de porosidad es de 68% para las dos primeras capas del suelo, y disminuye en la profundidad de 40-60 cm, se observó lo mismo en el segundo muestreo.

Los porcentajes de las partículas, son iguales en ambos muestreos, con valores de 57% de arena, 33% de limo y 10% de arcilla, para la muestra de suelo de 0-20 cm de profundidad, de 56% de arena, 31% de limo y 13% de arcilla, para la muestra de 20-40 cm, y los valores de 46% de arena, 34% limo y 20% de arcilla para la profundidad de los 40-60 cm.

El contenido de materia orgánica es alto con 12.1% en la muestra superficial, de 7.8% en la muestra media y disminuye hasta 3.1% en la profundidad de 40-60 cm. En el segundo muestreo se observa un incremento de materia orgánica a 13.40%, en la muestra superficial, 15.5% en la muestra de la capa media, y en la profundidad correspondiente a 40-60 cm hay una disminución hasta 5.62% de materia orgánica, estos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

contenidos altos de materia orgánica son normales en suelos cafetaleros, ya que la cantidad de materia orgánica que se presenta en este lugar, es producto de las hojas que caen del cafeto y de los árboles de sombra; la reacción de estos suelos es muy ácida, en el primer muestreo los pH fueron de 4.9 en la primera muestra, de 5.0 en la muestra media y 5.1 en la profundidad de 40-60 cm, estos valores fueron determinados en agua con una relación de 1:2.5 y las pH(s) de las mismas muestras en solución salina de KCl 1N pH 7, fueron de 4.4, 4.3 y 5.0 en el primer muestreo y en el segundo muestreo los valores de pH fueron bajos (ver Cuadro No.3).

VII.4 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. (Cuadro de análisis del Perfil No. 3 y ver Cuadro de Datos No. 4).

SITIO No. 4

Los colores de los suelos superficiales que se presentan en este sitio para el primer muestreo, son pardo grisáceos muy oscuros 10YR 3/2 en seco y en húmedo son negros 10YR 2/1, y se tornan pardo amarillentos claros a oscuros con la profundidad, con valores de 10YR 4/3, a 10YR 4/4. En este suelo la porosidad es muy buena, va de 67% a 68% en el primer muestreo, se observa una disminución de la porosidad en el segundo muestreo a 67%, 65% y 58% en las capas de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm; en esta última capa disminuye

Cuadro No. 3 Análisis Físico-Químico de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 3 (ver Perfil No. 21, localizado en "Limónateño" en la zona cultivada con Café arabica variedad Caturra.

Mes de Profundidad en cm.	C o l o r		Porosidad %	Aer. %	Lím. %	Arc. %	Clasif. Textural	M.O %	C %	H ₂ O %	pH
	Seco	Húmedo									
Abril 0 - 20	10YR 4/3	10YR 3/2	68	57	33	10	Migajón arcillo arenoso	12,1	7,01	4,9	4,4
	pardo oscuro	pardo grisáceo muy oscuro									
20 - 40	10YR 5/3	10YR 3/2	68	56	31	13	Migajón arcillo arenoso	7,8	4,49	5,0	4,3
	pardo	pardo grisáceo muy oscuro									
40 - 60	10YR 5/2	10YR 3/2	67	46	34	20	Migajón arcillo arenoso	3,1	1,76	5,1	5,0
	pardo grisáceo	pardo grisáceo muy oscuro									
Julio 0 - 20	10YR 4/3	10YR 3/2	68	57	33	10	Migajón arcillo arenoso	13,4	7,75	5,0	3,8
	pardo oscuro	pardo grisáceo muy oscuro									
20 - 40	10YR 5/3	10YR 3/2	68	56	31	13	Migajón arcillo arenoso	15,5	8,99	4,5	4,0
	pardo	pardo grisáceo muy oscuro									
40 - 60	10YR 5/2	10YR 3/2	67	46	34	20	Migajón arcillo arenoso	5,62	3,25	4,7	4,0
	pardo grisáceo	pardo grisáceo muy oscuro									

Época de muestreo: Primavera Abril 1980
Verano Julio 1980

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

la porosidad en un 10%, ésto se debe a la disminución del porcentaje de la materia orgánica y por la acumulación de las partículas de arcilla. Este suelo se clasifica como un migajón arcillo-arenoso con porcentajes de 55% de arena, 22% de limo y 23% de arcilla, estos valores son para la muestra superficial 36% de arena, 25% de limo y 29% de arcilla para la muestra media, 43% de arena, 27% de limo y 30% de arcilla para la muestra de los 40-60 cm de profundidad.

En este suelo se observa una disminución en los contenidos de materia orgánica en el segundo muestreo, probablemente sea por el clima, ya que la temperatura y la precipitación media anual en la zona es mayor. El pH del suelo determinado en agua es fuertemente ácido con valores de 5.3 en la primera muestra, de 4.5 en la segunda muestra y de 4.8 en la tercera muestra, los valores determinados con la solución de KCl 1N pH 7 van de 4.1, en la primera muestra, de 4.0 en la segunda y de 3.7 en la última profundidad; en el segundo muestreo se observa una disminución del pH, conforme se profundiza en el suelo. (Ver Cuadro de Datos No. 4).

Cuadro No. 4 Análisis físico-químico de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 4 (ver Perfil No. 31. Localizado en "Las Animas" en la zona cultivada con Coffea arabica variedad Caturra.

Mes de Profundidad en cm.	C o l o r	Húmedo	Porosidad %	Aer. %	Lím. %	Arc. %	Clasif. Textural	M.O %	C %	H ₂ O KCl IN	PH
0 - 20	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10YR 2/1 negro	67	55	22	23	Migajón arcillo arenoso	10.5	6.10	5.3	4.1
20 - 40	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	65	46	25	29	Migajón arcillo arenoso	9.3	5.40	4.5	4.0
40 - 60	10YR 6/4 pardo amarillento claro	7.5YR 4/4 pardo oscuro	68	43	27	30	Migajón arcilloso	6.0	3.46	4.8	3.7
Julio 0 - 20	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10YR 2/1 negro	67	55	22	23	Migajón arcillo arenoso	8.8	5.07	4.6	3.7
20 - 40	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/4 pardo amarillento oscuro	65	46	25	29	Migajón arcillo arenoso	3.8	2.16	4.7	3.7
40 - 60	10YR 6/4 pardo amarillento claro	10YR 4/4 pardo oscuro	58	43	27	30	Migajón arcilloso	2.1	1.23	4.7	3.6

Epoocas de muestreo: Primavera Abril 1980
Verano Julio 1980

TESS CON
VALLA DE ORGEN

VII.5 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. (Cuadro de análisis del Perfil No. 4 y ver Cuadro de Datos No. 5).

SITIO No. 5

En este sitio los colores de los suelos son pardo grisáceos oscuros en seco 10YR 4/2 y grises muy oscuros en húmedo 10YR 3/1. Los porcentajes de porosidad son buenos en los dos muestreos ya que tienen 64%, 65% y 58% en los suelos del primer muestreo, y valores de 64%, 65% y 50% para las mismas profundidades en el segundo muestreo. La clasificación textural es la misma para los suelos en los dos muestreos y es migajón arcillo-arenoso, con valores de 55% de arena, 22% de limo y 23% de arcilla en la muestra superficial en la muestra de la capa media los valores fueron de 36%, 25% y 29% de arena, limo y arcilla respectivamente, y para la muestra de suelo de 40-60 cm de profundidad los valores fueron de 43%, 27% y 30% de arena, limo y arcilla respectivamente. Los contenidos de materia orgánica son altos, los valores van de 7.6%, 4.9% y 2.9% para las profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, y 40-60 cm, en el segundo muestreo, los valores van de 4.6% en la capa superior, 4.2% en la capa media y 3.1% en la capa baja del pozo. El pH va de 4.9, 5.3 y 5.1 para las tres profundidades del suelo y en estas mismas profundidades los pH(s) de los suelos en solución salina de KCl 1N pH 7 los valores disminuyen a 3.8, 3.9 y 3.9 respec-

Cuadro No. 5 Análisis Físico-Químico de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 5 (ver Perfil No. 4). Localizado en Las Animas" en la zona cultivada con Coffea arabica variedad Bourbon.

Mes de	Profundidad en cm.	C o l o r Seco	Húmedo	Porosidad %	Are. %	Lim. %	Arc. %	Clasif. Textural	M.O C %	H ₂ O IN	PH	
										1:2.5	1:2.5	
Abril	0 - 20	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10YR 3/1 gris muy oscuro	64	55	22	23	Migajón arcilloso-are.	7.6	4.41	4.9	3.8
	20 - 40	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10YR 3/1 gris muy oscuro	65	36	25	29	Migajón arcilloso	4.9	2.84	5.3	3.9
	40 - 50	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	58	43	27	30	Migajón arcilloso	2.9	1.68	5.1	3.9
Julio	0 - 20	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10YR 3/1 gris muy oscuro	64	55	22	23	Migajón arcillo are.	4.6	2.63	5.1	3.8
	20 - 40	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10YR 3/1 gris muy oscuro	65	36	25	29	Migajón arcilloso	4.2	2.43	5.0	3.9
	40 - 60	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	59	43	27	30	Migajón arcilloso	3.1	1.79	5.0	3.8

Épocas de muestreo:

Primavera

Abril 1980

Verano

Julio 1980

21

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

tivamente para cada profundidad. En el segundo muestreo los valores de pH determinado con agua a una relación de 1:2.5 fueron de 5.1 para la muestra de suelo superficial, de 5.0 para la muestra media y 5.0 para la muestra de 40-60 cm de profundidad; y los determinados con la solución de KCl 1N pH 7 en relación 1:2.5 los valores son menores van de 3.8, 3.9, 3.8 respectivamente.

VII.6 Discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. (Cuadro de análisis del Perfil No. 5 y ver Cuadro de Datos No. 6).

SITIO No. 6

En este sitio se observan colores pardo grisáceos oscuros en seco para la primera muestra 10YR 4/2 y en húmedo valores de 10YR 3/2 los que corresponden a colores pardo grisáceo muy oscuros, en la muestra de 20-40 cm los colores se aclaran un poco dando tonalidades amarillas, 10YR 6/4, en seco que es un color pardo amarillento claro y en húmedo es de 10YR 4/4 que es un color pardo amarillento claro, en la profundidad de 40-60 cm los colores son pardos muy pálido en seco 10YR 7/4 y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/4. En este sitio se presenta el porcentaje más alto de porosidad de la zona de estudio con valores de 68% en el suelo superficial, 71% en la muestra media y 70% en la muestra de 40-60 cm de profundidad, está relacionado con la textura del suelo, que corresponde a un migajón arenoso para la primera y segunda

muestra, la tercera muestra de suelo se clasifica como un migajón arcillo-arenoso, para el primero y segundo muestreo los valores van de 55% arena, 32% limo y 13% de arcilla; para la tercera muestra los valores son de 55% de arena, 29% de limo y 26% de arcilla. En estos suelos los contenidos de materia orgánica son de 6.7% en la capa superior, de 2.1% en la muestra de suelo media y de 1.7% en la capa de suelo de 40-60 cm de profundidad, los contenidos de materia orgánica influyen en la porosidad de los suelos. Los pH obtenidos son 5.9 en la muestra superficial, de 5.7 en la muestra de 20-40 cm y de 5.9 en la muestra de 40-60 cm de profundidad en agua y los determinados con la solución salina de KCl 1N pH 7 son más bajos, van de 5.0, 5.2 y 5.0 para las tres profundidades del pozo.

Cuadro No. 6 Análisis Físico-Químico de las muestras de suelo colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 6 (ver Perfil No. 5). Localizado en "La Carambada" en la zona cultivada con Coffea arabica variedad Mondo novo.

Mes de Abril	Profun- didad en cm.	Seco	Húmedo	Porosidad %	Are. %	Lim. %	Arc. %	Clasif. & Textural	M.O %	C %	H ₂ O PH	Kcl IN
											1:2.5	1:2.5
0 - 20	10YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro	10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	68	55	32	13	Migajón arenoso	6.7	3.86	5.9	5.0
20 - 40	10YR 6/4	pardo amarillento claro	10YR 4/4 pardo amarillento claro	71	53	32	15	Migajón arenoso	2.1	1.19	5.7	5.2
40 - 60	10YR 7/4	pardo muy pálido	10YR 5/4 pardo amarillento	70	55	29	26	Migajón arcillo arenoso	1.7	0.98	5.9	5.0

Epoca de muestreo: Primavera Abril 1980.

TABLA DE
CONTENIDO DE ALUMINIO Y ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS
EN SUELOS EN FORMA TOTAL.

Aluminio total en suelo	2-15%	Walsh, 1971
	3-17%	Chapman & Pratt, 1979
Hierro total en suelo	1000-100,000 ppm	Mortvedt, 1972
	0.1-8.0%	Walsh, 1971
	0.83 a 7.98%	Chapman & Pratt, 1979**
Zinc total en suelo	10-300 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	3-150 ppm	Ortega, 1978***
Manganeso total en suelo	200-3,000 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	0.5%	Walsh, 1971
	20-3,000 ppm	Mortvedt, 1972
	6-1,500 ppm	Ortega, 1978***
Cobre total en suelo	1,000 ppm habitualmente	Chapman & Pratt, 1979
	2-100 ppm	Mortvedt, 1972
	10-80 ppm	Walsh, 1971

* En suelos de EE.UU.

** En suelos minerales

*** En suelos de México

TABLA DE
 CONTENIDO DE ALUMINIO Y ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS
 EN PLANTAS REPORTADOS EN PPM EN PESO SECO.

Aluminio en planta	2-3 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	de 1% en materia seca	
	10-3,000 ppm	Walsh, 1971
	2-10,000 ppm	
Hierro en planta	20- varios cientos	Chapman & Pratt, 1979
	20-200 ppm	Walsh, 1971
Zinc en planta	5-75 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	5-300 ppm	Walsh, 1971
	5-1,500 ppm	
Manganeso en planta	5-1,000 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	5-5,000 ppm.	Walsh, 1971
Cobre en planta	1-725 ppm	Chapman & Pratt, 1979
	1-25 ppm	Walsh, 1971
	10-30 ppm	Mortvedt, 1972

Tabla 1. CONTENIDO DE ALUMINIO EN HOJAS DE CAFE
(PPM EN PESO SECO).

ESPECIE	DEFI- CIENCIA	NORMAL O ADECUADO	ALTO O EXCESO	REFERENCIA
<u>C. arabica</u>				
var. Mondo Novo		312	379	Craner, C.A.F., 1967

Tomado de Craner, C.A.F., 1967.

Tabla 2. CONTENIDO DE HIERRO EN HOJAS DE CAFE
(PPM EN PESO SECO).

ESPECIE	DEFI- CIENCIA	NORMAL O ADECUADO	ALTO O EXCESO	REFERENCIA
<u>C. arábica</u>	67*	116*		Alvarez, T., 1964
	28*	141*		Chaverri, R., y Carvajal, C., 1959
	70	100		Fiestar, 1961
	50	100-200		Henrad
	65-70	100		Lee, 1963
	70	70		Lott <i>et al.</i> , 1961
	70	100		Müller, 1959a
	65	100		Sylvain, 1963
	40	120	300	Wander, 1962.

Tomada de Childers, F., 1966.

* En hojas del 1° y 2° par.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3 CONTENIDO DE ZINC EN HOJAS DE CAFE
(PPM EN PESO SECO).

ESPECIE	DEFI- CIENCIA	NORMAL O ADECUADO	ALTO O EXCESO	REFERENCIA	
<u>C. arábica</u>	9	20-25		Ananth, B. R. and Chokkanna, 1962.	
	9	19		Anonymous, 1957b	
	15	20		Culot <u>et al.</u> , 1958	
	7-10		20		Fiestler, 1961
			25-30		Henrad
	10-15		25-50		Landelout <u>et al.</u> , 1956.
	8		10		Lott <u>et al.</u> , 1961
			10		Medcalf and Lott, 1956.
	7-10		10		"Müller, 1959a
	15		21		Peralta, M. E., 1952
8		20		Pérez, F., 1957	

Tomada de Childers, F., 1966

Tabla 4. CONTENIDO DE MANGANESO EN HOJAS DE CAFE
(PPM EN PESO SECO).

ESPECIE	DEFI- CIENCIA	NORMAL O ADECUADO	ALTO O EXCESO	REFERENCIA
<u>C. arábica</u>	25	50-150	150	Chaverri, R. <u>et al.</u> , 1957.
	60-80	80-200	350	Culot <u>et al.</u> , 1958
	20			Drosdoff, 1956
	21-23			Espinosa, 1961
	20	60-120		Fiester, 1961
	10	70-100	450-500	Henrad
	60	60-100	600	Landelout <u>et al.</u> , 1956
	25			Lott <u>et al.</u> , 1961
	10-15	20-30*		Müller 1958, 1959a
		50-150	200	
		167	804	Peralta, M. E., 1952
	10-20	60-120		Pérez, S., 1957
	3	80	400	Wander, 1962

Tomada de Childers, F., 1966.

Tabla 5. CONTENIDO DE COBRE EN HOJAS DE CAFE
(PPM EN PESO SECO).

ESPECIE	DEFI- CIENCIA	NORMAL O ADECUADO	ALTO O EXCESO	REFERENCIA
<u>C. arabica</u>	2-3	8-12		Culot <u>et al.</u> , 1958
		15-40		Henrad
	4	10.8-22.1		Lott <u>et al.</u> , 1961
		9.1-11.3		Medcalf and Lott, 1956.

VIII.- DISCUSION Y RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES DE ALUMINIO Y ELEMENTOS MENORES.

VIII.1 Discusión de los resultados del análisis de aluminio y elementos menores por fluorescencia de rayos "X" expresados como óxidos en muestras de suelo total (Ver Cuadro de Datos No. 1.1).

SITIO No. 1

Aluminio, Al_2O_3

En el sitio No. 1 se presentan los resultados porcentuales del Al_2O_3 en las profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm, como se observa en el Cuadro No. 1.1 hay una disminución en los contenidos de aluminio en función de la profundidad del suelo.

Hierro, Fe_2O_3

En el sitio los análisis para los óxidos de hierro indican una concentración de 11.5% para la profundidad de 0-20 cm, 11.9% para la de 20-40 cm y 12.0% para la de 40-60 cm, los porcentajes de óxidos de hierro aumentan con la profundidad.

Zinc, ZnO

Los contenidos de ZnO , en este sitio presentan valores que van de 160, 140 y 160 ppm, se observa un ligero ascenso en relación con la profundidad; los valores que se reportan en la literatura para otros suelos. Ver Tabla de Contenido de Aluminio y algunos Micronutrientes en suelos que se han reportado.

Manganeso, MnO

Las concentraciones para este elemento en forma de MnO en este sitio están dentro de los límites de concentraciones normales en suelos, pues los valores van de 0 a 0.5% de MnO; estos suelos presentan porcentajes de 0.08% a 0.11% de MnO; como se ve hay un ligero incremento, conforme aumenta la profundidad.

Cobre, CuO

Al hacer la determinación del cobre en el suelo, no se registró valor alguno para ninguna de las muestras analizadas, ésto puede deberse al método que se empleó o bien a que en estos suelos existen muy bajos contenidos de cobre total.

VIII.2 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05 N y H₂SO₄ 0.025 N (Walsh, 1971) en muestras de suelo colectadas en tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 1.2).

SITIO No. 1

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio se presentan valores que varían de 58.5 ppm en la capa 0-20 cm, de 195.5 ppm en la de 20-40 cm y de 207.5 ppm en la capa de 40-60 cm de profundidad. Estos valores se consideran dentro del rango de concentraciones normales (50 a 5,000 ppm); los valores de aluminio para el segundo muestreo de suelos se incrementan hasta los 274.5 ppm.

Cuadro No. 1.1 Determinación de elementos menores por fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. En el sitio No. 1 localizado en "Valle del Roncal".

Profundidad en cm.	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	ZnO %	MnO %	CuO %
0 - 20	38.0	11.5	.020	.08	NSR
20 - 40	37.6	11.9	.017	.11	NSR
40 - 50	32.0	12.0	.020	.11	NSR

NSR: no se registró lectura en el aparato.

Hierro asimilable (Fe^{***})

Para el hierro se reportan cantidades que van de 1.20 a 1.90 y 2.90 ppm estos suelos son pobres en hierro asimilable, para el segundo muestreo los valores resultaron más bajos 0.30 ppm en la primera capa, 0.0 ppm en la segunda capa de 20-40 cm y 0.65 ppm en la capa de 40-60 cm de profundidad, en este segundo muestreo los contenidos de materia orgánica fueron mucho más bajos y la reacción del suelo es muy ácida, con valores de pH de 4.7 y 4.8.

Zinc (Zn^{**}) asimilable

Para el zinc asimilable los contenidos normales que se reportan para los suelos son de 1 a 100 ppm, los contenidos de este elemento en los suelos estudiados en el primer muestreo van de 2.20 ppm, 0.75 y 0.50 ppm, en la muestra superficial se tienen los mayores contenidos en ppm de zinc.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

En el caso del manganeso asimilable los valores obtenidos van de 9.7 a 8.5 y 7.8 ppm en el primer muestreo, se consideran bajos, pero en el segundo muestreo de suelos se encuentran valores de 19.60 a 16.40 y 12.80 ppm; los contenidos de manganeso disminuyen con la profundidad del suelo. Los contenidos normales de manganeso en los suelos que reporta la literatura van de 2 a 500 ppm.

Cuadro No.1.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCL y H₂SO₄ 0.075 N., en muestras de suelo, colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. En el sitio No. 1 localizado en "valle del Roncal".

E l e m e n t o s e n p.p.m.

Mes de Abril	Profundidad (cm)	Humedad g	Al ⁺⁺⁺	E l e m e n t o s e n p.p.m.				
				Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
	0 - 20	9.5	058.5	1.20	2.20	9.70	0.50	
	20 - 40	9.6	195.5	1.90	.75	8.50	1.00	
	40 - 60	9.7	207.5	2.90	.50	7.80	.50	
Mes de Julio	0 - 20	9.2	270.0	.30	.55	19.60	.00	
	20 - 40	9.2	274.5	.00	.40	16.40	.00	
	40 - 60	9.3	251.5	.65	.35	12.80	.25	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cobre asimilable (Cu^{**})

Los contenidos de cobre en los suelos van de 0.5 a 100 ppm. En este suelo los valores obtenidos para cobre fueron de 0.50 ppm 1.00 y 0.50 ppm considerándose en el límite de pobres.

VIII.3 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos Coffea arabica variedad Caturra: en dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos (Ver Cuadro de Datos No. 1.3).

SITIO No. 1

Aluminio

Los contenidos de aluminio que se encontraron son de 200 ppm en la parte alta del arbusto, 100 ppm en la parte media y 150 ppm en la parte baja del arbusto, los contenidos que se reportan en la literatura van de 10 a 3,000 ppm, los resultados de las muestras analizadas se consideran medios; en el segundo muestreo los contenidos son más bajos manteniéndose constantes en la parte media y en la parte baja.

Hierro

Los análisis de hierro indican valores que van de 100 ppm en la parte alta del arbusto, 135 ppm en la parte media y 88 ppm en la parte baja.

En análisis foliares realizados en cultivos de café se

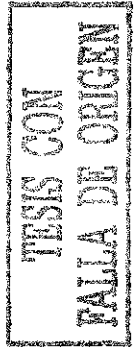
han encontrado que existe una variabilidad, en cuanto al contenido de elementos, dependiendo de la variedad de café de que se trate, y también dependiendo del tipo de suelos en que se está desarrollando el cultivo (Catani, R. A., et al., 1967). En el segundo muestreo disminuye ligeramente el contenido de este elemento menor con valores de 80 ppm, 90 y 100 ppm. (Ver Tabla 2) Contenidos de hierro en hojas de café (ppm en peso seco).

Manganeso

Las concentraciones que se reportan en la literatura van de 5 a 5,000 ppm; en las muestras analizadas encontramos contenidos de 210 ppm en la parte media del arbusto, en la parte baja del arbusto se encontró el menor contenido de manganeso con 169 ppm. En el segundo muestreo se observa que la mayor concentración de manganeso se encuentra en la parte baja del arbusto con 180 ppm, y la menor concentración con 150 ppm se presenta en la parte alta del cafeto.

Los rangos de concentración normal encontrados en la literatura van de 5 a 5,000 ppm. En el Estado de Sao Paulo en Brasil, se hicieron análisis foliares en cafetos crecidos en diferentes suelos, los datos obtenidos van de 201.6 a 295.0 ppm pero, en estos trabajos no se especifica en qué variedades de Coffea arabica se trabajó.

Otros autores mencionan que los contenidos de manganeso



en hojas de café de la variedad Mondo novo varían de 67 a 97 ppm (Catani, R. A., et al., 1967). En Akandje se reportan contenidos de 112 a 250 ppm; en Cagnoa encontraron variaciones de 47 a 95 ppm; y en Daloa los valores van de 31 a 46 ppm (Lové, A., 1954).

Cobre

Los contenidos de cobre para el primer muestreo fueron de 15, 16 y 17 ppm. Para el segundo muestreo se observa que en la parte más alta del arbusto la concentración de cobre es menor y, en la parte media los contenidos son mayores que en la parte baja del arbusto, los valores son de 8, 13 y 12 ppm respectivamente.

VIII.4 Discusión de los resultados de los análisis de aluminio y elementos menores por fluorescencia de rayos "X", expresados como óxidos de los elementos en muestras de suelo total (Ver Cuadro de Datos No. 2.1).

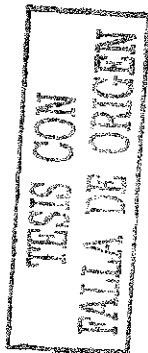
SITIO No. 2

Aluminio Al_2O_3

En este sitio los contenidos de aluminio en la primera capa de suelo son de 36%, después se acumula en la capa de 20-40 cm teniendo un valor de 41.6% y luego disminuye a 34.8%.

Hierro Fe_2O_3

En este sitio se presentan contenidos de hierro en forma de óxidos con valores de 10.1, 10.2 y 10.8%; se observa que hay un ligero incremento conforme se profundiza, ésto se de-



Cuadro No.1.3 Análisis Foliar en Coffea arabica variedad Caturra, en el sitio No. 1
 "Valle del Roncal". Muestreado a tres alturas de la planta en dos
 épocas del año.

Mes de Abril	Alturas	Cenizas	Elementos en p.p.m.				
			Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	Alto	11.5	200	100	13	180	15
	Medio	10.8	100	135	12	210	16
	Bajo	11.2	150	88	11	169	17
Mes de Julio	Alto	9.5	160	80	13	154	8
	Medio	10.9	140	90	14	170	13
	Bajo	11.9	140	100	15	180	12

Fecha del muestreo: 7 de abril 1980 Primavera
 26 de julio 1980 Verano

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

be a que los Fe_2O_3 tienden acumularse con la profundidad en los mecanismos de iluviación.

Zinc ZnO

Los contenidos de zinc reportados como ZnO en el sitio van de 200 ppm en la capa superficial del suelo, de 190 ppm en la capa correspondiente a la profundidad de 20-40 cm y de 390 ppm en la capa profunda del suelo, los contenidos de este elemento en este sitio se consideran elevado para la profundidad de 40-60 cm ya que, los rangos de concentración reportados en la literatura son valores que van de 10 a 300 ppm.

Manganeso MnO

Las concentraciones para el manganeso en este sitio están dentro de los valores de concentración normal que van de 0 a 0.5% en estos suelos las concentraciones varían de 0.27, 0.25 y 0.18%.

Cobre CuO

En las determinaciones de cobre total en el suelo, no se registraron contenidos de cobre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No.2.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. En el sitio No. 2 localizado en "Valle del Roncal".

Profundidad en cm.	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	ZnO %	MnO %	CuO %
0 - 20	36.0	10.1	.024	.27	NSR
20 - 40	41.6	10.2	.025	.25	NSR
40 - 60	34.8	10.8	.048	.18	NSR

NSR: no se registró lectura en el aparato.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

VIII.5 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05 N y H_2SO_4 0.025 N (Walsh, L. M., 1971), en muestras de suelo colectadas en tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 2.2).

SITIO No. 2

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio se encontró en la primera profundidad de suelo un contenido de 200 ppm de Al^{***} , esta concentración está dentro de los límites de concentraciones normales en suelos, pero al profundizar, en la capa de 40-60 cm, esta concentración disminuye hasta 49.0 ppm.

En las muestras del segundo muestreo, se presenta un incremento muy notorio hasta 173.0 ppm y disminuye hasta 73.0 ppm y queda dentro del rango normal de concentración para este elemento.

Hierro asimilable (Fe^{**})

Las concentraciones de hierro asimilable que se presentan en este sitio van de 3.35 ppm para la capa superficial del suelo, 1.00 ppm para la segunda y 2.15 ppm para la última capa que corresponde a los 40-60 cm de profundidad.

En el segundo muestreo hay una disminución, en la primera capa con 2.00 ppm en la segunda capa hay un incremento a

4.00 ppm y en la tercera un muy ligero incremento a 2.80 ppm.

Zinc asimilable (Zn^{**})

Para el zinc asimilable, las concentraciones que estos suelos presentan van de 1.6 ppm en la capa superficial, 1.40 ppm en la capa media y 1.10 ppm en la capa baja del suelo.

En el segundo muestreo se presenta una disminución para las tres profundidades van del 1.10, 0.85 y 0.45 ppm respectivamente.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

El manganeso tiene valores de concentración normal entre 2 - 500 ppm, en estos suelos, las concentraciones que se encontraron van de 22.25 ppm en la capa superficial, 15.00 y 8.65 ppm en la capa profunda del suelo.

En el segundo muestreo se obtuvo un valor de 15.10 ppm para el suelo superficial, de 15.90 ppm para la capa media y de 8.15 ppm para la profundidad correspondiente a los 40-60 cm.

Cobre asimilable (Cu^{**})

Para el cobre asimilable en el primer muestreo de estos suelos, los contenidos van de 1.0 ppm en la capa de 0.20 cm, 0.5 ppm y 1.0 ppm, en las otras dos capas que son la de 20 - 40 cm y la de 40 - 60 cm de profundidad, y en el se-

Cuadro No.2.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCL y H₂SO₄ 0.075 N., en muestras de suelo, colectadas a tres profundidades en dos épocas del año. En el sitio No. 2 localizado en "Valle del Roncal".

Mes de Abril	Profundidad (cm)	Humedad %	Elementos en P.p.m.				
			Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	0 - 20	9.5	107.5	3.35	1.60	22.25	1.00
	20 - 40	9.5	64.5	1.00	1.40	15.00	0.50
	40 - 60	9.5	49.0	2.15	1.10	08.65	1.00
Mes de Julio	0 - 20	9.2	173.0	2.00	1.10	15.10	0.50
	20 - 40	9.2	96.0	4.00	0.85	15.90	0.00
	40 - 60	9.2	73.0	2.80	0.45	8.15	0.00

gundo muestreo, los valores bajan a 0.50 ppm en la capa superficial, 0.0 en la capa media y en la capa profunda también.

VIII.6 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos Coffea arabica variedad Typica. En dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos. (Ver Cuadro de Datos No. 2.3).

SITIO No. 2

Aluminio

Este muestreo se llevó a cabo en tres diferentes alturas del arbusto de café y en dos épocas de muestreo.

En el primer muestreo se observó que las concentraciones de aluminio que se encontraron en la parte alta del arbusto son de 250 ppm y en la parte media, la concentración baja hasta 50 ppm, para posteriormente volver a incrementarse hasta 100 ppm, estos contenidos de aluminio en planta se consideran dentro del rango de concentraciones normales para la planta del cafeto. Sin embargo, se tienen reportes para la concentración de aluminio asimilable en muestras foliares de café que varían de 379 a 312 ppm pero no se mencionan en qué variedades de café, ni en qué tipo de suelo. Ya que los factores edáficos intervienen en los contenidos de los elementos en las plantas. Los valores normales de concentración que se reportan en plantas van de 10 a 3,000 ppm y de 2 a 10,000 ppm.



En el segundo muestreo se encontró una disminución en la parte alta del arbusto con valor de 160 ppm, pero en la parte media se encontró un incremento a 90 ppm y otro incremento en la parte baja del arbusto a 140 ppm.

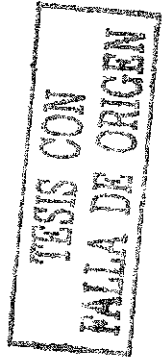
Hierro

Para el hierro en estas muestras foliares se encontraron valores de 100 ppm para la parte alta del arbusto y parte media también, y un valor de 90 ppm para la parte baja, los valores normales van de 20 a 200 ppm y para café ver Tabla 2 de Contenido de hierro en hojas de café.

En el segundo muestreo hay un incremento en la parte alta del arbusto con valor de 260 ppm y se mantiene en 100 ppm en las otras alturas. El valor de la parte alta del arbusto se sale del rango de concentración normal, o sea que en el segundo muestreo la parte alta es rica en contenido de hierro.

Zinc

Para el zinc los valores que se observan son variables ya que fluctúan de 11 ppm para la parte alta del arbusto, 12 ppm para la parte media y 19 ppm para la parte baja del arbusto en el primer muestreo y valores de 10 ppm en la parte alta y en la parte media y baja se obtuvieron 10 ppm, en el segundo muestreo, los valores quedan dentro de los



Cuadro No.2.3 Análisis Foliar en Coffea arabica variedad Typica, en el sitio No. 2 "Valle del Roncal". Muestreado a tres alturas de la planta en dos épocas del año.

Mes de Abril	Alturas	Cenizas	Al ⁺⁺⁺	E l e m e n t o s e n p.p.m.				
				Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
	Alto	9.1	250	100	11	120	12	
	Medio	10.0	50	100	12	125	16	
	Bajo	10.5	100	90	19	210	12	
Mes de Julio	Alto	8.8	160	260	12	100	10	
	Medio	9.3	90	100	10	100	13	
	Bajo	9.9	140	100	10	110	11	

Fecha del muestreo: 7 de abril 1980 Primavera
 26 de julio 1980 Verano

rangos de concentraciones normales reportados en la literatura de 9 a 29 ppm de zinc en hojas de café (Catani, P. A., 1967) (Ver Tabla 3 de Contenidos de zinc en hojas de café).

Manganeso

Las concentraciones de manganeso que se obtuvieron son de 120 ppm para la parte alta del arbusto, 125 ppm y 210 ppm para la parte media y baja en el primer muestreo y, en el segundo muestreo los valores fueron de 100 ppm en la parte alta, y media y de 110 ppm en la parte baja, como se observa hay una disminución en las concentraciones de manganeso en este segundo muestreo, pero los valores obtenidos están dentro de los rangos que se dan en la literatura (Ver Tabla 4 de contenido de manganeso en hojas de café).

Cobre

Los contenidos para cobre en este sitio van de 12 ppm en la parte alta del arbusto, 16 ppm en la parte media y de 12 ppm en la parte baja del arbusto, para el primer muestreo y valores de 10 ppm en la parte alta, 13 ppm en la parte media y de 11 ppm en la parte baja del arbusto, para el segundo muestreo, estos valores quedan dentro de las concentraciones normales límites que se reportan en la literatura los cuales van de 1 a 25 ppm en las plantas (Ver Tabla 5 de contenido de cobre en hojas de café).

Para el sitio No. 3.

No se tienen los resultados de los análisis de elementos menores por fluorescencia de rayos "X" expresados como óxidos de los elementos en muestras de suelo total.

VIII.7 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05 N y H₂SO₄ 0.025 N (Walsh, 1971) en muestras de suelo colectadas en tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 3.2).

SITIO No. 3

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio se presentan valores para el aluminio que varían de 359 ppm en la muestra superficial del suelo, de 212 ppm en la capa media y de 205.5 ppm en la profundidad de 40-60 cm. En el segundo muestreo bajan los contenidos de aluminio con resultados de 221 ppm en el suelo superficial, de 131.5 ppm en la capa media y de 184.5 ppm en la capa inferior, en ambos muestreos se observa una disminución de los contenidos de aluminio con la profundidad.

Hierro asimilable (Fe^{**})

Los contenidos de hierro asimilable en el primer muestreo son muy bajos, ya que, se presentan valores de 2 ppm para el suelo superficial, 3.5 ppm para la capa de suelo media y de 2.85 ppm para la capa inferior de suelo. En el segundo muestreo los valores son menores, varían de 0.15 ppm a 1.85 y 0.65 ppm para las profundidades 10-20 cm y

Cuadro No.3.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución
 biácida de HCL y H₂SO₄ 0,075 N., en muestras de suelo, colectadas a tres
 profundidades en dos épocas del año, en el sitio No. 3 localizado en "Limono-
 nateno".

Mes de Abril	Profundidad (cm)	Humedad %	E l e m e n t o s e n					Cu ⁺⁺
			Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	P.P.M.	
	0 - 20	9.4	359.0	2.00	1.30	12.65	0.50	
	20 - 40	9.3	212.0	3.50	0.30	8.00	0.50	
	40 - 60	9.2	205.5	2.85	0.60	09.35	0.25	
Mes de Julio	0 - 20	9.3	221.0	0.15	0.15	24.80	0.35	
	20 - 40	9.3	131.5	1.85	0.00	11.95	0.00	
	40 - 60	9.3	184.5	0.65	0.00	10.95	0.25	

20-40 y 40-60 cm.

Zinc asimilable (Zn^{**})

El zinc analizado en el suelo superficial de 0-20 cm en el primer muestreo tiene un valor de 1.30 ppm y disminuye hasta cero, los valores normales van de 1 a 100 ppm; por lo cual nos indica que estos suelos son pobres en Zn^{**}.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

El suelo superficial tiene 12.65 ppm y la muestra de 20-40 cm los contenidos de manganeso decrece y posteriormente se vuelve a incrementar hasta 9.35 ppm, en el segundo muestreo hay un aumento hasta 24.80 ppm en la muestra de suelo superficial y va decreciendo a 11.95 ppm y a 10.95 ppm en la capa de 40-60 cm.

VIII.8 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos Coffea arabica variedad Caturra. En dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos. (Ver Cuadro de Datos No. 3.3).

SITIO No. 3

Aluminio

Este muestreo se llevó a cabo en tres alturas diferentes de la planta y en dos épocas de muestreo.

Para el primero de los muestreos, los contenidos de

aluminio que se encontraron en la parte alta del arbusto fue de 180 ppm, en la parte media fue de 150 ppm y en la parte baja fue de 180 ppm, estas concentraciones nos indican que estas plantas tienen contenidos de aluminio que están dentro de los límites normales en plantas, los valores van de 10 a 3,000 ppm. Para el segundo muestreo se encontró un incremento para la parte baja del arbusto con valor de 270 ppm.

Hierro

Los contenidos de hierro van de 130 ppm en la parte alta del arbusto, 120 ppm en la parte media y 100 ppm en la parte baja del arbusto, en el primer muestreo, se observa que los contenidos de este elemento disminuyen hacia la parte baja del arbusto y para el segundo muestreo se observa un incremento a 230 ppm en la parte baja.

Zinc

Los contenidos de zinc para la muestra correspondiente a la parte alta del arbusto tiene un valor de 12 ppm, igual que la muestra de la parte media y disminuye a 10 ppm en la parte baja del arbusto. Para el segundo muestreo aparece un valor de 12 ppm o sea igual al del primer muestreo en la parte alta del arbusto y se incrementa en la muestra de la parte media hasta 14 ppm y baja a 10 ppm en la muestra de la parte baja. Estos datos quedan dentro de los valores que se reportan como normales en materiales foliares.

Cuadro No.3.3 Análisis Foliar en Coffea arabica variedad Caturra, en el sitio No. 3 "Limonateno". Muestreado a tres alturas de la planta en dos épocas del año.

Mes de Abril	Alturas	Cenizas	Elementos en p.p.m.					
			Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
		%						
	Alto	8.4	180	130	12	450	44	
	Medio	10.9	150	120	12	490	50	
	Bajo	9.9	180	100	10	510	39	
Mes de Julio	Alto	8.8	170	100	12	320	20	
	Medio	9.4	120	90	14	380	35	
	Bajo	9.7	270	130	13	460	22	

Fecha del muestreo: 7 de abril 1980 Primavera
 18 de julio 1980 Verano

Manganeso

Los contenidos de manganeso son más o menos altos, ya que en el primer muestreo, el valor de la muestra de la parte alta del cafeto presenta valores de 450 ppm, 490 ppm y 510 ppm para la parte baja. En el segundo muestreo los contenidos bajan a 320 ppm en la parte alta 380 ppm, en la parte media y 460 ppm en la parte baja del arbusto.

Cobre

Los valores que se obtuvieron para cobre en el primer muestreo fueron los valores más altos que se obtuvieron en este estudio, ya que en el primer muestreo se presentan valores de 44 ppm, para la parte alta, 50 ppm para la parte media y 39 ppm para la parte baja del arbusto. En el segundo muestreo se obtuvieron valores de 20 ppm para la parte alta, 35 ppm para la parte media y 22 ppm para la parte baja del cafeto, estos valores son muy altos ya que se reportan concentraciones para este elemento en plantas que van de 1 a 25 ppm (ver para las hojas de café en la Tabla 5) por lo que se considera que en este sitio hay altos contenidos de cobre en los arbustos de café.

VIII.9 Discusión de los resultados de los análisis de aluminio y elementos menores por fluorescencia de rayos "X", expresados como óxidos de los elementos en muestras de suelo total (Ver Cuadro de Datos No. 4.1).

SITIO No. 4

Aluminio, Al_2O_3

En este sitio los contenidos de óxidos de aluminio en los suelos van de 28.0% en la muestra superficial, 41.2% en la muestra de suelo de 20-40 cm y 29.6% en la muestra de la profundidad de 40-60 cm. El aluminio no es esencial para las plantas, pero su actividad en los suelos es muy importante, por los efectos de toxicidad; este elemento presenta una solubilidad mayor a medida que el pH del suelo es más ácido, los suelos de este sitio presentan valores de pH de 4.8.

Hierro, Fe_2O_3

Los contenidos de hierro en forma de óxidos en las muestras de suelo total, encontrados son altos, los valores obtenidos van de 10.3% en la muestra de suelo superficial, de 10.7% en la muestra media y 10.6% en la muestra correspondiente a la profundidad de 40-60 cm. Este elemento también puede ser tóxico para las plantas, cuando se encuentra en altas concentraciones en forma soluble.

Zinc, ZnO

Los valores de zinc en forma de óxidos van de .020% en la muestra de suelo superficial, a .017% en la muestra de suelo correspondiente a la profundidad de 20-40 cm y de .022% en la muestra inferior de 40-60 cm de profundidad.

Cuadro No.4.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. En el sitio No. 4 localizado en "Iras Animas".

Profundidad en cm.	CuO %	Al ₂ O ₃ %	ZnO %	MnO %	Fe ₂ O ₃ %
0 - 20	NSR	28.0	.020	.04	10.3
20 - 40	NSR	41.2	.017	.03	10.7
40 - 60	NSR	29.6	.022	.03	10.6

NSR: no se registró lectura en el aparato.

Manganeso, MnO

Para el manganeso reportado como óxido en muestras de suelo total del sitio los valores son bajos, ya que los valores que se reportan como normales van de 0 a 0.5% y los valores obtenidos fueron de 0.04% para el suelo superficial, y de 0.03% para la muestra de suelo correspondiente a las profundidades de 20-40 cm y 40-60 cm. Esto nos indica que hay muy poco manganeso en este suelo, por lo que, posiblemente haya una ligera deficiencia en los cafetos.

Cobre, CuO

Para el cobre, no se registró lectura en el aparato de rayos "X", lo cual nos indica que en este sitio debe haber muy poca cantidad de minerales de cobre.

VIII.10 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05N y H₂SO₄ 0.025 N (Walsh, 1971) en muestras de suelo colectadas en tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 4.2).

SITIO No. 4

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio el aluminio asimilable se encuentra en concentraciones mayores en relación a las concentraciones que se encontraron en otros sitios; en ambos muestreos de suelos los valores para este elemento van de 359 ppm en la muestra

de suelo superficial, 258 ppm en la muestra de 20-40 cm y 295 ppm para la muestra de 40-60 cm de profundidad. En el segundo muestreo se encontró una disminución en los contenidos de aluminio en las tres profundidades, los valores obtenidos van de 205 ppm en la parte superficial a 187 ppm en la parte media a la que corresponde la profundidad de suelo de los 20-40 cm y de 233 ppm en la parte más profunda del muestreo.

Hierro asimilable (Fe^{**})

Los contenidos de hierro asimilable en los suelos de este sitio son bajos, pues los valores obtenidos en el primer muestreo varían de 2.40 ppm para la parte superficial del suelo, de 7.75 ppm en la capa de 20-40 cm y de 9.60 ppm para la muestra de los 40-60 cm de profundidad. Sin embargo, los valores de hierro en forma de óxidos de hierro son altos.

Zinc asimilable (Zn^{**})

Los contenidos de zinc en el primer y segundo muestreos los valores obtenidos son muy bajos, los valores van de 0.85 ppm en la muestra superficial, de 0.70 ppm en la muestra de 20-40 cm de profundidad y de 0.25 ppm en la muestra de suelo profundo. Los datos del segundo muestreo van de 0.0 ppm para las dos primeras profundidades y de 0.50 ppm para la profundidad del suelo correspondiente a los 40-60 cm.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

Para el manganeso se encontró valores que van de 8.20 ppm para la primera profundidad del suelo 10-20 cm, 4.30 ppm para la segunda muestra de 20-40 cm y 1.85 ppm para la muestra de 40-60 cm de profundidad, en el primer muestreo y en el segundo muestreo hay un incremento en todas las profundidades los valores van de 10.5 ppm a 6.0 ppm y 7.10 ppm respectivamente.

Cobre asimilable (Cu^{**})

Los contenidos de cobre asimilable en los suelos de este sitio, en el primer muestreo presentan valores de 0.5 ppm en la muestra superficial, 1.0 ppm en la segunda muestra y 1.5 ppm en la muestra de los 40-60 cm de profundidad. En el segundo muestreo no se pudo detectar nada.

VIII.11 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos Coffea arábica, variedad Caturra. En dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos (Ver Cuadro de Datos No. 4.3).

SITIO No. 4

Aluminio

Los resultados de los análisis foliares para el aluminio van de 160 ppm en la parte alta del arbusto, de 130 ppm para la parte media y de 180 ppm para la parte baja del arbusto, en el primer muestreo; en el segundo muestreo hay un

Cuadro No.4.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCL y H₂SO₄ 0.075 N, en muestras de suelo, colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 4 localizado en "Las Animas".

Mes de Abril	Profundidad (cm)	Humedad %	E l e m e n t o s e n p.p.m.				
			Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	0 - 20	9.6	359.0	2.40	0.85	8.20	0.50
	20 - 40	9.7	258.0	7.75	0.70	4.30	1.00
	40 - 60	9.7	295.5	9.60	0.25	1.85	1.50
Mes de Julio	0 - 20	9.40	205.0	0.00	0.00	10.15	0.00
	20 - 40	9.5	187.0	0.05	0.00	6.00	0.00
	40 - 60	9.4	233.0	0.00	0.50	7.10	0.00

ligero incremento para el valor que le corresponde a la parte baja del arbusto, los valores que se obtuvieron son 150 ppm en la parte alta, 130 ppm en la parte media y 220 ppm en la parte baja.

Hierro

El hierro se presenta en el primer muestreo y en la correspondiente a la parte alta del arbusto, tiene una concentración de 120 ppm, en la segunda altura tiene 100 ppm y 90 ppm en la parte baja del cafeto. En el segundo muestreo hay un descenso y vuelve a incrementarse el contenido de este elemento en la base del arbusto, los valores son de 90 a 140 ppm.

Manganeso

El manganeso en el primer muestreo se observa una ligera acumulación en la parte media y baja del arbusto de 300 a 310 ppm y en la parte alta el valor es de 300 ppm. En el segundo muestreo se presenta una disminución a 205 ppm en la parte alta, a 200 ppm en la parte media y a 240 ppm en la parte baja del arbusto.

Cobre

Los contenidos de cobre corresponden a los valores más bajos que se obtuvieron en este estudio, pero están dentro de los límites reportados, los cuales van de 1 a 25 ppm, en el

primer muestreo se observa una acumulación de este elemento en la parte media y baja del arbusto obteniéndose valores para la parte alta del arbusto 8 ppm, y para la parte media y baja del arbusto 10 ppm. En el segundo muestreo se observó un ligero incremento en la parte alta a 11 ppm, en la parte media a 13 ppm y una disminución a 7 ppm en la parte baja del arbusto.

VIII.12 Discusión de los resultados del análisis de aluminio y elementos menores por fluorescencia de rayos "X" expresados como óxidos en muestras de suelo total (Ver Cuadro de Datos No. 5.1).

SITIO No. 5

Aluminio, Al_2O_3

En este sitio se presentan porcentajes de aluminio Al_2O_3 con valores de 37% en la muestra de suelo superficial y en la muestra de 20-40 cm de profundidad, y en el suelo de 40-60 cm de profundidad el valor fue de 30%.

Hierro, Fe_2O_3

Las concentraciones de hierro, en forma de Fe_2O_3 en este suelo van de 10.8% en la primera y segunda profundidad del suelo, se incrementa ligeramente en la última profundidad 40-60 cm a un valor de 11.7%.

Zinc, ZnO

Los contenidos de zinc en este suelo van de 0.022% en

la muestra de suelo superficial, y en las muestras media y más profunda los valores obtenidos son de 0.019%, se observa un descenso en relación con la profundidad.

Manganeso, MnO

El manganeso en los suelos presentan porcentajes de 0.14%, en la parte superficial del suelo, de 0.05% en la muestra de 20-40 cm y de 0.10% de MnO en la muestra correspondiente a la profundidad de 40-60 cm.

Cobre, CuO

No se detectó cobre total en el suelo.

VIII.13 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05N y H₂SO₄ 0.025 N en muestras de suelo colectadas a tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 5.2).

SITIO No. 5

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio los suelos presentan valores de 99.5 ppm para la muestra superficial, de 88 ppm para la muestra de profundidad de 20-40 cm y de 220 ppm de aluminio asimilable para el suelo de los 40-60 cm de profundidad; en este muestreo se observa una acumulación de aluminio asimilable en la muestra de suelo más profunda. En el segundo muestreo, los

Cuadro No. 5.1 Determinación de elementos menores por fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. En el sitio No. 5 localizado en "Las Animas".

Profundidad en cm.	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	ZnO %	MnO %	CuO %
0 - 20	37.2	10.8	.022	.14	NSR
20 - 40	37.2	10.8	.019	.05	NSR
40 - 60	30.0	11.7	.019	.10	NSR

NSR: no se registró lectura en el aparato.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

valores en general se incrementan, y se nota una ligera acumulación en la profundidad de 20-40 cm con valor de 177 ppm.

Hierro asimilable (Fe^{**})

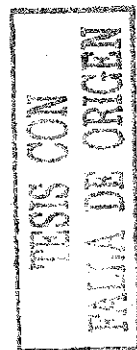
Estos suelos contienen valores que van de 2.85 ppm en la muestra de suelo superficial y media, presentándose un ligero decremento en la muestra correspondiente a la profundidad de los 40-60 cm con valor de 2.45 ppm. En el segundo muestreo los contenidos de hierro disminuyen a 90 ppm en la muestra de suelo superficial, a 0.0 ppm en la muestra media y a 1.65 ppm en la muestra más profunda.

Zinc asimilable (Zn^{**})

Los contenidos de zinc en los suelos del primer muestreo van de 2.35 ppm en la capa de 0-20 cm, 0.50 ppm en la de 20-40 y en 1.10 ppm en la profundidad de 40-60 cm se observa una disminución del elemento en la profundidad de los 20-40 cm de profundidad. En el segundo muestreo los valores bajan a 1.60 ppm en la muestra de 0-20 cm, a 130 ppm en la de 30-40 cm y 0.90 ppm en la muestra de los 40-60 cm de profundidad, los contenidos de zinc bajan con la profundidad.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

El manganeso, en el primer muestreo de suelos se obtuvieron los valores de 20.30 ppm para la muestra superficial



Cuadro No.5.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCL y H₂SO₄ 0.075 N., en muestras de suelo, colectadas a tres profundidades, en dos épocas del año. En el sitio No. 5 localizado en "Las Animas".

Mes de Abril	Profundidad (cm)	E l e m e n t o s e n p.p.m.						
		Humedad	Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
	0 - 20	9.6	99.5	2.85	2.35	20.30	0.35	
	20 - 40	9.6	88.0	2.85	0.50	8.25	0.50	
	40 - 60	9.6	220.5	2.45	1.10	14.30	0.00	
Mes de Julio	0 - 20	9.5	114.5	0.90	1.60	21.98	0.10	
	20 - 40	9.5	177.0	0.00	1.35	17.45	0.00	
	40 - 60	9.6	154.0	1.65	0.95	16.00	0.25	

TESS COL
FALLA DE ORIGEN

del suelo, de 8.5 ppm para la muestra que corresponde a la profundidad de 40-60 cm y 14.30 ppm para la profundidad de 40-60 cm. En el segundo muestreo se incrementan los valores a 21.98 en el suelo superficial, a 17.45 ppm en el suelo correspondiente a la profundidad de 20-40 cm y a 16.0 ppm en la muestra de los 40-60 cm de profundidad. Se observa un descenso en el contenido de manganeso en el suelo.

Cobre asimilable (Cu^{**})

El cobre en los suelos del primer muestreo, los valores obtenidos van de 0.35 ppm en la capa superficial, 0.50 ppm en la capa de 40-60 cm y en la parte media no se detectó sobre asimilable. En el segundo muestreo se detectaron 0.10 ppm en la muestra de suelo superficial y 0.25 ppm en la muestra de la profundidad de 40-60 cm.

VIII.14 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos *Coffea arabica*, variedad Bourbon en dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos (Ver Cuadro de Datos No. 5.3).

SITIO No. 5

Aluminio

Los contenidos de aluminio en las hojas del primer muestreo varían de 140 ppm, en la muestra de la parte alta del arbusto a 80 ppm en la muestra correspondiente a la parte media del arbusto y un valor de 140 ppm en la parte baja.

En el segundo muestreo, se presenta un decremento en la muestra superficial y media, con valores de 9.2 ppm y 9.8 ppm respectivamente y un incremento en la muestra correspondiente a la parte baja del arbusto, con un valor de 11.4 ppm.

Hierro

Para el hierro en los análisis foliares del primer muestreo se encontraron 110 ppm en las dos primeras muestras de los arbustos y 90 ppm en la parte baja del cafeto. En el segundo muestreo, la parte alta contiene 70 ppm, la parte media 150 ppm y 280 ppm en la parte baja.

Zinc

Los contenidos de zinc, para el primer muestreo varían de 12 ppm en la parte alta, 11 ppm en la parte media y 8 ppm en la parte baja de la copa. En el segundo muestreo hay un incremento en la parte media y en la parte baja del arbusto, presentándose en esta última, los valores más altos reportados en este estudio, y que son de 45 ppm.

Manganeso

Los valores para el manganeso en el primer muestreo son de 330 ppm en la parte alta, 380 ppm en la parte media y 310 ppm en la parte baja del arbusto. En el segundo muestreo los valores disminuyen a 260 ppm en la parte alta, 270 ppm en la parte media y 270 ppm también en la parte baja de la copa.

Cobre

Los contenidos de cobre en el primer muestreo indican una acumulación de este elemento en la parte alta de la copa del arbusto, tiene un valor de 13 ppm, en la parte media tiene 12 ppm y en la parte baja 22 ppm.

VIII.15 Discusión de los resultados del análisis de aluminio y elementos menores por fluorescencia de rayos "X" expresados como óxidos en muestras de suelo total (Ver Cuadro de Datos No. 6.1).

SITIO No. 6

Aluminio, Al_2O_3

En este sitio se encontraron porcentajes para el Al_2O_3 en la profundidad de 0-20 cm con 33.2%, en la profundidad de 20-40 cm con 34.3% y en la capa de 40-60 cm se encontró un 32%.

Hierro, Fe_2O_3

Los contenidos de hierro expresados como Fe_2O_3 en este sitio para la capa de 0-20 cm es de 7.9%, en la capa de 40-60 cm se encontró un 7.7% y para la profundidad de 40-60 cm con 8.3%.

Zinc, ZnO

Para el zinc los valores que se encontraron en los suelos de la capa de 0-20 cm es de .025%, para la capa de 20-40 cm es de .020% y para la profundidad de 40-60 cm es de .025%.

Cuadro No.5.3 Análisis Foliar en Coffea arabica variedad Bourbon, en el sitio No. 5 "Las Animas". Muestreado a tres alturas de la planta en dos épocas del año.

Mes de Abril	Alturas	Cenizas	Al ⁺⁺⁺	Elementos en p.p.m.				
				Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	
	Alto	9.4	140	110	12	330	13	
	Medio	10.3	80	110	11	380	12	
	Bajo	9.0	140	90	8	310	22	
<hr/>								
Mes de Julio	Alto	9.2	110	70	11	260	11	
	Medio	9.8	90	150	17	270	8	
	Bajo	11.4	350	280	45	270	11	

Fecha del muestreo: 7 de abril 1980 Primavera
18 de julio 1980 Verano

Manganeso, MnO

Las concentraciones de manganeso en forma de MnO, se encontraron valores para la capa de 0-20 cm de 0.17%, 0.09% para la capa de 20-40 cm y de 0.10%.

VIII.16 Discusión de los resultados de la determinación de aluminio y elementos menores asimilables extraídos con una solución extractora de HCl 0.05 N y H₂SO₄ 0.025 N (Walsh, 1971) en muestras de suelo colectadas en tres profundidades y en dos épocas de muestreo (Ver Cuadro de Datos No. 6.2).

SITIO No. 6

Aluminio asimilable (Al^{***})

En este sitio se encontraron concentraciones de 28 ppm para la muestra de suelo superficial, 145 ppm en la profundidad de 20-40 cm y para la profundidad de 40-50 cm un valor 116.5 ppm de aluminio asimilable. En este sitio se observa una acumulación de este elemento en la profundidad de 20-40 cm.

Hierro asimilable (Fe^{**})

Las concentraciones de este elemento en forma asimilable que se observaron en este suelo fueron de 0.85 ppm en el suelo superficial, y de 1.90 ppm en la muestra de 20-40 cm, y un valor de 2.25 ppm en la muestra de suelo correspondiente a la profundidad de 40-60 cm.

Cuadro No.6.1 Determinación de elementos menores por Fluorescencia de Rayos X, expresados como óxidos en muestras de suelo total. En el sitio No. 6 localizado en "Ila Carambada".

Profundidad en cm.	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	ZnO %	MnO %	CuO %
0 - 20	33.2	7.9	.025	.17	NSR
20 - 40	34.4	7.7	.020	.09	NSR
40 - 60	32.4	8.3	.025	.10	NSR

NSR: no se registró lectura en el aparato.

Zinc asimilable (Zn^{**})

Los contenidos de zinc asimilable en los suelos de este sitio tienen una concentración de 2.00 ppm en la muestra de 0-20 cm, en la capa de 20-40 cm es 0.55 ppm y en la capa de los 40-60 cm el valor fue de 0.75 ppm.

Manganeso asimilable (Mn^{**})

Los contenidos de manganeso son los más bajos que se obtuvieron en este estudio, en la muestra de 0-20 cm se obtuvo un valor de 6.10 ppm, en la muestra de 20-40 cm el valor fue de 1.45 ppm y para la muestra de 40-60 cm de profundidad el valor fue de 5.60 ppm de este elemento en forma asimilable.

VIII.17 Discusión de los resultados obtenidos de los análisis foliares efectuados a muestras de cafetos Coffea arábica variedad Mondo novo en dos muestreos hechos en tres alturas de los arbustos (Ver Cuadro de Datos No. 6.3).

SITIO No. 6

Aluminio

Los contenidos de aluminio en las hojas de cafeto son de 200 ppm en la parte alta de la copa, 110 ppm en la parte media y de 150 ppm en la parte baja de la copa.

Hierro

Los valores obtenidos para hierro en esta variedad son de 90 ppm en la parte alta de la copa, 80 ppm en la parte media y 150 ppm en la parte baja del arbusto.

Cuadro No.6.2 Determinación de elementos menores asimilables, extraídos con una solución biácida de HCL y H₂SO₄ 0.075 N., en muestras de suelo, colectadas a tres profundidades en una época del año. En el sitio No. 6 localizado en "La Carambada".

E l e m e n t o s e n P. P. m.

Mes de Abril	Profundidad (cm)	Humedad	Al ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	0 - 20	9.3	28.0	0.85	2.00	6.10	NSR
	20 - 40	8.8	145.0	1.90	0.55	1.45	NSR
	40 - 60	9.3	116.5	2.25	0.75	5.60	NSR

Zinc

Los contenidos de zinc en la parte alta del cafeto es de 21 ppm, en la parte media es de 11 ppm y en la parte baja del arbusto es de 12 ppm.

Manganeso

Para el manganeso las concentraciones encontradas son de 310 ppm en la parte alta del arbusto, 320 ppm en la parte media de la copa y de 370 ppm en la parte baja del mismo.

Cobre

El cobre se presenta en los arbustos de café de la variedad Mondo novo en las siguientes concentraciones: para la parte alta del arbusto los valores fueron de 11 ppm, para la parte media de 38 ppm y para la parte baja de la copa del arbusto del cafeto el valor fue de 31 ppm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro No.6.3 Análisis Foliar en Coffea arabica variedad Mondo novo, en el sitio No. 6 "La Carambada". Muestreado a tres alturas de la planta en una época del año.

Mes de Abril	Alturas	Cenizas	Al ⁺⁺⁺	E l e m e n t o s e n p.p.m.			
				Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
	Alto	9.9	220	90	21	310	11
	Medio	10.2	110	80	11	320	38
	Bajo	11.2	150	150	12	370	31

Fecha del muestreo: 7 de abril 1980 Primavera

IX.- ANALISIS ESTADISTICO

Al realizar el análisis estadístico para cada uno de los nutrimentos que se determinaron, tanto en planta como en muestras de suelo, se hizo lo siguiente:

Se tomaron como tratamientos los sitios de muestreo, cultivados con cafetos (Coffea arabica) y se seleccionaron como bloques las alturas o estratos de los arbustos de café en las cuales se hizo el muestreo foliar, así como profundidades a las que fueron colectados los suelos, tanto en el muestreo de las plantas como en el de los suelos se colectaron tres muestras: la primera corresponde a la parte superior de la copa del arbusto, la segunda a la parte media y la tercera a la parte baja del cafeto. Para los suelos, la primera muestra corresponde a la primera capa superficial del suelo de 0-20 cm de profundidad, la segunda está a una profundidad de 20-40 cm y, la tercera de 40-60 cm de profundidad.

ALUMINIO TOTAL Al_2O_3

El análisis de varianza efectuado para el aluminio total en suelos, nos dice que no existe diferencia significativa entre sitios ni entre profundidades por lo que este elemento se encuentra distribuido homogéneamente en todas las localidades muestreadas y en todas las profundidades de los suelos de esta región.

ALUMINIO ASIMILABLE (Al^{***})

En cuanto al aluminio asimilable en el suelo se observa que: existe una diferencia significativa al 95% de confianza entre sitios para la cantidad de aluminio asimilable en suelos, sin embargo, no hay un estrato con mayor o menor concentración de aluminio asimilable a nivel significativo, así, este elemento se encuentra distribuido homogéneamente en los estratos o profundidades de los suelos.

Los sitios Nos. 2 y 6 tienen menor cantidad de aluminio asimilable que el sitio No. 4 que presenta la mayor cantidad de aluminio asimilable.

ALUMINIO EN PLANTAS

No existe diferencia significativa entre los sitios en relación a los contenidos de aluminio en la planta, sin embargo, hay una diferencia significativa al 95% de confianza entre los estratos de la planta.

La diferencia significativa en las cantidades de aluminio está determinada entre el segundo estrato o estrato medio del arbusto del cafeto y el estrato bajo que corresponde a la parte baja del cafeto.

Se observa claramente que en los estratos alto y bajo del arbusto los contenidos de aluminio son similares.

HIERRO TOTAL

En relación con el análisis estadístico para el hierro total en suelo, encontramos que existe una diferencia altamente significativa al 99% de confianza entre sitios de muestreo, así como una diferencia altamente significativa también al 99% de confianza en la cantidad o concentración de hierro total entre las profundidades. La diferencia significativa se observa entre los sitios No. 6 que es el que posee menor concentración y el sitio No. 1 que presenta la mayor concentración de hierro total.

La diferencia altamente significativa que se presenta entre estratos o profundidades del suelo, se presenta entre el tercer y primer nivel de profundidad que corresponde a los 40-60 cm y 0-20 cm respectivamente, ya que en el primero, es decir el más profundo, fue donde se encontró una mayor acumulación de hierro total en el suelo. En cambio en el suelo superficial (de 0-20 cm), la concentración de hierro total fue menor.

HIERRO ASIMILABLE

En el análisis estadístico aplicado para este micronutriente en forma asimilable en los suelos, se encontró que no hay diferencia significativa en cuanto a la cantidad de hierro asimilable en ninguno de los sitios muestreados, ni tampoco en lo que respecta a la distribución en profundidad de este micronutriente en el suelo.

HIERRO EN PLANTA

El hierro en la planta no presentó una diferencia significativa en las muestras foliares entre sitios ni tampoco en la distribución del hierro en la planta, puesto que no se observó ninguna diferencia significativa entre las distintas alturas de los arbustos por lo que, el hierro se encuentra homogéneamente distribuido en la planta.

ZINC TOTAL EN SUELOS

No se encontró diferencia significativa en cuanto a los contenidos de zinc total entre sitios, ni tampoco para estratos. Esto indica que la distribución es homogénea tanto en sitios como en estratos.

ZINC ASIMILABLE EN SUELOS

Para este micronutriente en el suelo se encontró que existe una diferencia significativa al 95% de confianza en el contenido de este micronutriente en forma asimilable entre sitios. Así como una diferencia altamente significativa al 99% de confianza en el contenido de zinc asimilable entre las profundidades.

Para observar cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí en el contenido de este elemento, se estimó la varianza y observamos que: la diferencia significativa entre sitios está dada por los sitios 4 y 3 que son los que presen-

tan menor cantidad de Zn asimilable y por los sitios 2, 5 y 6 los cuales presentan contenidos muy similares y altos de este micronutriente en forma asimilable.

Existe una diferencia altamente significativa entre estratos o profundidades encontrándose una mayor concentración de este micronutriente en el primer estrato o profundidad, la cual corresponde a la muestra de suelo superficial y en los siguientes estratos o profundidades la distribución es muy similar.

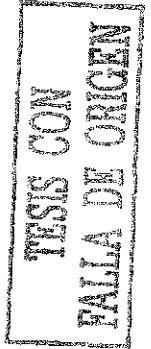
MANGANESO TOTAL EN SUELO

Con respecto a este elemento en forma total en el suelo, no existe una diferencia significativa entre los sitios, ni entre los estratos.

MANGANESO ASIMILABLE EN SUELO

En cuanto a los contenidos de manganeso asimilable en los suelos se encontró que existe una diferencia altamente significativa al 99% de confianza entre sitios; así como también una diferencia altamente significativa al 99% de confianza entre estratos o profundidades del suelo.

Esta diferencia está dada por los sitios No. 4 y 6 que poseen menor cantidad de manganeso asimilable en suelo, que los sitios Nos. 1, 2 y 3; el sitio No. 5 es el que presenta mayor cantidad de manganeso asimilable. El manganeso asimilable se encuentra en mayor proporción, en la parte más



superficial del suelo.

MANGANESO EN PLANTA

Se encontró una diferencia significativa al 99% de confianza entre sitios para la concentración de manganeso en planta. así como una diferencia significativa al 95% de confianza entre los estratos o alturas de los arbustos, los cuales fueron muestreados.

Se observa una diferencia significativa en los sitios Nos. 1 y 2, los cuales existe una mayor proporción de manganeso en planta o arbustos, mientras que en el sitio No. 3 se encuentra la mayor concentración de manganeso en planta.

COBRE

El cobre solamente se encontró en muestras foliares, por lo que únicamente se realizó este análisis estadístico, encontrándose que existe una diferencia altamente significativa al 99% de confianza entre los valores obtenidos de cobre en las plantas entre los sitios de la región.

Los contenidos de este elemento en las plantas del sitio No. 3 fueron las más altas en cobre, no obstante los demás sitios presentan valores muy bajos para cobre.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos de los análisis realizados, se concluye que: con respecto al aluminio total, no existe una diferencia significativa en cuanto a su distribución ni por sitio, ni por profundidad.

Esto nos indica que los contenidos de aluminio que se encontraron en los suelos de esta zona, corresponden a los valores de los suelos derivados de cenizas volcánicas y en los andosoles.

Con el aluminio asimilable se encuentra una diferencia significativa entre sitios y se observa que, esta diferencia está dada por el sitio No. 4 el cual presenta la mayor concentración y el No. 2 la menor concentración. En general los suelos de esta zona presentan concentraciones dentro de los límites reportados como normales.

El aluminio en muestras foliares, presenta una diferencia significativa entre los contenidos de este elemento con las diferentes muestras foliares en relación con las alturas; el estrato inferior del arbusto, presenta una mayor acumulación en comparación con la parte alta y la parte media que presenta los contenidos más bajos.

En el caso del hierro existe una diferencia significativa entre sitios y entre profundidades también. En el sitio No. 1 se encontró la mayor concentración y en el sitio No. 6

la menor concentración de hierro.

En general se acumula a mayores profundidades, en el suelo superficial se encontraron los menores contenidos.

En los casos del hierro asimilable no hubo diferencia significativa ni entre sitios ni entre profundidades; sin embargo, estos suelos presentan valores que están por abajo de los que algunos autores reportan en la literatura.

Para el caso del hierro en las plantas no hubo diferencia significativa ni entre los arbustos de los sitios, ni entre las diferentes alturas de las copas en las que se muestreó para su análisis.

Con respecto al zinc total en suelos, no se encontró diferencia significativa entre la concentración de este elemento entre los sitios, ni entre las profundidades del suelo.

Para el zinc asimilable se encontró una diferencia significativa entre los contenidos de este elemento entre sitios y altamente significativo entre las concentraciones del zinc asimilable para las diferentes profundidades edáficas; en el sitio No. 1 se presentan concentraciones medias, en el sitio No. 3 y 4 los contenidos son bajos, mientras que en los sitios Nos. 5 y 6 los contenidos son muy bajos. La diferencia altamente significativa está dada por los valores en la parte superficial del suelo que es donde se observa

gráficamente la mayor concentración, aunque estos suelos son pobres en este elemento.

El zinc en las plantas no se presentaron diferencias significativas en la distribución de este elemento en el arbusto, y los contenidos de zinc son medios.

En relación al manganeso total en suelos, no existe diferencia significativa ni entre sitios ni entre las profundidades de los suelos.

Para el manganeso asimilable, existe diferencia significativa al 1% tanto para sitios como para profundidades. Esto nos indica que la presencia de este elemento en el suelo no tiene una distribución homogénea en la zona de estudio, ni entre las diferentes profundidades de una misma zona. Se observa que en los sitios Nos. 5, 3, 2 y 1 tienen mayor concentración de manganeso asimilable que los sitios Nos. 4 y 6. Pero están dentro de los valores que se reportan como normales y la mayor acumulación se presenta en la parte superficial del suelo.

Para el manganeso en las plantas, existe diferencia significativa entre los contenidos de manganeso en los arbustos de los diferentes sitios y también en la acumulación de este micronutriente en las diferentes alturas arbustivas. El sitio más rico es el No. 3 y los más bajos son: el No. 2 y el No. 1, pero todos presentan valores normales. Este ele-

mento se acumula en la parte baja del arbusto y se presenta en menor concentración en el estrato superior de la planta del cafeto.

Para el cobre en las plantas, se presentan diferencias significativas entre sitios, las mayores concentraciones fueron en el sitio No. 3 y las menores en el sitio No. 4; estos valores se salen del límite inferior reportado en la literatura como normal, mientras que los otros sitios contienen concentraciones normales.

BIBLIOGRAFIA

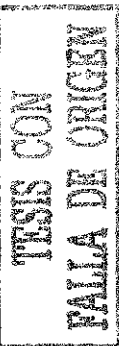
- Aguilera, H. N. Geographic Distribution and Characteristic of Volcanic Ash Soils in Mexico. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Centro de Enseñanza e Investigación. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Turrialba, Costa Rica. A. 6 3-12.
- Aguilera, H. N., 1965. Suelos de Ando, morfología, génesis y clasificación. Serie de Investigación No. 6. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México.
- Black, C. A., Evans, D. D., White, J. L., Ensminger, L. E., Clark, F. E., 1965. Methods of Analysis Chemical and Microbiological properties. Agronomy No. 9. Part 2. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin, U.S.A.
- Blue, W. G. and Kretschmer, A., Report on the clay fraction of Costa Rica Soils. Ministerio de Agricultura e Industrias Agronómicas. Informe poligrafiado.
- Cajuste, L. J., 1977, Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Carvajal, J. E., López, C. A., 1963. Efecto del pH del sustrato en el crecimiento y la absorción del café. Rev. Biól. Trop. 11(2). 141-155.
- Carvajal, J. F., 1972. Cafeto, Cultivo y Fertilización. Inst. Internal. de La Potasa, Berna, Suiza. Printed in Switzerland Gibr. Fretz A. G. Zurich.
- Carvalho, A., et al., Melhoramento de cafeeiro. XXI Comportamento regional de variedades, linhagens e progenies de café ao sol e a' sombra. O. Agronómico (Brasil) 14 (11-12), 21-23 (1963).

- Catani, R. A., Pellegrino, D., Bittencourt, V. C., Jacintho, A. O. e Graner, C.A.F. 1967. A concentracao E. A. Quantidade de Micronutrientes e de alumineo no cafeeiro, Coffea arabica, L Variedade Mondo Novo (B. Rodr.) Choussy, Aos Des anos de idade. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz De Queiroz". Univ. Sao Paulo.
- Catani, R. A., Pellegrino, D., Alcarde, J. C., Craner, C.A.F., 1967. Variacao Na concentracao e na Quantidade de macro e micronutrientes no fruto do cafeeiro, durante o seu desenvolvimento. An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz". Univ. Sao Paulo.
- Chapman, H. D., 1973. Diagnosis Criteria for Plants and Soils. 2 ed. Riverside, California.
- Childers, F. N., 1966. Nutritional Fruit Crops Temperate to Tropical Horticultural Publications. U. S. A. Charper XXII.
- Coste, R., 1955. Les caféirs et les cafés dans le monde. I. Les Caféirs. Paris, Editions Larose. (L'Ombrage): 1 pp. 125-142.
- Duchaufour, P., 1978. Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson. Barcelona, España.
- Espinosa, Flora, M., y Tenorio, 1975. Efecto de la aplicación de un fertilizante acidificante y de cal en el pH. Mimeografiado.
- Forestier, J., 1960. Fertilité des sols des caféiers en République Centreafricaine III. Etude des sols des caféiers de la Lobaye L' Agron. Trop. (Francia). 15(1), 9-37.

- Gaucher, G., 1971. Tratado de Pedología Agrícola. El suelo y sus características Agronómicas. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Geus, J. G., 1969. Fertilized Guide for Coffee. Part I. Kenya Coffee, pp. 208-213.
- Goodall, D. W. and Gregory, 1947. Chemical composition of plants as an index or their nutritional status. Imperial. Bureau of Horticulture and Plantation Crops. Technical Communication No. 17. East Malling, England.
- Guajardo, V. R., 1979. Apuntes de Química de Micronutrientos. Mimeografiado.
- Hardy, F., 1958. Suelos de Café Tercer Curso de Café. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 16 pp. Mimeografiado.
- Kitchen, H. B. y otros, 1948. Diagnostic techniques for soils and crops. Publicación del American Potash Institute, Washington.
- Lagatu, H. y Maume, L., 1934. Examen Critique du diagnostic Foliare. Comptes Rend., Acad. Agric. Fr. 29: 246-257.
- Lawes, J. B., and Gilbert, J. H., 1895. The Rothamsted Experiments. Trans. Highland Agric. Soc., Escocia. 5a. Ser. 7: 1-134.
- Little, M. T. and Hills, J. F., 1978. Agricultural experimentation; design and analysis. John Wiley and Sons. U.S.A.
- López, C. A., 1963. Identificación y clasificación de los minerales de arcilla presentes en nueve suelos de Costa Rica. (Costa Rica). Universidad de Costa Rica. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas. 56 pp.

- Lorán, N. R., 1979. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del transecto Jalapa-Teocelo, Veracruz. México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Lové, A., 1954. Premiere utilization du diagnostic foliaire pour l'étude des oligoéléments chez le caféier en Cote d'Centre Rech. Agron. Biugerville.
- Machado, A., 1946. Influencia del sombrero, suelo y las prácticas de cultivo en el desarrollo del cafeto en sus primeros meses de vida propia, experimento preliminar. Agricultura Tropical (Colombia). Suplemento Agronómico. No. 3-32 pp.
- Melhlich, A., 1967. Coffee soils in Kenya and their characteristic in relation to the mineral nutrition of arabica coffee. Coffee Research Foundation, Kenya. Annual Report 1966/67. pp. 5-17.
- Méndez, G. T., 1982. Estudio sobre contaminación de suelos agrícolas del Valle del Mezquital, Hgo. por A.B.S. Boro y metales pesados por el uso de aguas negras en la ciudad de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Mendoza, García., E., 1978. Algunos análisis bromotológicos de Coffea arabica L. cultivada en suelos derivados de cenizas volcánicas y andosoles en el transecto Jalapa-Córdoba. Veracruz.
- Mitscherlich, E. A., 1925. Die Bestimmung des Düngenbedürfnisses des bodens. 26 Auflage. Verlagsbuchhandlung Paul Parey. Berlin. pp. 103. Citado por Carvajal, J. F. (1972) Cafeto, Cultivo y Fertilización. Inst. Internal. de La Potasa. Berna, Suiza. Printed in Switzerland Gebr. Frets A. G. Zürich.

- Moraes, F.R.P.**, 1965. Meio ambiente e practicas culturais.
Im: Cultura e Adubacao do Cafeeiro. Instituto Brasileiro de Potassa. Sao Paulo, Brasil. 277 p.
- Mortvedt, J. L. Giordano, P. M., Lindsay, W. L.**, 1972. Micronutrientes en Agricultura. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Müller, E. L.**, 1966. Coffee Nutrition. Citado en Childers, F. (1966).
- Nanninga, A. W.**, 1903. Involed van den boden de samenstelling van het theeblad en de qualiteit der thee. Deel I. Meded. PI Tuin, Batavia, 65: 1-49. Citado por Carvajal, J. P. (1972).
- Ostendorf, F. W.**, 1962. The Coffee shade problem; a review article. Tropical Abstracts 17(9), 577-581.
- Paña, V.M.L.**, 1978. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas y de ando, cultivadas con café en el transecto Jalapa-Córdoba, Veracruz. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Ramajah, P. K., Rao, M.U.R., Chokkana, N. G.**, 1964. Zinc deficiency and amino-acids of coffee leaves (Coffea arabica L) Turrialba 14 (3). p. 136-139.
- Sánchez, B. S.**, 1980. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros en la zona volcánica del Municipio de Hueytamalco, Estado de Puebla. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Sánchez, B. S. y Aguilera H. N.**, 1980. Suelos derivados de cenizas volcánicas y Andosoles en una zona cafetalera de Hueytamalco, Estado de Puebla. XIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. pp. 278-298. Toluca, México.



- Sánchez, B. S. y Aguilera H., N., 1981. Determinación de elementos menores en los Inceptisoles; Vitrandept, Umbrandept y Ochrandept, en la zona cafetalera del Municipio de Hueytamalco, Estado de Puebla. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo I. pp. 47-67.
- Sutcliffe, J. F. and Baker, D. A., 1978. Plants and mineral Salts, Edwards Arnolds (Publishers Ltd.) Londres, England.
- Sylvain, P. G., El problema de la sombra del café. Un resumen de 16 artículos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica. pp. 238.
- Thomas, W., 1937. Foliar Diagnosis: Principles and Practice. Plant Physiology 12. pp. 571-599.
- Torres, G. E., 1976. Algunos estudios de suelos derivados de cenizas volcánicas del transecto Teziutlán, Puebla a Jalapa, Veracruz. México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- Urhan, M. de, 1952. Análisis de hojas, su aplicación en la investigación de la nutrición mineral de las plantas. Centro Nacional de Investigaciones de café. Colombia. Boletín informativo 3(33): pp. 18-26.
- Walsh, L. M., 1971. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Weinhold, A., 1862. Analyse von Unkrauten des Bodens der Versuchsstation Chemnitz Ladw. Vers. Sta., 4: 188-193.
- Wellman, F. L., 1961. Coffee, botany, cultivation and utilization. London. Leonard Hill. 488 pp. "Problems of sun, shade and rotation": 327-351.

ANALISIS DE VARIANZA (Aluminio Total en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERV)	F (ESPERADA) 95%	F (ESPERADA) 99%
Sitios	4	40,030,300.33	10,007,575.07	0.0103 No sig.	3.84	7.01
Profundidad	2	2,267,202.2	1,133,601.067	0.0011 No sig.	4.46	8.65
Error experimental	8	7,704,990,460.0	963,123,807.5			
Total	14	7,747,287,963.0				

No existe diferencia significativa entre sitios, con respecto al análisis de los contenidos de aluminio total en suelos.

No existe diferencia significativa entre profundidades, con respecto a la distribución de este elemento en forma total en el suelo.

ANALISIS DE VARIANZA (Aluminio Asimilable en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)
					5% 1% 95% 99%
Sitios	5	70,133.7	14,022.7388	5.259**	3.33
Profundidad	2	377.033	188.5138	0.0707	4.10
Error experimental	10	26,660.5917	2,666.05917	N.S	7.56
Total	17	97,151.325			

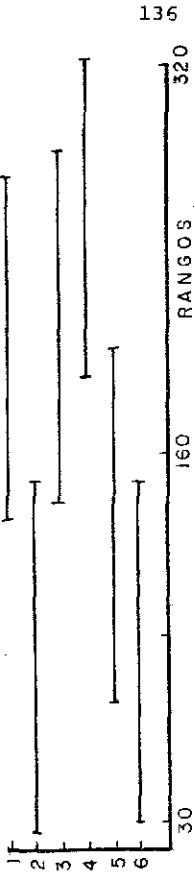
Si existe diferencia significativa al 5% entre sitios.
 No existe diferencia significativa entre profundidades, con respecto a los contenidos de aluminio asimilable en el suelo.

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ sitios} = \sqrt{2CM (\text{Error experimental})} = 66.4185$$

Los rangos que se obtienen son:

Sitio	X	RANGOS
1	209.583	276.00
2	93.833	160.25
3	218.916	285.3345
4	256.25	322.66
5	142.25	208.66
6	96.5	162.91



ANALISIS DE VARIANZA (Aluminio en Plantas)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	3,640.2866	728.05	0.4067	3.33
				No sig.	5.64
Alturas (Estratos)	2	19,886.12	9,943.05	5.55	4.10
				**	7.56
Error experimental	10	17,897.2134	1,789.72		
Total	17	41,423.62			

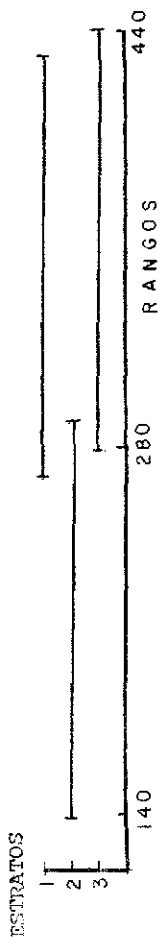
No existe diferencia significativa contenidos en aluminio en planta entre sitios.
 Si existe diferencia significativa al 5% entre los contenidos de este elemento en los diferentes estratos del arhusto.

Para observar ahora cuáles son aquellos estratos que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ estratos} = \frac{\sqrt{2CM(\text{Error experimental})}}{\text{No. de estratos}} = 76.9594$$

Los rangos que se obtienen son:

Estratos	\bar{X}	Rangos
1 alto	353.33 ±	76.9594 429.9594 --- 276.37
2 medio	216.66 ±	76.9594 293.6194 --- 139.70
3 bajo	361.66 ±	76.9594 438.6194 --- 284.70



ANALISIS DE VARIANZA (Hierro Total en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB) F (ESPERADA)	5%	1%
Sitios	4	12,292,180.9	3,073,045.23	128.87 ***	3.84	7.01
Profundidad	2	415,389.7	207,694.86	8.70 ***	4.46	8.65
Error experimental	8	190,766.4	23,845.8			
Total	14	12,898,337.0				

Existe diferencia significativa al 1% en los contenidos de hierro total entre sitios.

Existe diferencia significativa al 1% en la distribución del hierro total en profundidades.

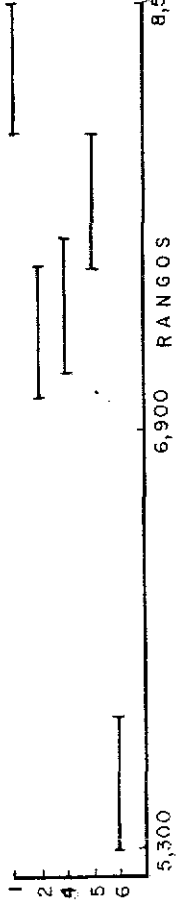
Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ Sitios} = \frac{\text{Error experimental}}{\text{No. de sitios}} = \frac{225.21}{6} = 37.535$$

Los rangos que se obtienen son:

Sitio	\bar{X}	PANGOS
1	8,251.66 ±	225.21
2	7,249.33 ±	225.21
3		
4	7,365.66 ±	225.21
5	7,762.0 ±	225.21
6	5,571.0 ±	225.21

SITIOS



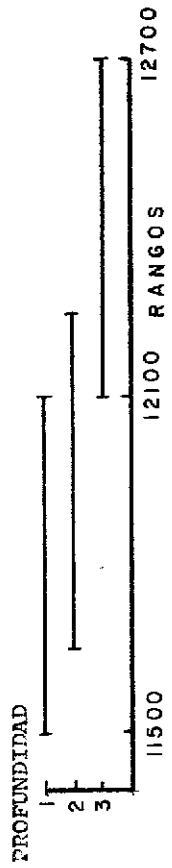
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre profundidades; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del C.M. del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ profundidad} = \frac{\sqrt{2 \text{ CM (Error experimental)}}}{\text{No. Profund.}} = 290.74$$

Los rangos que se obtienen son:

Profundidad	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1 (0-20 cm)	17794.66 ± 290.74	12085.4 ---	11503.92
2 (20-40 cm)	11957.66 ± 290.74	12248.4 ---	11666.92
3 (40-60 cm)	12447.33 ± 290.74	12738.07 ---	121156.59



ANALISIS DE VARIANZA (Hierro Asimilable en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB) 5%	F (ESPERADA) 1%
Sitios	5	8.6312	1.7262	2.779 N.S	5.64
Profundidad	2	3.9696	1.9848	3.1956 N.S	7.56
Error experimental	10	6.2125	0.6211		
Total	17				

No existe diferencia significativa entre sitios.

No existe diferencia significativa entre profundidades.

ANALISIS DE VARIANZA (Hierro en Planta)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)	
				5%	1%	
Sitios	5	3,118.4032	623.680	0.564 N.S	3.33	5.64
Estratos	2	1,626.3611	813.80	0.736 N.S	4.10	7.56
Error experimental	10	11,045.1384	1,104.5138			
Total	17	15,789.9028				

No existe diferencia significativa entre sitios.

No existe diferencia significativa en cuanto a los contenidos de hierro en planta en los diferentes estratos.

ANALISIS DE VARIANZA (Zinc Total en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESFPRADA)
				5%	1%
Sitios	4	24,959.999	6240.00	2.466 N.S	3.84
Profundidad	2	7,893.333	3946.66	1.559 N.S	4.46
Error experimental	8	20,240.000	2530.00		7.01
Total	14	53,093.332			

No existe diferencia significativa entre sitios para el contenido de zinc total en suelo.

No existe diferencia significativa en los contenidos de este elemento en profundidad.

ANÁLISIS DE VARIANZA (Zinc Asimilable en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERE)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	1.8155	0.36311	4.61**	3.33
Profundidad	2	1.4300	0.71503	9.08***	4.10
Error experimental	10	0.7871	0.07871		5.64
Total	17	4.0326			7.56

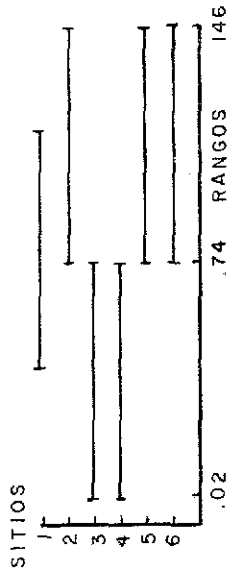
Existe una diferencia significativa al 5% para los contenidos de zinc asimilable en suelo entre sitios. Existe una diferencia significativa al 1% para las concentraciones de este elemento entre las profundidades.

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma} \text{ sitios} = \sqrt{\frac{\text{Error experimental}}{\text{Nc. de sitios}}} = 0.36$$

Los rangos que se obtienen son:

SITIO	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1	0.79	± 0.36	1.15 --- 0.43
2	1.08	± 0.36	0.44 --- 0.722
3	0.39	± 0.36	0.75 --- 0.030
4	0.38	± 0.36	0.74 --- 0.022
5	1.108	± 0.36	0.46 --- 0.747
6	1.100	± 0.36	1.460 --- 0.739



Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre profundidades; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del CM del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ profundidad} = \frac{V 2CM (\text{Error experimental})}{\text{No. profundidades}} = 0.51036$$

Los rangos que se obtienen son:

Profundidad	\bar{x}	$\hat{\sigma}$	RANGOS	PROFUNDIDAD
1 (0-20 cm)	1.2083 ±	0.51036	1.71866 --- 0.6979	1
2 (20-40 cm)	0.6125 ±	0.51036	1.12286 --- 0.1021	2
3 (40-60 cm)	0.6083 ±	0.51036	1.11866 --- 0.0979	3

.99 RANGOS 1.79

ANALISIS DE VARIANZA (Zinc en Planta)

PUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB) 5%	F (ESPERADA) 1%	
Sitios	5	70.333	14.06	0.7873 No sig.	3.33	5.64
Estratos	2	22.750	11.37	0.6367 No sig.	4.10	7.56
Error experimental	10	178.569	17.8569			
Total	17	271.652				

No existe diferencia significativa en cuanto a contenidos de zinc, en la planta entre sitios.

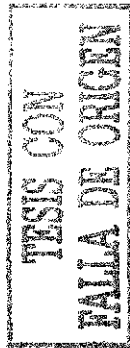
No existe diferencia significativa en cuanto a la distribución de este elemento en los diferentes estratos de la planta.

ANALISIS DE VARIANZA (Manganeso Total en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERVB)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	4	4,126,293.33	131,573.33	1.851 No sig.	3.84 7.01
Profundidad	2	428,213.33	2,141,106.66	30125 N.S	4.46 8.65
Error experimental	8	568,586.67	71,073.33		
Total	14	5,123,093.33			

No existe diferencia significativa entre sitios.

No existe diferencia significativa en los contenidos de manganeso total en suelo entre las diferentes profundidades del mismo.



ANALISIS DE VARIANZA (Manganeso Asimilable en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERV)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	333.2968	66.65	11.67 ***	3.33
Profundidades	2	120.1630	60.08	10.52 ***	4.10
Error experimental	10	57.1447	5.71		5.64
Total	17	510.6045			

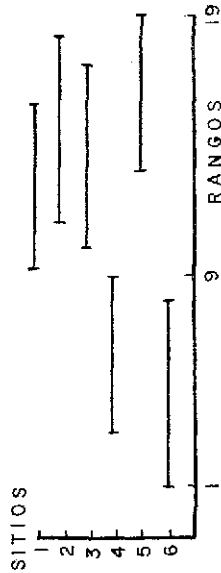
Existe diferencia significativa al 1% en los contenidos de manganeso asimilable entre sitios.

Existe diferencia significativa al 1% en los contenidos de este elemento entre las profundidades. Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma} \text{ sitios} = \sqrt{2CM (\text{Error experimental})} = 3.07$$

Los rangos que se obtienen son:

SITIO	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1	12.466 ±	3.07	15.536 --- 9.396
2	14.175 ±	3.07	17.245 --- 11.105
3	12.950 ±	3.07	16.020 --- 9.88
4	6.26 ±	3.07	9.320 --- 3.19
5	16.38 ±	3.07	19.45 --- 13.31
6	4.38 ±	3.07	7.45 --- 1.31



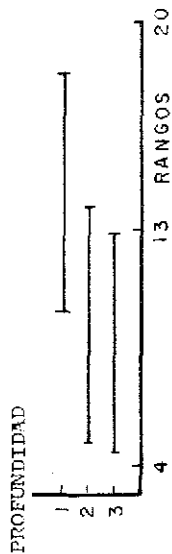
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre profundidades; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del CM del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2_{\text{profundidad}} = \frac{\sqrt{2 \text{ CM (Error experimental)}}}{\text{No. Profund.}} = 4.3469$$

Los rangos que se obtienen son:

Profundidad	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1 (0-20 cm)	14.7441 ±	4.3469	19.091 ---- 10.3972
2 (20-40 cm)	9.5541 ±	4.3469	13.901 ---- 5.2072
3 (40-60 cm)	9.0100 ±	4.3469	13.3569 --- 4.6631



ANALISIS DE VARIANZA (Manganeso en Planta)

FUENTE DE VARIACION ***	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	184,303.125	36,860.625	69.38 ***	3.33
Estratos	2	4,681.000	2,340.500	4.40 **	4.10
Error experimental	10	5,312.500	531.250		7.56
Total	17	194,296.625			

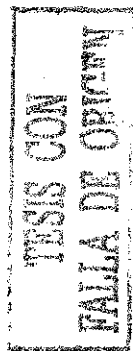
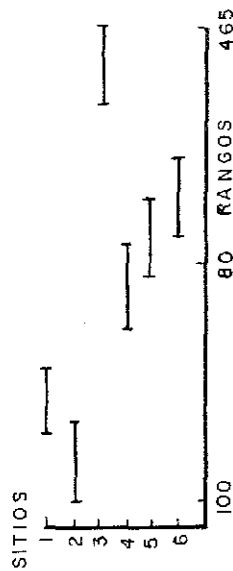
Existe diferencia significativa al 1% en los contenidos de manganeso en las plantas entre los sitios. Existe diferencia significativa al 5% en los contenidos de este elemento entre los estratos de la planta.

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ sitios} = \frac{VCM(\text{Error experimental})}{\text{No. de sitios}} = 29.64$$

Los rangos que se obtienen son:

Sitio	\bar{x}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1	176.5 ±	29.64	206.14 ---- 146.85
2	127.5 ±	29.64	157.14 ---- 97.86
3	435.0 ±	29.64	464.64 ---- 405.35
4	260.8 ±	29.64	290.47 ---- 231.18
5	303.33 ±	29.64	332.97 ---- 273.48
6	333.33 ±	29.64	363.17 ---- 303.48

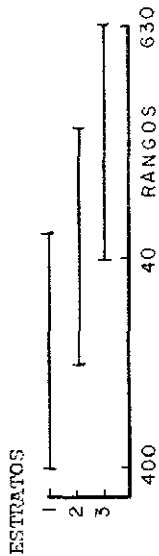


Para observar ahora cuáles son aquellos estratos que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2_{\text{estratos}} = \frac{\sqrt{2CM(\text{Error experimental})}}{\text{No. de estratos}} = 41.92$$

Los rangos que se obtienen son:

Estratos	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
0			
Altura			
1	505.83	41.92	547.75 ---- 463.91
2	545.83	41.92	587.75 ---- 503.91
3	584.83	41.92	626.75 ---- 542.91



ANALISIS DE VARIANZA (Cobre Asimilable en suelo)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	0.55361	0.110722	3.62**	3.33
Profundidades	2	0.00528	0.00264	0.086	4.10
Error experimental	10	0.30514	0.030514	N.S	7.56
Total	14	0.86403			

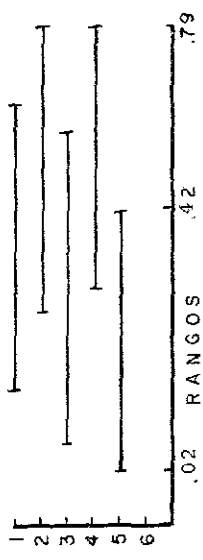
Existe diferencia significativa al 5% entre sitios.
 No existe diferencia significativa entre profundidades.
 Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ sitios} = \sqrt{2CM \text{ Error experimental}} / \text{No. sitios} = 0.2247$$

Los rangos que se obtienen son:

Sitio	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1	0.375	± 0.2247	0.5997 --- 0.1503
2	0.500	± 0.2247	0.7347 --- 0.2753
3	0.3083	± 0.2247	0.5330 --- 0.0836
4	0.5000	± 0.2247	0.7247 --- 0.2753
5	0.2000	± 0.2247	0.4247 --- 0.0247
6	0.0000	± 0.2247	0.2247 --- 0.0000

SITIOS



ANALISIS DE VARIANZA (Cobre en Planta)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F (OBSERB)	F (ESPERADA)
				5%	1%
Sitios	5	1292.125	258.425	14.62 ***	3.33
Estratos	2	84.25	42.125	2.38	4.10
Error experimental	10	176.75	17.675	No sig.	7.56
Total	17	1553.125			

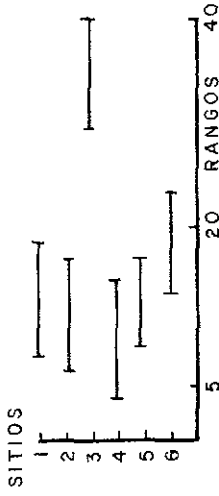
Existe diferencia significativa al 1% entre los contenidos de este elemento entre sitios. No existe diferencia significativa en la distribución de concentraciones de este elemento entre las diferentes alturas o estratos de la planta.

Para observar ahora cuáles son aquellos sitios que difieren entre sí, lo que se hace es estimar la varianza que tenemos entre sitios; ya que en este diseño la varianza se puede estimar a partir del cuadrado medio del error experimental. Así tenemos que:

$$\hat{\sigma}^2 \text{ sitios} = \frac{V_{2CM} (\text{Error experimental})}{\text{No. sitios}} = 5.407$$

Los rangos que se obtienen son:

Sitio	\bar{X}	$\hat{\sigma}$	RANGOS
1	13.5 ±	5.407	18.907 ---- 8.093
2	12.33 ±	5.407	17.737 ---- 6.923
3	35.00 ±	5.407	40.407 ---- 29.593
4	9.83 ±	5.407	15.237 ---- 4.425
5	12.83 ±	5.407	18.237 ---- 7.423
6	19.00 ±	5.407	24.407 ---- 13.593



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**