

FORMAS TOTALES Y DISPONIBLES DE ZINC, COBRE, MANGANESO,  
HIERRO Y MOLIBDENO EN SUELOS DE LA REGION  
CACAOERA DE BAHIA, BRASIL

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Charles José Leondy de Santana



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA  
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación  
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales  
Turrialba, Costa Rica  
Abril, 1971

## CONTENIDO

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUCCION . . . . .  | 1             |
| 2. REVISION DE LITERATURA . . . . .  | 4             |
| 2.1 Características del área afectada por el estudio . . . . .                       | 4             |
| 2.1.1 Suelos de la región cacnatera de Bahía; su<br>pedología y fertilidad . . . . . | 7             |
| 2.2 Distribución de micronutrientos . . . . .  | 8             |
| 2.2.1 Zinc en el suelo . . . . .   | 10            |
| 2.2.2 Cobre en el suelo. . . . .   | 12            |
| 2.2.3 Manganeso en el suelo. . . . .   | 13            |
| 2.2.4 Hierro en el suelo . . . . .   | 15            |
| 2.2.5 Molibdeno en el suelo . . . . .  | 17            |
| 2.3 Influencia del encalado en la disponibilidad de<br>micronutrientos . . . . .     | 18            |
| 2.4 Extracción y determinación de micronutrientos . . . . .                          | 19            |
| 3. MATERIALES Y METODOS . . . . .  | 23            |
| 3.1 Suelos . . . . .   | 23            |
| 3.2 Procedimiento analítico . . . . .  | 26            |
| 3.3 Análisis estadístico . . . . .   | 29            |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .  | 30            |
| 4.1 Características de los perfiles de suelos . . . . .                              | 30            |
| 4.2 Estudio preliminar de métodos . . . . .  | 30            |
| 4.3 Distribución de los micronutrientos . . . . .                                    | 31            |
| 4.3.1 Zinc . . . . .   | 31            |
| 4.3.2 Cobre. . . . .   | 36            |

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 4.3.3 Manganeso . . . . .  | 43            |
| 4.3.4 Hierro . . . . .   | 48            |
| 4.3.5 Molibdeno. . . . .   | 53            |
| 4.4 Efecto del encalado sobre contenido de micronutrimen-<br>tos . . . . . | 57            |
| 5. CONCLUSIONES . . . . .  | 70            |
| 6. RESUMEN . . . . .   | 73            |
| 7. SUMMARY . . . . .   | 76            |
| 8. LITERATURA CITADA . . . . .   | 78            |
| APENDICE . . . . .   | 86            |

## LISTA DE CUADROS

|   | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Cuadro no.  |               |
| 1. Soluciones extractoras . . . . .   | 27            |
| 2. Concentración de zinc total y disponible extraído por diferentes métodos . . . . .                                 | 32            |
| 3. Concentración de cobre total y disponible extraído por diferentes métodos . . . . .                                | 37            |
| 4. Concentración de manganeso total y disponible extraído por diferentes métodos . . . . .                            | 44            |
| 5. Concentración de hierro total y disponible extraído por diferentes métodos . . . . .                               | 49            |
| 6. Concentración de molibdeno total y disponible extraído por diferentes métodos . . . . .                            | 54            |
| 7. Influencia del encalado en las concentraciones de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno totales . . . . .     | 60            |
| 8. Influencia del encalado en las concentraciones de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno disponibles . . . . . | 61            |

## LISTA DE FIGURAS

| Figura no. |  | <u>Página</u> |
|------------|--|---------------|
| 1.         | Localización del área de estudio . . . . .   | 5             |
| 2.         | Mapa geológico del área de estudio . . . . .   | 6             |
| 3.         | Distribución de zinc disponible extraído por<br>diferentes métodos y contenidos de zinc total,<br>materia orgánica y arcilla en los suelos Itabu-<br>na, Nazaré y Valenca. . . . .           | 35            |
| 4.         | Distribución de cobre disponible extraído por<br>diferentes métodos y contenidos de cobre total,<br>materia orgánica y arcilla en los suelos Itabu-<br>na, Nazaré y Valenca. . . . .         | 42            |
| 5.         | Distribución de manganeso disponible extraído<br>por diferentes métodos y contenidos de manga-<br>neso total, materia orgánica y arcilla en los<br>suelos Itabuna, Nazaré y Valenca. . . . . | 47            |
| 6.         | Distribución de hierro disponible extraído por<br>diferentes métodos y contenidos de hierro to-<br>tal, materia orgánica y arcilla en los suelos<br>Itabuna, Nazaré y Valenca . . . . .      | 52            |
| 7.         | Distribución de molibdeno total y contenido de<br>arcilla en los suelos Itabuna, Nazaré y<br>Valenca . . . . .   | 58            |

## 1. INTRODUCCION

Los elementos minerales resultantes de la meteorización de la roca madre del suelo son generalmente movilizados por lixiviación desde la superficie hacia los horizontes inferiores. Durante ese movimiento parte de los micronutrientes pueden ser adsorbidos por los coloides del suelo, absorbidos por las raíces de las plantas o experimentan procesos de co-precipitación al combinarse con los diferentes constituyentes del suelo. De ese modo se distribuyen de una forma característica en el perfil del suelo, según el tipo de elemento y los factores edáficos que influyen más de cerca esa distribución.

El conocimiento de la geología de una región ofrece una buena indicación de los elementos que ahí pueden presentarse. Sin embargo, la asociación roca madre-elemento puede ser alterada como consecuencia de la influencia de otros factores, por ejemplo del clima, del relieve y del tipo de vegetación (26).

La estimación cuantitativa de micronutrientes en la capa arable de un suelo es un índice de su capacidad de suministro inmediato. Sin embargo es de importancia el estudio de la distribución de los micronutrientes en un suelo donde se procure relacionar formas y contenidos con algunas de las características químicas del suelo que marcadamente influyen en su distribución.

Con frecuencia se observan deficiencias de micronutrientes en suelos agrícolas explotados intensivamente, donde las prácticas de cultivos van asociadas con la aplicación intensiva de fertilizantes carentes de micronutrientes, conduciendo casi siempre a una disminución en la disponibilidad y el agotamiento de las reservas potenciales

del suelo. Por otra parte, la reacción del suelo influye en la disponibilidad de los micronutrientes que se comportan diferentemente frente al encalado y a los cambios del pH.

La distribución de micronutrientes en el suelo ha sido estudiada con cierto énfasis, en regiones templadas y subtropicales, especialmente en los Estados Unidos donde Beeson citado por Hodgson (36) y Berger (7) han preparado mapas descriptivos de las áreas con suelos deficientes en micronutrientes.

En América Latina la investigación en ese campo asume un aspecto crítico, especialmente en Brasil donde los estudios de la distribución de los micronutrientes de mayor interés agrícola, son casi inexistentes.

En la región cacaotera de Bahía, Brasil, se han realizado recientemente una serie de trabajos de reconocimiento y caracterización de los suelos de mayor importancia agrícola, donde se encuentra información de la distribución de los macronutrientes en el perfil (60).

Es posible que dichos suelos posean todos los micronutrientes esenciales para el crecimiento y producción de las plantas, pero no se tiene seguridad de que las plantas las están aprovechando en cantidades adecuadas.

Debido a la falta de información acerca de la presencia de micronutrientes en los suelos de la región Sur de Bahía, se hace necesario conocer su distribución en esos suelos, sus formas y contenidos para así poder caracterizar su potencialidad y servir de información básica para una utilización agrícola racional.

El presente estudio realizado en condiciones de laboratorio en muestras de ocho suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil, tu-

vo como objetivos:

- a. Determinar los contenidos totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno, en muestras de ocho perfiles de suelos de la región cataotera de Bahía, Brasil.
- b. Evaluar el efecto del encalado en las formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en ocho muestras compuestas obtenidas a una profundidad de (0 - 20 cm) y pertenecientes a los ocho perfiles estudiados.
- c. Estudiar las relaciones existentes entre la distribución de los micronutrientes estudiados con los contenidos de arcilla y de la materia orgánica.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Características del área afectada por el estudio

Los suelos estudiados corresponden a una región que comprende una área aproximada de 81.000 km<sup>2</sup> (Figura 1) localizada al Sur del Estado de Bahía, Brasil, con alturas que varían desde pocos metros hasta más de 400 metros sobre el nivel del mar. Su relieve se considera entre plano a ondulado (60). Según el clima esta área se puede dividir en dos regiones marcadas: la húmeda, en la faja litoral, con precipitación anuales superiores a 1.000 mm y la otra en el interior, más seca con una precipitación de 600 mm. Mapas climáticos elaborados por Raymundo Andrea, según Olmos y colaboradores (60) indican que esa región se encuentra bajo los tipos climáticos de la clasificación de Kopen y cuya distribución son: a) Af clima caliente y húmedo sin estación seca; b) Am transición entre Af y Aw, clima de bosque lluvioso caliente y húmedo, con estación seca compensada por los totales elevados y c) Aw clima caliente y húmedo con estación seca en el invierno. La temperatura anual media es superior a 23<sup>o</sup>C disminuyendo un poco hacia el Sur, con pequeñas diferencias anuales (60).

Según el mapa geológico de Brasil elaborado por A. R. Longo y señalado por Olmos y colaboradores (60), la geología de esa región presenta la secuencia estratigráfica siguiente (Figura 2):

- a. Pre-Cámbrico CD, formado por gneiss magmatíticos, rocas metamórficas y rocas ígneas ácidas y básicas;
- b. Pre-Cámbrico B, formado por rocas cuarzosas con tendencias sericiticas; y filitas también con tendencias sericiticas;

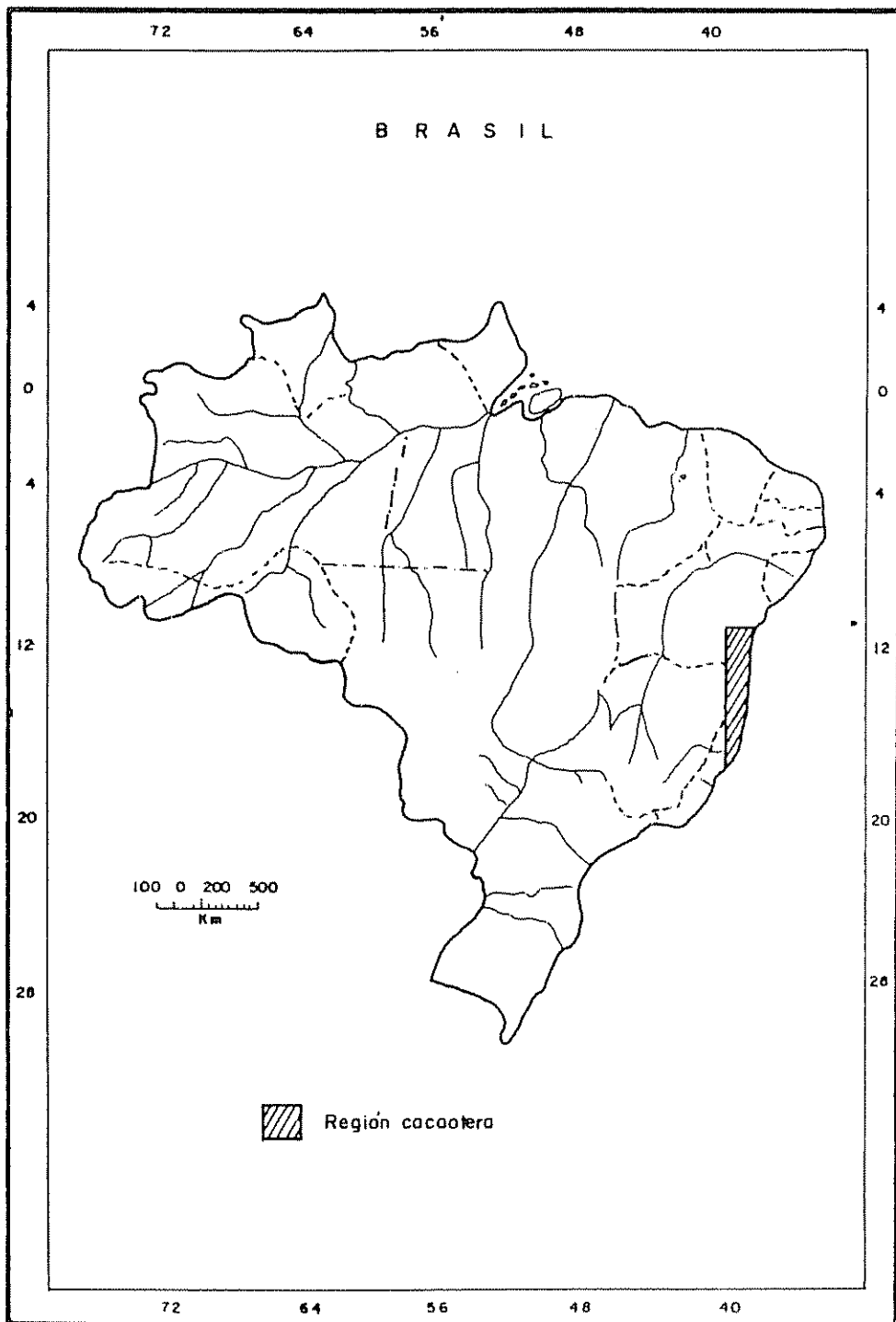


Fig. 1 Localización del área de estudio

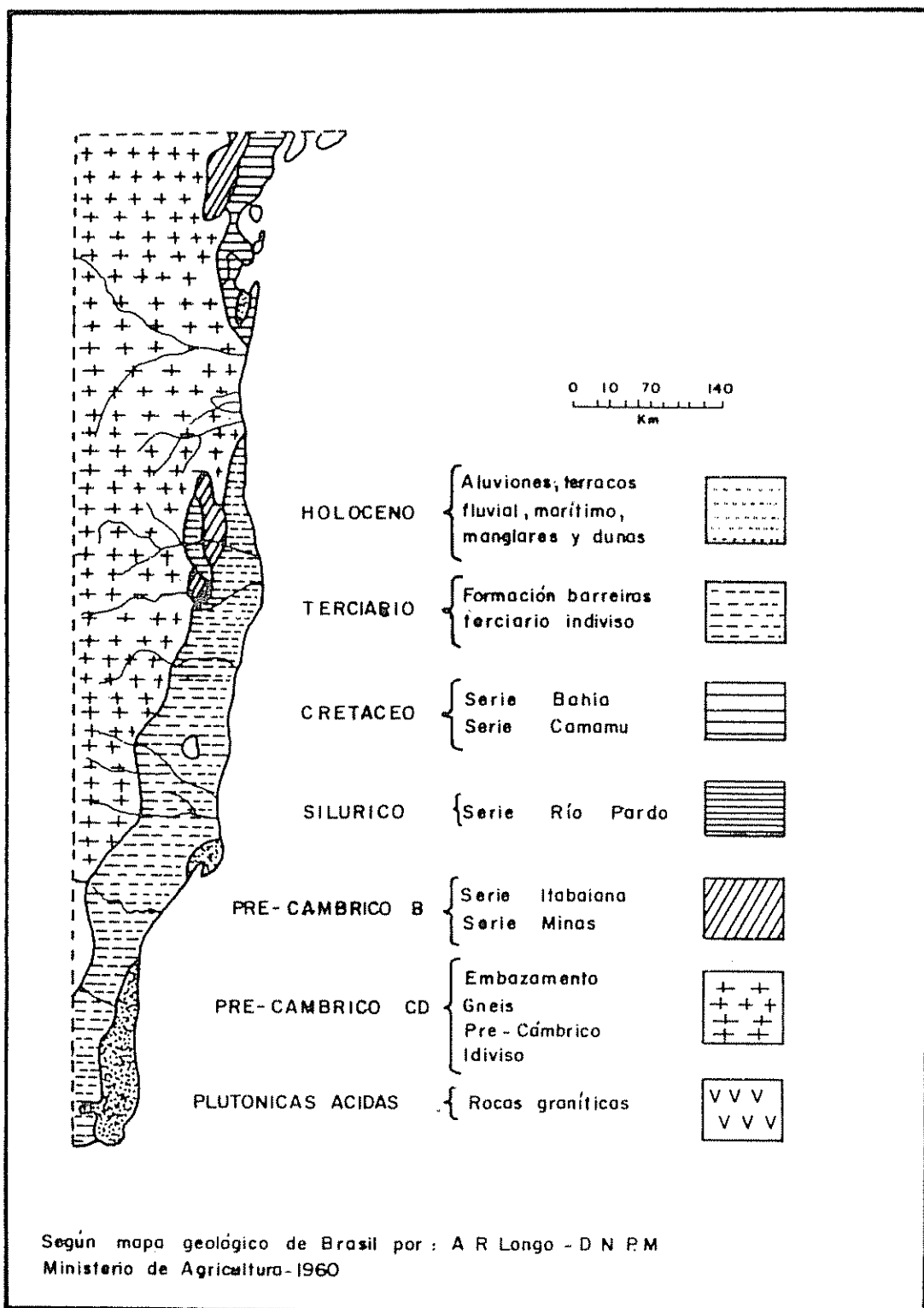


Fig. 2 Mapa geológico del área de estudio

- c. Pre-Cámbrico A, formado por conglomerados y filitas;
- d. Silúrico, formado por rocas calcáreas;
- e. Cretáceo, formado por láminas, areniscas y rocas calcáreas;
- f. Terciario, formado por sedimentos de textura variada y
- g. Holoceno, formado por aluviones, bajíos, manglares y Dunas.

La geología de la región no es muy compleja, según se puede observar en el mapa geológico (Figura 2) donde las formaciones Pre-Cámbricas CD y Terciarias se encuentran distribuidas en gran parte del área. Las demás formaciones ocurren en áreas reducidas.

#### 2.1.1 Suelos de la región cacaotera de Bahía; su pedología y fertilidad.

Silva y colaboradores (77) señalan que los suelos de cacao de Bahía son en general originados de la descomposición de rocas del complejo cristalino (Pre-Cámbrico), sean de materiales transportados de áreas vecinas o de la meteorización de la roca madre in situ.

Estos suelos poseen, generalmente, una buena reserva de minerales predominando las concreciones ferruginosas con bajo contenido de cuarzo, elementos minerales disponibles fácilmente adsorbidos en el horizonte A, además de elementos minerales primarios poco meteorizados en los horizontes inferiores tales como: plagioclasas, anfíboles olivinos y micas.

Los trabajos básicos de génesis de los suelos de esta región fueron prácticamente iniciados por Olmos y colaboradores (60) con un levantamiento preliminar de los principales tipos de

suelos que ocurren en la región. Posteriormente Silva y colaboradores (77, 78) los caracterizaron física y químicamente en unidades para fines de levantamiento bajo la denominación provisoria de CEPEC, Itabuna, Hidromórfico, Rio Branco, Itamirin, Nazaré, Valenca y Colonia (60, 77, 78). De acuerdo con la 7a. Aproximación (89), estos suelos se encuentran clasificados en los órdenes siguientes: Alfisol (Itabuna y CEPEC); Ultisol (Nazaré); Inceptisol (Rio Branco); Vertisol (Itamirin); Oxisol (Valenca y Colonia). El suelo Hidromórfico, aún no está clasificado.

El estudio de la fertilidad de estos suelos, se inició con un levantamiento de los recursos naturales para fines de fertilización (10). Sampaio (71) estudió la disponibilidad de elementos mayores, indicando que algunos de los suelos estudiados presentaban baja fertilidad.

Investigaciones más intensivas sobre el estado nutricional de estos suelos fueron reiniciados en el año de 1964, cuando se instalaron en varios puntos de la región ensayos biológicos del tipo de microparcelas de maíz (3, 17) a la par de experimentos de fertilización en plantaciones de cacao (16).

## 2.2 Distribución de micronutrientes

La fertilización eficiente con micronutrientes requiere de conocimientos concretos sobre las formas y contenidos de esos elementos en un suelo. La presuposición de que dichos elementos no son necesarios puede ser muy perjudicial a una explotación agrícola si uno o varios micronutrientes se encuentran en cantidades críticas para las necesi-

dades del cultivo. Por otro lado su aplicación indiscriminada a un suelo puede causar efectos tóxicos en las plantas.

Millar y Turk (55) señalan que los casos de exceso de micronutrientes en los suelos son muy raros, siendo más frecuentes casos de deficiencias y éste es debido en la mayoría de los casos a la explotación continuada del suelo por las plantas, uso de variedades mejoradas, aplicación de abonos sin micronutrientes, sumados a la meteorización y arrastre de esos elementos por lixiviación que agrava todavía las deficiencias. Según los mismos autores la función que ejercen los micronutrientes en las plantas son de naturaleza estructural o fisiológica en la siguiente forma:

- a. Constituyentes de los tejidos vegetales;
- b. Catalizadores o estimuladores de los procesos metabólicos;
- c. Reguladores de los procesos de acidez de las plantas;
- d. Participantes en los procesos de oxi-reducción;
- e. Influyentes de los procesos de osmósis;
- f. Crean un ambiente favorable al desarrollo del sistema radical, y
- g. Interfieren en la absorción de otros elementos por la planta.

Las interacciones verificadas entre micronutrientes entre sí y los macronutrientes son de máxima importancia en el aprovechamiento de los mismos por la planta. Así, de acuerdo con Mehlich y Drake (52) las interacciones más frecuentes entre micronutrientes y entre éstos y los macronutrientes, son las que se describen a continuación:

- a. El cobre neutraliza la toxicidad del zinc y del molibdeno, regula la absorción de hierro y manganeso por las plantas, estimula los procesos de nitrificación por los microorganismos y aumenta el contenido de nitrógeno en las plantas;
- b. El hierro deprime la absorción de manganeso por la planta;
- c. Un exceso de manganeso aumenta la absorción de hierro;
- d. Los fosfatos favorecen la absorción de hierro y manganeso y deprime la absorción de zinc, y
- e. Los sulfatos disminuyen la absorción de molibdeno por las plantas.

#### 2.2.1 Zinc en el suelo

La abundancia de zinc en la corteza terrestre es de 80 ppm (82), su contenido en los suelos es de 40 ppm aproximadamente con un rango para la mayor parte de los suelos agrícolas entre 10 a 200 ppm (56).

Según Hodgson (36) en rocas básicas el contenido promedio de zinc es de 130 ppm, en rocas ácidas 60 ppm y en rocas sedimentarias 80 ppm.

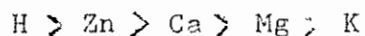
De acuerdo con Sauchelli (73) el zinc se encuentra en el suelo formando complejos orgánicos o combinado con varios minerales del suelo, en posiciones de intercambio con los coloides del suelo y en equilibrio dinámico con la fracción existente en la solución del suelo.

Powers y Pang (63) observaron que en suelos con reacción alcalina, el contenido de zinc era generalmente menor que en suelos de reacción ácida o neutra.

Numerosos estudios han demostrado que el zinc es adsorbido

por varios tipos de arcillas y también por carbonatos de calcio y magnesio. Nelson y Melsted (59) indican que las arcillas minerales retienen el zinc con diferente intensidad, así arcillas del tipo 2:1 retienen más zinc que aquellas del tipo 1:1. Estos autores creen que la causa del empobrecimiento de zinc en suelos de los trópicos húmedos sea debido a la predominancia de arcillas del tipo 1:1. Basado en el mismo concepto Tisdale y Nelson (85), señalan que el zinc es adsorbido por la superficie de carbonatos de calcio y magnesio, siendo el zinc más fuertemente fijado por el  $MgCO_3$  que las dolomitas y calcitas. Se cree que éso es debido a un intercambio de iones de zinc por iones de magnesio ya que ambos tienen un radio iónico muy semejante (24). Eso quizás sea la razón de la baja disponibilidad de zinc en suelos calcáreos o en suelos encalados.

Con base en estudios realizados en Illinois, Tisdale y Nelson (85) sugieren que la retención de zinc por los coloides del suelo en relación con otros cationes presentarían el siguiente esquema:



Estos mismos autores señalan que el zinc adsorbido por los coloides del suelo saturados de  $H^+$  puede ser fácilmente extraído con  $NH_4OAc$ , 1 N en cambio si en la superficie del coloide hay calcio adsorbido, sólo una parte del zinc será extraída. Sin embargo, en esta última condición el zinc puede ser completamente extraído si se usa el  $HCl$ , 0,1 N.

El zinc es un elemento mineral que se mueve muy poco en el perfil del suelo (39, 73). Barrows y colaboradores (6) se-



ñalan que el movimiento del zinc varía con la textura del suelo disminuyendo de suelos arenosos a francos.

Hibbard (35), en muestras de suelos de California encontró que la mayor concentración de zinc ocurría en la capa arable del suelo, siendo esa concentración mayor en suelos ricos en materia orgánica, debido a la retención de gran parte del zinc por la misma. Contrariamente, Tucker y Kurtz (87) al extraer zinc de diferentes suelos a través de una oxidación previa de la materia orgánica, obtuvieron concentraciones pequeñas de zinc y concluyeron que gran parte del zinc no se encontraba asociada a la materia orgánica.

Algunos autores han procurado asociar la distribución del zinc del suelo con el material original. Así Torne y colaboradores (84) y Sauchelli (73) indican un mayor contenido de zinc en suelos originados de rocas calcáreas que en los originados de gneiss o cuarzita, mientras en los suelos de origen aluvial, hay más zinc que en los suelos originados de pizarras.

En el Cuadro 6 del apéndice se presenta la distribución de zinc en sus formas totales y disponibles de algunos suelos de diferentes orígenes, estudiados por diferentes autores (12, 27, 35, 37, 48, 65, 69, 95).

#### 2.2.2 Cobre en el suelo

El contenido de cobre en el suelo oscila entre 2 y 100 ppm (81, 85) y su contenido promedio en suelos agrícolas es de 20 ppm (36). Se presenta en el suelo en forma de iones  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Cu}^+$ . Esta última es la más fácilmente disponible

para las plantas, estando tal disponibilidad relacionada a un pH bajo (32).

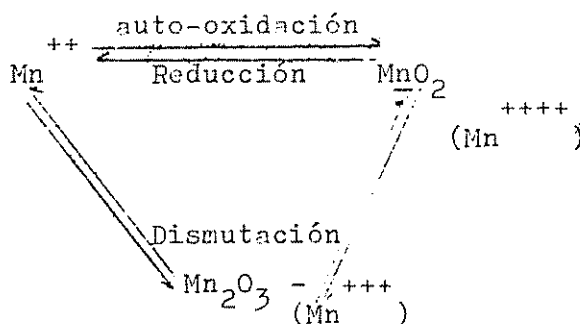
La materia orgánica retiene el cobre con mayor intensidad que las arcillas minerales, formando complejos organometálicos con ácidos húmicos y fúlvicos (85). De acuerdo con Tisdale y Nelson (85), los suelos orgánicos o suelos minerales ricos en materia orgánica son los más deficientes en cobre.

En el Cuadro 7 del apéndice se presenta la distribución de cobre en sus formas totales y disponibles de algunos suelos de diferentes regiones, estudiado por diferentes autores (12, 27, 37, 50, 53, 65, 69, 83).

### 2.2.3 Manganeso en el suelo

De acuerdo con Goldschmidt (33) el manganeso constituye el 0,09 por ciento de la corteza terrestre. Su contenido total en suelos varía de trazas a cerca de 7 por ciento, dependiendo del material de origen y del clima (73).

El manganeso puede estar presente en el suelo en formas di, tri y tetravalentes. Se considera como útil para las plantas solamente la forma divalente o reducida, aunque las plantas también puedan aprovechar las otras dos formas (85). Se cree que entre estas formas existe un equilibrio dinámico (23) según el esquema siguiente:



Leeper (45) indica que el manganeso es absorbido por las plantas en forma de ión  $Mn^{2+}$  el cual se encuentra en la solución del suelo en equilibrio con el complejo de cambio y que la reacción del suelo regula su disponibilidad. Este mismo autor indica que en suelos bien aireados y con pH entre 6,0 y 7,5 los microorganismos del suelo pueden oxidar la forma divalente del manganeso, siendo este proceso muy rápido. El proceso inverso ocurre en suelos mal drenados. La forma trivalente puede también ser reducida por reacción directa con la materia orgánica o por procesos biológicos.

En suelos alcalinos gran parte del manganeso del suelo se puede encontrar en la forma trivalente, siendo considerado el primer producto de oxidación del manganeso divalente en el suelo (23). Mientras que la alcalinidad y aireación del suelo favorece su oxidación, la acidez del suelo y una aireación deficiente aumenta la cantidad de  $Mn^{2+}$  (73). De igual manera sales de hierro inducen a la reducción del  $Mn^{3+}$  y  $Mn^{4+}$  a la forma divalente.

De acuerdo con Leeper (45) los factores que influyen más de cerca en la distribución del manganeso en el perfil del suelo son:

- a. meteorización de los minerales primarios del suelo y descomposición de la materia orgánica;
- b. movilización del manganeso divalente en las aguas de drenaje;
- c. equilibrio entre el  $Mn^{++}$  de la solución del suelo y el  $Mn^{++}$  adsorbido al complejo de cambio del suelo;
- d. absorción del  $Mn^{++}$  por las raíces de las plantas;
- e. oxidación de la forma manganesa a la mangánica;
- f. paso de la forma mangánica a la mangosa;
- g. reducción de la forma mangánica a la inerte y
- h. utilización de las formas mangánicas por las plantas y microorganismos.

Karin y colaboradores (43) al estudiar diferentes tipos de suelos

del Pakistán, observaron que la mayor concentración de manganeso total ocurría en la superficie del suelo, disminuyendo progresivamente con la profundidad. El relacionó tal distribución con la distribución de la materia orgánica en el perfil. Estos mismos autores señalan una correlación estrecha entre manganeso disponible y porcentaje de materia orgánica, pero ninguna asociación con los demás constituyentes del suelo. Por otro lado Sánchez y Díaz (72) encontraron una buena asociación entre el manganeso disponible y la acidez del suelo siendo que a medida que aumentaba el pH, el contenido de manganeso disponible disminuía.

En el Cuadro 3 del apéndice se presenta la distribución de manganeso en sus formas totales y disponibles de algunos suelos de diferentes regiones, estudiado por diferentes autores (12, 27, 29, 68, 75, 83, 94, 95).

#### 2.2.4 Hierro en el suelo

De acuerdo con Goldschmidt (33) el hierro constituye aproximadamente el 5 por ciento de la corteza terrestre. El contenido de hierro total en suelos varía de 200 ppm a más del 10 por ciento (85).

En rocas básicas el contenido promedio de hierro es de aproximadamente 8,6 por ciento en rocas ácidas 2,7 por ciento y en rocas sedimentarias 3,3 por ciento (36). El hierro del suelo proviene de los minerales primarios como hornblenda, biotita y clorita y de los minerales secundarios como óxidos e hidróxidos (73).

Bould y Hewitt (11) señalan que el contenido de  $Fe_2O_3$  total de suelos de áreas templadas varía de 2 al 6 por ciento, mientras que en latosoles de zonas tropicales es cerca de 60 por ciento.

En condiciones de oxidación, el hierro libre se presenta en forma trivalente, mientras que en condiciones de reducción (bajo contenido de  $O_2$  o humedad excesiva) el hierro se presenta en forma divalente (20). Del mismo modo, Sánchez y Dios (72) señalan que la forma reducida se encuentra presente en el complejo de cambio, mientras que la forma oxidada que puede estar también en forma de óxidos hidratados como iones monovalentes  $(Fe(OH)_2^+)$  y divalentes  $(Fe(OH)_2^2)$  adsorbidas con frecuencia en la superficie de los coloides del suelo o formando complejo con los ácidos húmicos.

Según Kliman (44) la mejor disponibilidad de hierro para las plantas corresponde a la forma ferrosa, mientras que la forma ferrica es muy poco asimilable. Se cree que ésta es reducida por acción de la materia orgánica o de los microorganismos del suelo, antes de ser absorbida por las plantas.

El hierro de la capa arable de los suelos agrícolas casi siempre se encuentra en el estado oxidado lo que puede conducir a una deficiencia de hierro para la planta (54).

Tisdale y Nelson (85) señalan que un alto contenido de ión bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) en el suelo aumenta la solubilidad del fósforo el cual interfiere en el metabolismo del hierro en la planta. Se cree que altas concentraciones de fósforo causan la deposición de hierro dentro o en la superficie de la raíz. Sin embargo, si el hierro es suministrado en forma de quelato, aparentemente éste fenómeno no ocurre y el hierro es trasladado normalmente dentro de la planta.

La distribución de hierro en el perfil de suelos minerales

puede estar asociado con arcillas minerales depositadas durante los procesos de formación y desarrollo de los suelos. En el caso del hierro éste puede estar asociado mayormente con la distribución de los óxidos hidratados de hierro y aluminio (56).

En el Cuadro 9 del apéndice se presenta la distribución de hierro en sus formas totales y disponibles de diferentes regiones, estudiada por diferentes autores (12, 29, 30, 72, 83).

### 2.2.5 Molibdeno en el suelo

En la corteza terrestre el molibdeno se presenta con sólo 2,3 ppm (73, 85) mientras que en los suelos su contenido es de 2 ppm, con un rango de 0,4 a 3,0 ppm para la mayor parte de los suelos agrícolas (5).

Hodgson (36) indica para rocas básicas un contenido de molibdeno de 1,4 ppm, para rocas ácidas 1,9 ppm y para rocas sedimentarias 2 ppm.

Según Dobrinskaya citado por Hodgson (36), son tres las formas en que suele presentarse el molibdeno en el suelo: a) constituyente de la estructura cristalina de minerales primarios; b) ión  $\text{MoO}_4^{2+}$  adsorbido a los coloides minerales del suelo y c) asociado a la materia orgánica del suelo.

De estas formas la más importante es la segunda ya que como ión  $\text{MoO}_4^{2+}$  es directamente asimilable por las plantas (5). Por otro lado el molibdeno también puede ocurrir en los suelos como sales solubles de molibdeno, óxido de molibdato ( $\text{MoO}_3$ ) y óxidos reducidos tales como  $\text{Mo}_2\text{O}_5$  y  $\text{MoO}_2$  (85), existiendo un equilibrio dinámico entre las formas  $\text{MoO}_4$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Mo}_2\text{O}_5$  y  $\text{MoO}_2$ , siendo las dos primeras las más

fácilmente disponibles (4).

Jones (40, 41) en un estudio sobre la reacción del molibdeno en la superficie de los minerales secundarios del suelo, encontró que dicho elemento está fuertemente adsorbido a los óxidos hidratados de hierro y en menor grado a los óxidos de aluminio, haloisita, nontronita y caolinita. De eso se desprende que la disponibilidad del molibdeno es mayor en suelos jóvenes, decreciendo con el envejecimiento del suelo (31). El anión molibdato sustituye a los iones OH<sup>-</sup> en el complejo de cambio del suelo del mismo modo como lo hacen los aniones fosfatos. Esto explica porque el encalado aumenta la disponibilidad del molibdeno en suelos ácidos.

Según Gallego y Fernández (29) y Gallego y Jolin (31) la distribución del molibdeno en el perfil del suelo está asociado con la presencia y distribución de óxidos hidratados de hierro, de manganeso y materia orgánica.

En el Cuadro 10 del apéndice se presenta la distribución de molibdeno en sus formas totales y disponibles de algunos suelos de diferentes regiones, estudiado por diferentes autores (12, 27, 29, 30, 50, 53, 83, 95).

2.3 Influencia del encalado en la disponibilidad de micronutrientes.

La reacción del suelo es una función de la concentración de iones hidrógeno, la actividad del aluminio cambiante, las cantidades de hierro libre y porcentaje de saturación de bases (47, 51).

La práctica del encalado reduce los niveles tóxicos de aluminio en el suelo (2, 28, 46) y su efecto en la neutralización del

suelo es notorio. Sin embargo, el proceso de neutralización varía en función del tiempo.

El comportamiento de los micronutrientes frente al encalado y las respectivas variaciones del pH son muy irregulares pues como señala Tisdale y Nelson (85) al aumentar la acidez del suelo, aumenta la disponibilidad de zinc, cobre, manganeso y hierro, pero en cambio con la neutralización del suelo el molibdeno aumenta su disponibilidad.

La influencia del pH en la disponibilidad de los micronutrientes cuando extraído por extractores químicos o absorbidos por las plantas ha sido discutido por varios autores (36, 73, 85, 86). Sin embargo una serie de otros factores además del pH puede influir tal disponibilidad, favoreciendo a una mayor o menor adsorción o precipitación.

De acuerdo con Hodgson (36) las cantidades de cobre y zinc extraídas por soluciones débiles, son mucho menores que aquellas utilizadas por las plantas, en condiciones de pH alto. Se cree que la mayor utilización por las plantas es debido a alteraciones en ciertas características del suelo como consecuencia del encalado. Por otra parte las cantidades y formas de los micronutrientes presentes en el suelo son el factor más importante en la extracción que propiamente los cambios de pH.

#### 2.4 Extracción y determinación de micronutrientes

La cantidad de un elemento extraído por diferentes extractores varía en función de la capacidad extractora de la solución usada, tipo de suelo, tiempo de contacto, etc.



Numerosos investigadores indican que soluciones de sales neutras extraen pocos o ninguno de los micronutrientes. Nelson y colaboradores (58) y Brown (13) no encontraron correlación significativa entre el zinc extraído por soluciones de sales neutras y la respuesta del cultivo.

Soluciones de sales neutras extraen muy poco cobre disponible aún en suelos con altos contenidos de cobre residual acumulado por su uso continuado. Eso es confirmado por Peech (62) y Sauchelli (73) quienes creen que el zinc y el cobre cuando se extraen con  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N puede formar complejos con el amoníaco. Por otra parte Fiskel (25) señala que el cobre extraído por el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8 puede ser satisfactorio como índice de cobre disponible en el suelo.

Según Viets y Boawn (93) la extracción del zinc disponible aumenta con la disminución del pH de la solución extractora, o con el uso de sustancias complejantes como el EDTA o ditizona.

En el caso del hierro Peech (62), señala que cuando extraído con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  a pH 7,0 puede formar acetato de hierro insoluble limitando en mucho su eficacia como extractor de este elemento, pero en cambio, con el  $\text{Na}_2\text{OAc}$  a pH 4,8 no hay formación de complejos insolubles.

Sherman y Fujimoto (74) y Peech (62) encontraron una correlación estrecha entre el contenido de manganeso extraído por el  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N a pH 7,0 y la reacción del suelo y concluyeron que el valor obtenido representaba la cantidad real de manganeso cambiante existente en la muestra. En cambio las cantidades de manganeso extraídas con el  $\text{Na}_2\text{OAc}$ , 1 N a pH 4,8 fueron superiores a los valores obtenidos con el  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N a pH 7,0, pero en cambio no hubo correlación con la reacción del suelo. Eso quizás sea resultado de una reducción de los ácidos

de manganeso a la forma divalente en presencia de la materia orgánica del suelo, durante el proceso de extracción.

De los métodos propuestos para evaluar el molibdeno disponible tales como oxalatos, fosfatos y acetatos, el oxalato fue el único método que mostró resultados concordantes con la respuesta biológica del suelo (34).

Walsh y colaboradores citados por Anderson (5), en un estudio de muestras de suelos ácidos y alcalinos usando el oxalato de amonio como extractor del molibdeno disponible, encontraron en los suelos ácidos, contenidos entre 0,4 y 0,12 ppm y de elemento total entre 0,4 a 3,5 ppm. En los suelos alcalinos los valores para el molibdeno disponible variaron de 0,2 a 0,7 ppm, mientras que el molibdeno total fueron encontradas las mismas cantidades de suelos ácidos. Eso demuestra que la disponibilidad del molibdeno es muchas veces, función de la reacción del suelo, no dependiendo directamente del contenido total.

En resumen las formas totales de los micronutrientes son generalmente extraídas con mezclas de ácidos concentrados como HF,  $H_2SO_4$ , HCl y  $HNO_3$  o por fusión con el  $Na_2CO_3$  (9, 18, 38, 91).

Las formas disponibles son generalmente extraídas con ácidos diluidos (9, 18, 38, 70), agentes complejantes como el  $Na_2$  - EDTA (90), sales neutras como el  $MgCl_2$  (38, 81) y otras soluciones neutras, (9, 70, 90).

La interferencia entre elementos, en el análisis por espectrofotometría de absorción atómica, afecta la concentración real de di-

cho elemento. Existen varios estudios sobre este problema (19, 42, 64, 79).

El oxidante comúnmente recomendado en el análisis del molibdeno es el aire (67). Sin embargo, Amos y Willis citados por Slavin (79) recomiendan el uso del óxido nitroso-acetileno. Estos autores creen que una baja temperatura de la llama no provee suficiente cantidad de átomos de molibdeno libres en la llama. Khan (42) y Willis (96) señalan que determinados elementos como el molibdeno, bario y cromo no son disociados completamente en la llama cuando se usa como combustible la mezcla aire-acetileno.

### 3. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación fue realizada en los laboratorios del Departamento de Cultivos y Suelos del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación -CTEI- Turrialba, Costa Rica, utilizando los materiales y métodos que se describen a continuación:

#### 3.1 Suelos

Se utilizaron muestras de suelos de ocho perfiles representativos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Las muestras fueron tomadas por técnicos del sector de Pedología del Centro de Investigaciones de Cacao (CEPLAC), Bahía, Brasil y cedidos para la presente investigación. En cada perfil se obtuvieron de 6 a 7 muestras, correspondiendo cada muestra a un horizonte típico.

Para estudiar el efecto del encalado se utilizaron muestras compuestas de suelos obtenidas a la profundidad de 0 - 20 cm y de los mismos lugares donde fueron preparados los ocho perfiles. De cada una de esas muestras una parte recibió una mezcla de óxidos de calcio y magnesio en la proporción de 4:1 (15), siguiendo la técnica descrita por Abruña y Vicente de manera a obtener un pH cercano a 7,0. Posteriormente, las muestras con cal y sin cal fueron incubadas por el espacio de 40 días, secadas al aire y tamizadas. En la totalidad de las muestras superficiales se determinaron los micronutrientes siguiendo la misma metodología usada en las muestras del perfil completo. Dichas muestras fueron analizadas con anterioridad por Cabala (15) y cuyos resultados son presentados en el Cuadro 2 del apéndice.

Los ocho perfiles fueron caracterizados con anterioridad en el Brasil, por técnicos de suelos del Centro de Investigaciones de Cacao, utilizando la técnica recomendada por Vettori (91) y cuyas características físico-químicas son presentadas en el Cuadro 1 del apéndice. Se efectuaron análisis granulométricos, humedad equivalente, contenidos totales de sesquióxidos y las relaciones de los óxidos de sílice, aluminio y hierro, pH, carbono, nitrógeno, relación C/N, bases cambiables, suma de bases, acidez cambiante, capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases.

La descripción de los suelos de acuerdo con Olmos y colaboradores (60) y Silva y colaboradores (77, 78) es la siguiente:

Suelo CEPEC. Son suelos minerales, neutros, de profundidad media, con pequeña diferencia morfológica entre horizontes, mayor porcentaje de saturación de bases, mayor capacidad de intercambio catiónico, textura arcillosa, bien drenados, erosión moderada, fertilidad natural alta, presencia de elementos minerales primarios de fácil descomposición distribuidos en el perfil. Son originados de rocas metamórficas de composición intermedia.

Suelo Itabuna. Son suelos minerales levemente ácidos, profundidad variable, mayor porcentaje de saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico menor que el suelo CEPEC, textura variable, drenaje moderado, sujetos a la erosión, la fertilidad natural varía de media a alta. Son originados de rocas gneiss de composición intermedia.

Suelo Nazaré. Son suelos minerales, levemente ácidos, profundos, porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico menor que el suelo CEPEC, textura arcillosa, bien

drenados, sujetos a la erosión fertilidad natural media a baja. Son originados de rocas metamórficas con influencia de material sedimentario.

Suelo Rio Branco. Son suelos minerales, levemente ácidos, profundidad media, porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico menor que el suelo CEPEC, textura arcillosa, bien drenados, erosión moderada, fertilidad natural baja. Son originados de rocas del complejo cristalino, de composición intermedio.

Suelo Itamirin. Son suelos minerales, neutros, profundidad media, mayor porcentaje de saturación de bases, mayor capacidad de intercambio catiónico, textura arcillosa, drenaje moderado, erosión fuerte, fertilidad natural alta. Son originados de rocas metamórficas ácidas de composición intermedio.

Suelo Valenca. Son suelos minerales, predominantemente ácidos, profundidad elevada, porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico menor que los demás suelos, pero en cambio mayor que el suelo Colonia. Textura arcillosa, bien drenados, erosión moderada, fertilidad natural baja. Son originados de rocas Pre-Cámbricas con influencia de materiales transportados.

Suelo Colonia. Son suelos minerales, predominantemente ácidos, profundidad elevada, menor porcentaje de saturación de bases que el suelo Valenca, menor capacidad de intercambio catiónico que los demás suelos, textura arcillosa, bien drenados, fertilidad natural baja. Son originados de sedimentos del terciario.

Suelo Hidromórfico. Son suelos con tendencia de acumular materia orgánica, resultante de la influencia de la capa freática cer-

ca de la superficie, profundidad variable, presencia de horizonte gley, porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico menor que el suelo CEPEC, mal drenados, fertilidad natural variable. Son originados de materiales aluvionales y coluvios-aluvionales transportados del holoceno.

### 3.2 Procedimiento analítico

Para la determinación de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en sus formas totales y disponibles se vio conveniente elegir diferentes métodos de extracción ya que no existe un método que sea específico para todos los micronutrientes analizados.

Los métodos analíticos utilizados en las determinaciones fueron adaptados de los métodos originales de Ulrich (88); Jackson (38); Fiskel (25); Rubstein (69); Saiz del Rio y Bernemisza (70) y Verigina (90). Los métodos utilizados en los análisis son descritos en detalles en el apéndice.

Las soluciones extractoras propuestas para el análisis de los micronutrientes estudiados son presentados en el Cuadro 1.

Se considera el término disponible como la forma del elemento extraído por soluciones extractoras débiles tales como HCl, 0,1 N;  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N;  $\text{Na}_2$  - EDTA, 1 por ciento etc., o sea la forma que puede ser fácilmente absorbida por las plantas. Será usado en el transcurso de la presente investigación este término.

Para la determinación de los elementos en el extracto del suelo se utilizó el espectrómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo 303), y cuyas condiciones de operación son presentadas en el Cuadro 3 del apéndice).

Cuadro 1. Soluciones extractoras

| Solución extractora   | Elemento determinado |    |    |    |    |  |  | Referencia                         |
|---|----------------------|----|----|----|----|--|--|------------------------------------|
|   | Zn                   | Cu | Mn | Fe | Mo |  |  |                                    |
| HCl, HClO <sub>4</sub> , HNC <sub>3</sub> y H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentradas | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Ulrich : Zn (88)                   |
| HClO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                       | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Jackson: Zn y Cu (38)              |
| HCl 0,1 N   | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Viets y Brown: Zn (93)             |
| Na <sub>2</sub> - EDTA 1 por ciento   | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Rubsteins : Zn y Cu (69)           |
| NH <sub>4</sub> OAc, 1 N a pH 7,0   | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Saiz del Rio y Bornemisza: Fe (70) |
| NH <sub>4</sub> OAc, 1 N a pH 4,8   | +                    | +  | +  | +  | +  |  |  | Chapman y Pratt: Mn. (18)          |
|   |                      |    |    |    |    |  |  | Verigina : Zn (90)                 |

+ Elemento analizado

++ Autor y elemento estudiado



Con el propósito de determinar interferencias en los análisis de Zn, Cu, Mn, Fe y Mo, se estudiaron los posibles efectos de Ca, Mg, K, Al, P y S, en concentraciones de Zn (2ppm), Cu (2 ppm), Mo (2 ppm), Mn (20 ppm), y Fe (20 ppm), consideradas como más frecuentes en una curva patrón.

Se prepararon soluciones conteniendo cada uno de los micronutrientes y elementos interferentes. Seguidamente se prepararon mezclas conteniendo los 5 micronutrientes, añadiendo los elementos interferentes, individualmente y en las concentraciones indicadas (Cuadro 4 del apéndice). Se prepararon además soluciones conteniendo cada micronutriente aislado, en la concentración de estudio. Se determinaron Zn, Cu, Mn, Fe, y Mo por absorción atómica en las diferentes disoluciones. La absorción de cada micronutriente aislado y en ausencia de elemento interferente fue considerada como 100 por ciento de absorbencia.

En la segunda parte de este estudio se procuró observar el efecto del óxido nítrico como oxidante comparado con aire, en la determinación del molibdeno.

Todos los resultados analíticos obtenidos fueron ajustados con relación a la humedad de las muestras secadas al aire, utilizando el factor  $f$  propuesto por Vettori (91) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$f = \frac{TFSA}{TFSE}$$

donde:  $f$  = factor de corrección para suelo secado a  $105^{\circ} - 110^{\circ}C$   
TFSA = Suelo secado al aire  
TFSE = Suelo secado al horno

### 3.3 Análisis estadístico

Los datos básicos de esta investigación fueron procesados en el Centro de Cálculo Electrónico de la Universidad de Costa Rica con el auxilio de una Computadora IBM, Modelo 1620, siendo ensayados los modelos matemáticos siguientes:

- a. Cambio de la concentración de los elementos estudiados en el perfil del suelo usando el modelo de regresión geométrica:

$$Y = B_0 B_1^x$$

donde:

$B_0$  = Constante

$B_1$  = tasa geométrica de cambio de concentración

- b. Análisis de correlación entre distribución de elementos en el perfil y contenido de arcilla y materia orgánica.
- c. Análisis de variancia conjunta de los ocho suelos para diferenciación de suelos, métodos y efecto del encalado. Posteriormente se efectuaron comparaciones de clases usando la prueba de Duncan.

El análisis de variancia y su interpretación se describen con detalles en la parte de resultados y discusión.

#### 4. RESULTADOS Y. DISCUSION

##### 4.1 Características de los perfiles de suelos

En el Cuadro 1 del apéndice se indican las características físicas y químicas de los ocho perfiles estudiados. La discusión detallada de la misma fue efectuada previamente por Cabala (15) en su tesis.

Son suelos que presentan pH entre 4,0 y 5,0 en KCl 1 N; con capacidad de intercambio catiónico que varía de 9 a 12 meq/100 g, y el porcentaje de saturación de bases entre 40 y 60 por ciento. Porcentaje de saturación de bases y la acidez están de acuerdo con su clasificación, con menor porcentaje de saturación para oxisoles seguido de ultisoles. La cantidad de materia orgánica es muy variable entre 0,23 y 1,42 por ciento de C en el perfil, disminuyendo siempre en función de la profundidad. En cuanto a la textura estos suelos presentan contenidos variables de arcilla limo, y arena, con un promedio general de 36,5; 24,2 y 40,3 por ciento respectivamente. Todos estos suelos se presentan en condiciones de buen drenaje, con excepción del hidromórfico.

##### 4.2 Estudio preliminar de métodos

El efecto de algunos macroelementos en la absorción del zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno son presentados en el Cuadro 4 del apéndice.

De los resultados presentados se observan ligeras interferencias de los elementos mayores en la absorción de zinc, cobre, manganeso y hierro aunque solamente en muy altas concentraciones. En general estos resultados se aproximan a los indicados por David (19). En cuanto

al molibdeno, se observa interferencias marcadas del calcio.

Las diferencias dadas en porcentaje de absorbancia, entre la referencia y los demás tratamientos es pequeña y puede estar gobernada por sensibilidad del aparato, variación de la llama y error experimental que tiene todo método analítico.

En el Cuadro 5 del apéndice se presentan el efecto de diferentes oxidantes en la absorbancia del molibdeno. Los resultados obtenidos muestran que el uso del óxido nitroso como oxidante en vez de aire aumenta notoriamente la absorbancia del molibdeno.

Los resultados preliminares indican que las interferencias de varios macronutrientes son bajas y pueden considerarse insignificantes para propósito de este estudio.

#### 4.3 Distribución de los micronutrientes

En este capítulo se discutirá separadamente cada elemento, analizando su contenido total, forma disponible y su distribución en el perfil.

##### 4.3.1 Zinc

La cantidad de zinc total y disponible en los perfiles estudiados están presentados en el Cuadro 2.

El zinc total extraído con  $\text{HClO}_4$  60 por ciento y Ulrich varía en los diferentes suelos. Se lo encuentra en mayores concentraciones en el suelo CEPEC (alfisol), seguido por Rio Branco (Inceptisol) e Itamirin (Vertisol), mientras que concentraciones menores son observadas en el suelo Colonia (oxisol). En general los promedios para los horizontes A, B y C fueron respectivamente 40,4; 34,4 y 33,8 ppa de zinc. Comparando los dos métodos para estimar concentraciones totales se observa que el método

Cuadro 2. Concentración de Nitrógeno total y disponible extraído por diferentes métodos.

| Suelo                   | Horizonte        | Profundidad (ca) | Total, ppm <sup>1</sup> |        | Disponible, ppm |                          |                               |                               |
|-------------------------|------------------|------------------|-------------------------|--------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                         |                  |                  | HCLO <sub>4</sub> , 60% | Ulrich | HCl 0,1 N       | Na <sub>2</sub> -EDTA 1% | NH <sub>4</sub> OAc, N pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc, N pH 7,0 |
| CEPEG (Alfisol)         | A <sub>1</sub>   | 0 - 11           | 82,6                    | 86,4   | 44,8            | 32,4                     | 17,8                          | 0,3                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 11 - 20          | 69,9                    | 99,9   | 16,1            | 13,3                     | 6,0                           | 0,3                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 20 - 34          | 58,3                    | 48,6   | 9,2             | 5,4                      | 3,2                           | tra.                          |
|                         | B <sub>2</sub>   | 34 - 62          | 51,5                    | 16,2   | 4,3             | 2,2                      | 1,6                           | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 62 - 98          | 47,1                    | 37,8   | 3,9             | 1,7                      | 1,6                           | tra.                          |
|                         | C <sub>1</sub>   | 98 - 147         | 61,2                    | 43,2   | 5,4             | 1,9                      | 2,4                           | tra.                          |
|                         | C <sub>2</sub>   | 147 - 200        | 62,2                    | 27,0   | 8,1             | 1,9                      | 2,5                           | tra.                          |
| ITABUNA (alfisol)       | A <sub>1</sub>   | 0 - 7            | 24,8                    | 10,3   | 7,4             | 4,6                      | 2,4                           | 0,8                           |
|                         | A <sub>2</sub>   | 7 - 16           | 20,4                    | 25,8   | 3,3             | 2,1                      | 1,0                           | 0,3                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 16 - 27          | 19,5                    | tra.   | 3,3             | 1,4                      | 0,9                           | 0,3                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 27 - 36          | 25,2                    | tra.   | 3,1             | 1,6                      | 0,6                           | 0,2                           |
|                         | E <sub>2</sub>   | 36 - 64          | 22,2                    | tra.   | 3,2             | 1,5                      | 0,6                           | tra.                          |
|                         | C <sub>1</sub>   | 64 - 78          | 20,6                    | tra.   | 3,1             | 1,4                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | C <sub>2</sub>   | 78 - 100         | 14,3                    | tra.   | 2,9             | 1,4                      | tra.                          | tra.                          |
| NAZARE (Ultisol)        | A <sub>1</sub>   | 0 - 10           | 28,6                    | 87,6   | 3,1             | 0,4                      | 0,8                           | 0,3                           |
|                         | A <sub>2</sub>   | 10 - 18          | 36,2                    | 77,3   | 1,3             | 1,2                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>1</sub>   | 18 - 36          | 32,3                    | 77,3   | 1,6             | 0,8                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>2</sub>   | 36 - 53          | 32,6                    | 93,6   | 1,6             | 1,3                      | 0,5                           | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 53 - 82          | 26,7                    | 105,0  | 1,4             | 0,9                      | 0,2                           | tra.                          |
|                         | C <sub>1</sub>   | 82 - 137         | 24,6                    | 94,5   | 1,4             | 0,4                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | C <sub>2</sub>   | 137 - 184        | 34,3                    | 73,5   | 0,8             | 1,1                      | tra.                          | tra.                          |
| HIDROMORFICO            | A <sub>11</sub>  | 0 - 9            | 37,5                    | tra.   | 2,6             | 3,1                      | 1,4                           | 0,5                           |
|                         | A <sub>12</sub>  | 9 - 20           | 45,8                    | tra.   | 2,9             | 3,1                      | 1,5                           | 0,5                           |
|                         | A <sub>16</sub>  | 20 - 34          | 16,4                    | 10,5   | 2,4             | 2,5                      | 1,1                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>2g</sub>  | 34 - 56          | 26,0                    | tra.   | 2,3             | 2,4                      | 0,8                           | 0,2                           |
|                         | B <sub>3g</sub>  | 56 - 80          | 24,9                    | tra.   | 2,3             | 2,1                      | 0,5                           | 0,3                           |
|                         | C <sub>16</sub>  | 80 - 95          | 28,1                    | 41,6   | 3,7             | 2,5                      | 0,9                           | 0,3                           |
|                         | C <sub>2</sub>   | 95 - 120         | 28,6                    | 42,2   | 6,6             | 0,8                      | 0,9                           | tra.                          |
| RIO BRANCO (Inceptisol) | A <sub>1</sub>   | 0 - 8            | 65,5                    | 42,8   | 8,6             | 3,5                      | 0,9                           | 0,5                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 8 - 17           | 39,6                    | 68,9   | 4,2             | 1,6                      | 0,4                           | 0,3                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 17 - 30          | 26,5                    | 68,9   | 3,5             | 1,0                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>2</sub>   | 30 - 55          | 37,5                    | 37,1   | 4,2             | 0,7                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>3-C</sub> | 55 - 75          | 55,9                    | tra.   | 5,4             | 0,8                      | 0,3                           | tra.                          |
|                         | C-D              | + 75             | 55,9                    | tra.   | 6,3             | 1,4                      | 0,5                           | tra.                          |
| ITAMIRIN (Vertisol)     | A <sub>11</sub>  | 0 - 11           | 53,8                    | 87,6   | 3,4             | 4,4                      | 1,8                           | 0,3                           |
|                         | A <sub>12</sub>  | 11 - 30          | 49,1                    | 41,2   | 1,6             | 1,8                      | 1,0                           | 0,3                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 30 - 42          | 51,5                    | 15,6   | 1,4             | 1,4                      | 0,4                           | tra.                          |
|                         | B <sub>1</sub>   | 42 - 58          | 41,4                    | 64,2   | 1,4             | 0,9                      | 0,5                           | tra.                          |
|                         | B <sub>2</sub>   | 58 - 82          | 43,7                    | 43,6   | 0,8             | 0,4                      | 0,2                           | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 82 - 97          | 60,8                    | 70,8   | 1,3             | 0,4                      | 1,1                           | tra.                          |
| VALENCIA (Oxisol)       | A <sub>1</sub>   | 0 - 12           | 36,4                    | 41,2   | 1,0             | 1,6                      | 0,9                           | tra.                          |
|                         | A <sub>3</sub>   | 12 - 23          | 39,3                    | 41,6   | 0,5             | 0,5                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>1</sub>   | 23 - 58          | 38,3                    | 52,5   | 0,4             | 0,6                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>21</sub>  | 58 - 110         | 39,3                    | 52,0   | 0,6             | 0,8                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>22</sub>  | 110 - 154        | 37,4                    | 78,0   | 0,5             | 0,7                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 154 - 174        | 37,1                    | 52,5   | 0,5             | 0,7                      | tra.                          | tra.                          |
| COLOMIA                 | A <sub>11</sub>  | 0 - 16           | 35,8                    | tra.   | 1,2             | 0,9                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | A <sub>12</sub>  | 16 - 29          | 13,7                    | 10,2   | 1,4             | 1,0                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>1</sub>   | 29 - 63          | 14,1                    | tra.   | 1,4             | 3,3                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>21</sub>  | 63 - 103         | 14,1                    | tra.   | 1,4             | 0,8                      | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>22</sub>  | 103 - 130        | 21,6                    | tra.   | 1,4             | 1,0                      | 0,5                           | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 130 - 160        | 11,9                    | tra.   | tra.            | 0,4                      | 0,2                           | 0,2                           |
|                         | C                | 160 - 200        | 7,7                     | tra.   | tra.            | 0,3                      | tra.                          | tra.                          |
| PROMEDIO GENERAL        |                  |                  | 36,4                    | 37,1   | 3,9             | 2,2                      | 0,1                           | 0,1                           |
| Promedio A              |                  |                  | 40,4                    | 39,3   | 5,8             | 4,4                      | 2,0                           | 0,3                           |
| Promedio B              |                  |                  | 34,4                    | 37,4   | 2,3             | 1,3                      | 0,5                           | 0,1                           |
| Promedio C              |                  |                  | 33,8                    | 32,2   | 3,8             | 1,3                      | 0,7                           | 0,1                           |

de Ulrich extraer concentraciones menores que el HClO<sub>4</sub> 60 por ciento, siendo los valores muy variables presentando en muchos casos trazas. Esta característica se puede atribuir al método en el cual se utiliza 0,1 g de suelo, mientras que en el caso del HClO<sub>4</sub> 60 por ciento se utiliza 2 g de suelo. Sin embargo, las tendencias en distribución son muy semejantes en ambos casos.

Los valores obtenidos se hallan dentro del límite señalado por Mitchel (56), mientras que el promedio para el horizonte A está muy próximo del promedio de suelos de diferentes orígenes (40 ppm), señalado por Hodgson (36).

El cambio de concentración de zinc con la profundidad no muestra gran variación entre los suelos estudiados, exceptuando el suelo Itabuna (Alfisol) y Colonia (Oxisol). En general, la concentración cambia muy poco con la profundidad, aumentando ligeramente en algunos suelos.

Los datos encontrados para el zinc disponible extraído por cuatro diferentes métodos muestran marcadas diferencias entre las concentraciones de zinc extraídas por los acetatos y aquellas extraídas con HCl, 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento.

Los promedios generales para el zinc extraído por el HCl 0,1 N; Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento; NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 3,9; 2,2; 0,1 ppm. Se observa mayor eficiencia del HCl 0,1 N en la extracción de zinc disponible. Los bajos valores de zinc disponible obtenidos con el NH<sub>4</sub>OAc, 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 se debe quizás a una baja capacidad extractora de estas sales o debido a la formación de algún complejo de zinc con

el amonio, insoluble, como señala Peech (62).

Por otro lado, el pH de la solución extractora afecta marcadamente la cantidad extraída conforme se observa en el caso de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8 y a pH 7,0. Esto demuestra la mayor extracción debido al HCl 0,1 N. Los valores promedios de Zn extraído por HCl 0,1 N para los horizontes A, B y C son respectivamente 5,8; 2,3 y 3,8 ppm.

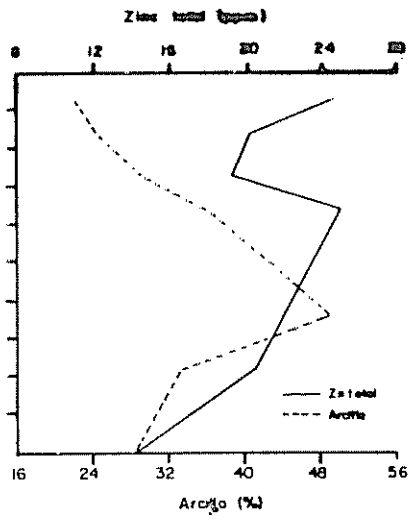
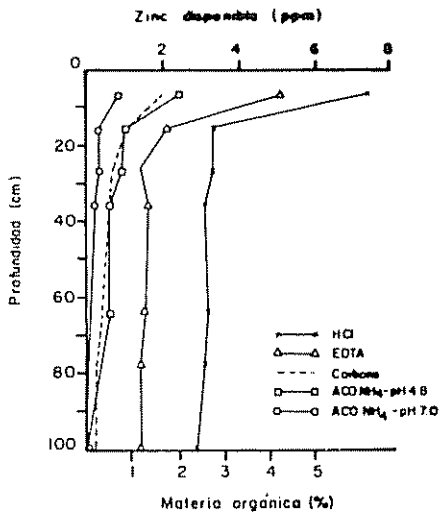
En cuanto a la distribución en el perfil se observa en general una concentración máxima del zinc disponible en el horizonte A, disminuyendo en el B, con tendencias de aumentar con la profundidad. Posiblemente la mayor concentración de zinc disponible en la superficie de esos suelos esté fuertemente asociada con la materia orgánica.

Los coeficientes de correlación lineal calculados entre el zinc total extraído por  $\text{HClO}_4$  60 por ciento y el zinc disponible extraído por HCl 0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento son presentados en los Cuadros 17 a 24 del apéndice.

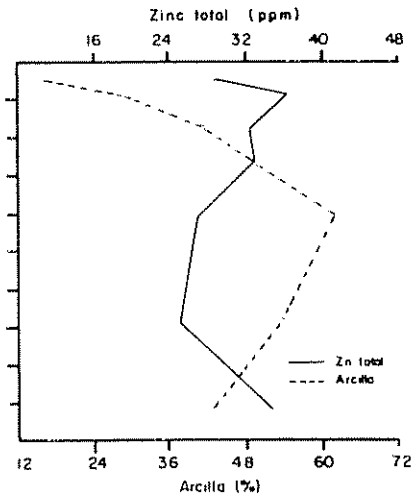
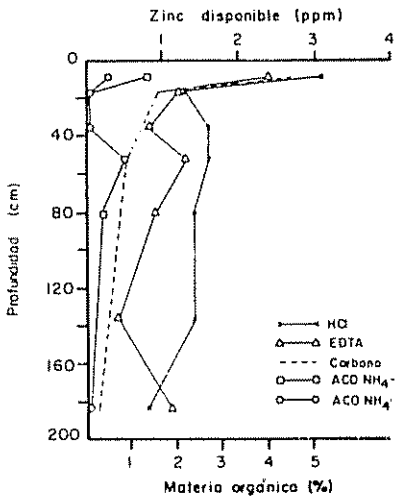
Considerando los suelos estudiados, se observa que existe correlación positiva y significativa entre el Zn total y disponible extraído por HCl 0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento en el suelo CEPEC, mientras que en el suelo Rio Branco, la correlación fue positiva y significativa entre el Zn total y el disponible extraído por el HCl 0,1 N. En los demás suelos no hubo asociación significativa entre estas variables.

En la Figura 3 se observa que en el suelo Itabuna el Zinc disponible muestra la tendencia de seguir la distribución del Zn total, mientras en los suelos Nazaré y Valenca el Zn

ITABUNA (Alfisol)



NAZARE (Ultisol)



VALENÇA (Oxisol)

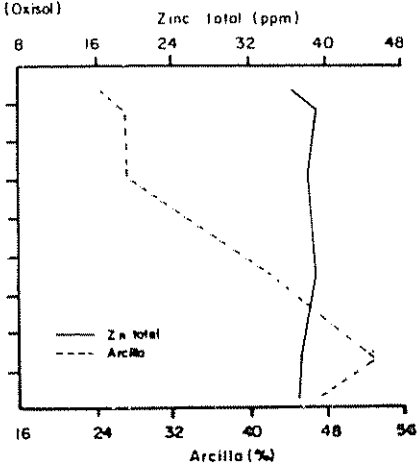
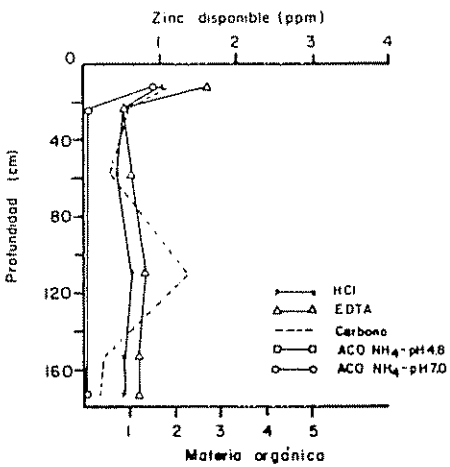


Fig 3 Distribución de zinc disponible extraído por diferentes métodos y cantidades de zinc total, materia orgánica y arcilla en los suelos Itabuna, Nazare y Valença



disponible sigue la distribución del Zn total. En esos suelos la correlación entre las formas de zinc en discusión no fue significativa.

Algunos autores manifiestan que no siempre existe correlación entre el zinc total y disponible (84, 86). Sin embargo, Neir y Mheta (57) y Martens y colaboradores (49) encontraron correlaciones positivas y significativas entre el zinc total y disponible. Quizás eso esté en función del tipo de suelo y su desarrollo, clima y vegetación.

Del Cuadro 17 a 24 del apéndice se desprende que los suelos CEPEC, Hidromórfico y Colonia presentan correlación positiva y significativa entre el zinc total y la materia orgánica. Los demás suelos no mostraron correlación significativa entre estas variables, mientras que con la arcilla ninguno de los suelos dio correlación significativa. Por otra parte, las correlaciones entre zinc disponible y la materia orgánica muestran correlación positiva y altamente significativa para los suelos CEPEC, Itabuna, Itamirin, Nazaré y Rio Branco, en cambio con la arcilla sólo hubo correlación negativa y significativa con los suelos Nazaré y Rio Branco.

#### 4.3.2 Cobre

La cantidad de cobre total y disponible en los ocho suelos está presentada en el Cuadro 3.

El cobre extraído por el HClO<sub>4</sub> 60 por ciento, presenta un valor máximo en el suelo Itamirin y mínimo en el suelo Colonia, con cifras de 61,8 y 1,8 ppm respectivamente y un promedio

Cuadro 3. Concentración de Cobre total y disponible extraído por diferentes métodos.

| Suelo                   | Horizonte        | Profundidad (cm) | Total ppm             |        | Disponible, ppm |  |                               |                               |
|-------------------------|------------------|------------------|-----------------------|--------|-----------------|--|-------------------------------|-------------------------------|
|                         |                  |                  | HCLO <sub>4</sub> 60% | Ulrich | HCl 0,1 N       | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -EDTA 1% | NH <sub>4</sub> OAc, M pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc, M pH 7,0 |
| CEFEQ (Alfisol)         | A <sub>1</sub>   | 0 - 11           | 19,3                  | tra.   | 5,2             | 8,6                                    | 0,9                           | 1,6                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 11 - 20          | 16,0                  | tra.   | 2,2             | 2,8                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 20 - 34          | 15,6                  | tra.   | 1,6             | 1,6                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | B <sub>2</sub>   | 34 - 62          | 12,8                  | 27,0   | 1,1             | 1,1                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | B <sub>3</sub>   | 62 - 98          | 14,6                  | 43,2   | 1,6             | 0,8                                    | tra.                          | tra.                          |
|                         | C <sub>1</sub>   | 98 - 147         | 13,6                  | tra.   | 1,4             | 0,8                                    | tra.                          | tra.                          |
|                         | C <sub>2</sub>   | 147 - 200        | 16,8                  | tra.   | 1,9             | 0,8                                    | tra.                          | tra.                          |
| ITABBHA (Alfisol)       | A <sub>1</sub>   | 0 - 7            | 13,0                  | tra.   | 1,6             | 2,6                                    | 0,8                           | 1,9                           |
|                         | A <sub>2</sub>   | 7 - 16           | 12,2                  | tra.   | 1,3             | 2,3                                    | 1,3                           | 1,9                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 16 - 27          | 13,0                  | tra.   | 1,4             | 2,3                                    | 2,1                           | 1,2                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 27 - 36          | 13,9                  | tra.   | 1,3             | 2,3                                    | 1,9                           | 1,2                           |
|                         | B <sub>2</sub>   | 36 - 64          | 14,2                  | tra.   | 0,8             | 0,7                                    | 1,7                           | tra.                          |
|                         | C <sub>1</sub>   | 64 - 78          | 10,6                  | tra.   | 0,8             | 0,7                                    | 0,7                           | tra.                          |
|                         | C <sub>2</sub>   | 78 - 100         | 12,4                  | tra.   | 1,0             | 0,7                                    | 0,8                           | tra.                          |
| NATARE (Ultisol)        | A <sub>1</sub>   | 0 - 10           | 16,9                  | 77,3   | 3,1             | 3,4                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | A <sub>2</sub>   | 10 - 18          | 19,0                  | 51,5   | 2,1             | 2,3                                    | 0,3                           | 0,4                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 18 - 36          | 18,4                  | 51,5   | 2,9             | 2,3                                    | 1,7                           | 0,4                           |
|                         | B <sub>2</sub>   | 36 - 53          | 20,2                  | 52,0   | 2,4             | 2,3                                    | 0,5                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>3</sub>   | 53 - 82          | 23,2                  | 52,5   | 2,0             | 2,3                                    | 1,9                           | 1,0                           |
|                         | C <sub>1</sub>   | 82 - 137         | 24,9                  | 94,5   | 2,5             | 2,3                                    | 1,7                           | 1,3                           |
|                         | C <sub>2</sub>   | 137 - 184        | 22,2                  | 52,5   | 2,1             | 1,6                                    | tra.                          | tra.                          |
| HIDROMORFICO            | A <sub>11</sub>  | 0 - 9            | 12,1                  | tra.   | 2,1             | 3,6                                    | 1,9                           | 1,3                           |
|                         | A <sub>12</sub>  | 9 - 20           | 10,7                  | tra.   | 1,8             | 2,9                                    | tra.                          | 1,4                           |
|                         | A <sub>16</sub>  | 20 - 34          | 2,7                   | tra.   | 1,4             | 0,7                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | B <sub>26</sub>  | 34 - 56          | 1,9                   | tra.   | 1,4             | 0,7                                    | tra.                          | 1,3                           |
|                         | B <sub>36</sub>  | 56 - 80          | 1,9                   | tra.   | 1,1             | 0,7                                    | 0,3                           | tra.                          |
|                         | C <sub>15</sub>  | 80 - 95          | 2,6                   | tra.   | 1,0             | 1,6                                    | tr.                           | 0,4                           |
|                         | C <sub>2</sub>   | 95 - 120         | 6,9                   | tra.   | 1,9             | 1,5                                    | tra.                          | 0,6                           |
| RIO BRANCO (Inceptisol) | A <sub>1</sub>   | 0 - 8            | 19,7                  | tra.   | 4,8             | 2,3                                    | 0,8                           | 1,9                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 8 - 17           | 12,6                  | tra.   | 1,4             | 1,1                                    | 0,3                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 17 - 30          | 12,6                  | tra.   | 1,4             | 1,1                                    | 1,1                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>2</sub>   | 30 - 55          | 13,4                  | 15,9   | 1,6             | 1,1                                    | 1,1                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>3-C</sub> | 55 - 75          | 12,7                  | 42,8   | 1,4             | 1,1                                    | 1,3                           | 1,3                           |
|                         | C-D              | + 75             | 15,4                  | 26,8   | 1,9             | 1,6                                    | 1,9                           | 1,1                           |
| ITAMIRIN (Vertisol)     | A <sub>11</sub>  | 0 - 11           | 16,9                  | 25,8   | 1,9             | 2,6                                    | 0,3                           | 1,2                           |
|                         | A <sub>12</sub>  | 11 - 30          | 20,8                  | 25,8   | 2,9             | 2,6                                    | 0,3                           | 0,6                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 30 - 42          | 24,6                  | 26,0   | 2,9             | 2,5                                    | 0,3                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 42 - 58          | 40,9                  | 26,8   | 4,8             | 4,9                                    | 0,3                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>2</sub>   | 58 - 82          | 51,0                  | 98,1   | 6,5             | 7,4                                    | 0,3                           | 0,7                           |
|                         | B <sub>3</sub>   | 82 - 97          | 61,8                  | 98,1   | 7,1             | 8,2                                    | 1,1                           | tra.                          |
| VALENCIA (Oxisol)       | A <sub>1</sub>   | 0 - 12           | 16,0                  | 25,8   | 2,4             | 2,6                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | A <sub>3</sub>   | 12 - 23          | 18,5                  | 15,6   | 3,1             | 3,1                                    | tra.                          | 0,6                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 23 - 58          | 19,4                  | 15,8   | 2,1             | 1,9                                    | tra.                          | 0,4                           |
|                         | B <sub>21</sub>  | 58 - 110         | 22,9                  | 26,0   | 3,4             | 2,6                                    | 0,8                           | tra.                          |
|                         | B <sub>22</sub>  | 110 - 154        | 18,5                  | 26,0   | 1,9             | 1,6                                    | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>3</sub>   | 154 - 174        | 30,2                  | 26,3   | 3,2             | 1,6                                    | tra.                          | tra.                          |
| COLONIA (Oxisol)        | A <sub>11</sub>  | 0 - 16           | 16,8                  | tra.   | 1,5             | 2,2                                    | tra.                          | 1,2                           |
|                         | A <sub>12</sub>  | 16 - 29          | 3,5                   | tra.   | 1,3             | 2,2                                    | tra.                          | 1,2                           |
|                         | B <sub>1</sub>   | 29 - 63          | 3,5                   | tra.   | 1,0             | 2,2                                    | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>21</sub>  | 63 - 103         | 2,6                   | tra.   | 0,9             | 1,8                                    | tra.                          | tra.                          |
|                         | B <sub>22</sub>  | 103 - 130        | 1,8                   | tra.   | 0,8             | 1,5                                    | 0,3                           | 0,6                           |
|                         | B <sub>3</sub>   | 130 - 160        | 4,4                   | tra.   | 0,2             | 0,7                                    | 0,3                           | 0,4                           |
|                         | C'               | 160 - 200        | 5,1                   | tra.   | 0,9             | 0,7                                    | 0,4                           | 0,4                           |
| PROMEDIO GENERAL        |                  |                  | 15,9                  | 19,3   | 2,1             | 2,2                                    | 0,6                           | 0,7                           |
| Promedio A              |                  |                  | 15,0                  | 13,0   | 2,3             | 2,7                                    | 0,5                           | 1,0                           |
| Promedio B              |                  |                  | 18,0                  | 25,1   | 2,2             | 2,2                                    | 0,6                           | 0,5                           |
| Promedio C              |                  |                  | 13,1                  | 17,4   | 1,5             | 1,2                                    | 0,6                           | 0,4                           |

general de 15,9 ppm, los valores promedios para los horizontes A, B y C son respectivamente 15,0; 18,0 y 13,1 ppm de cobre. Los valores promedios para los horizontes A, B y C se encuentran por encima de los valores obtenidos por Maury (50) para suelos de Pastos, Colombia.

El método de Ulrich extrae concentraciones de cobre con una variación muy amplia, habiendo suelos que dieron solamente trazas hasta valores muy mayores que los obtenidos con el HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento; esta condición es debida al procedimiento ya discutido anteriormente para zinc. No parece haber ninguna relación con las características propias del perfil.

Los mayores contenidos de cobre fueron observados en los suelos CEPEC, Nazaré e Itamirin. El contenido máximo de cobre para el horizonte A fue registrado en el suelo Itamirin con 20,8 ppm y el mínimo en el suelo Itabuna con 12,2 ppm. Los valores obtenidos se hallan dentro del límite señalado por Tisdale y Nelson (85) y Swaine (82), mientras que el promedio para el horizonte A se halla por debajo del promedio de suelos de diferentes regiones (20 ppm), señalado por Hodgson (36).

El cambio de concentración con la profundidad, es variable entre suelos. El contenido de cobre total varía muy poco con la profundidad en los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré, Rio Branco y Valenca. En esos suelos la mayor concentración ocurre en la superficie, disminuyendo ligeramente en el horizonte B y aumenta con la profundidad. Estos resultados se asemejan con los encontrados por Delecour (21), en suelos de bosque

de Ardenas, Bélgica. Contrariamente, en los suelos Hidromórficos y Colonia se observa una concentración máxima en la superficie, disminuyendo rápidamente con la profundidad hasta valores muy bajos. Por otra parte, el suelo Itamirín presenta la menor concentración en la superficie aumentando con la profundidad, cuyos valores oscilan de 16,9 ppm en el horizonte All hasta 61,8 ppm en el horizonte B<sub>3</sub>. La distribución del cobre en ese suelo se diferencia notoriamente de los demás, quizás debido a un aumento en el porcentaje de arcilla en los horizontes inferiores.

Maury (50) reporta que en suelos de Colombia las mayores concentraciones de cobre ocurren en suelos o subsuelos con mayor contenido de arcilla.

Gallego y Fernández (29) por otro lado señalan que la mayor concentración de cobre generalmente ocurre en los horizontes más ricos en arcilla y materia orgánica, aunque si la acidez aumenta el contenido de cobre disminuye en esos horizontes. Esa conclusión se podría aplicar al suelo Colonia. Por otra parte, los resultados encontrados para el suelo Hidromórfico no concuerdan con las observaciones de Butler (14) quien señala que en suelos mal drenados las mayores concentraciones de cobre ocurren en los horizontes inferiores, pero este mismo autor no encontró asociación entre tal distribución y la condición de drenaje.

Los datos encontrados para el cobre disponible extraído por cuatro diferentes métodos no son muy altos, pero muestra diferencias notorias entre las cantidades extraídas por los

acetatos y aquellas extraídas por HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento. Los promedios generales para el cobre extraído por HCl 0,1 N; Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento y NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 2,1; 2,2; 0,6 y 0,7 ppm. Se observa que las concentraciones de cobre extraídas por el HCl 0,1 N son muy similares a aquellas obtenidas con Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento. Posiblemente eso es debido a que el cobre se encuentra en gran parte asociado con la materia orgánica, por lo tanto tendría una mayor tendencia de formar quelatos con el EDTA. Las bajas concentraciones de cobre disponible extraídas por NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 se debe quizás a la baja capacidad extractora de las sales de amonio. Pechh manifiesta que el cobre cuando extraído con el NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 7,0 puede formar complejos con el amoniaco, aunque Fiskel (25) opina que el cobre extraído por el NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 puede ser satisfactorio como índice de cobre disponible en un suelo.

Se observa una concentración máxima de cobre disponible en el horizonte A, disminuyendo con la profundidad posiblemente esta condición está relacionada con el contenido de materia orgánica. Eso puede estar de acuerdo con Tisdale y Nelson (35) quienes señalan que la materia orgánica retiene el cobre con mayor intensidad que las arcillas minerales, formando con él un complejo organo-metalico a partir de los ácidos húmicos y fúlvicos.

Considerando los suelos estudiados, el cobre total muestra correlación positiva y significativa con la forma disponible

en los suelos CEPEC, Hidromórfico y Rio Branco (Cuadros 17 a 24 del apéndice); los demás suelos no muestran correlación significativa entre estas variables.

En la Figura 4 se observa que en los suelos Itabuna, Nazaré y Valenca el cobre disponible no sigue la distribución del total, pero presenta una tendencia en acompañar dicha distribución.

De las correlaciones presentadas en los Cuadros 17 a 24 del apéndice, se desprende que los suelos CEPEC, Nazaré, Hidromórfico, Rio Branco y Colonia, presentan correlaciones positivas y significativas entre el cobre total y la materia orgánica, pero en cambio entre el cobre total y la arcilla hay correlaciones positivas y significativas solamente para los suelos Nazaré, Rio Branco, Hidromórfico e Itamirin. Por otra parte, se observa correlaciones positivas y significativas entre el cobre disponible extraído por el HCl 0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento y la materia orgánica en los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré, Colonia, Rio Branco e Hidromórfico, mientras que con la arcilla hubo correlación negativa y significativa en los suelos Rio Branco, Hidromórfico y Colonia.

En el análisis de variancia de cobre total de los ocho suelos no se detectaron respuestas estadísticamente diferentes entre suelos ni entre métodos, mientras que con el disponible, sólo hubo diferencia estadística para métodos, Cuadros 15 y 16 del apéndice. La comparación entre medias de los diferentes métodos por la prueba de Duncan no indica diferencias significativas entre esas medias usando dicha prueba.

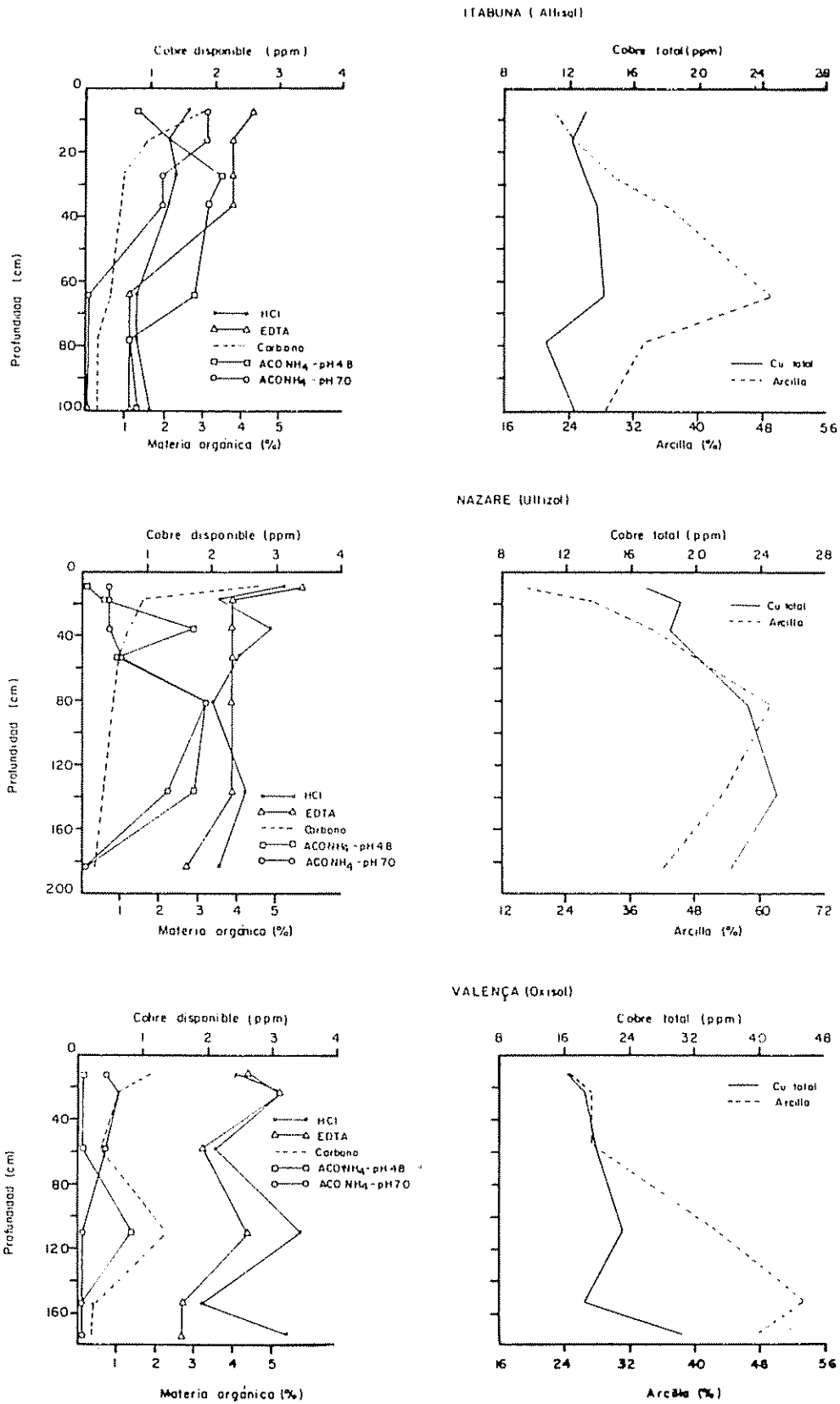


Fig. 4 Distribución vertical de cobre disponible extraída por diferentes métodos y cantidades de cobre total, materia orgánica y arcilla en los suelos Itabuna, Nazare y Valença.

#### 4.3.3 Manganeso

La concentración de manganeso total y disponible de los suelos están presentados en el Cuadro 4. Se observa gran variación entre suelos y entre métodos.

El manganeso extraído por el  $\text{HClO}_4$  60 por ciento, presenta un valor máximo en el suelo CEPEC y mínimo en el suelo Itabuna, con cifras de 4.082,4 y 49,9 ppm respectivamente y un promedio general de 515,6 ppm. Los valores promedios para los horizontes A, B y C son 800,9; 392,4 y 268,9 ppm de Mn respectivamente.

El método de Ulrich extrae concentraciones de manganeso ligeramente inferiores que las extraídas por el  $\text{HClO}_4$  60 por ciento. Alcanzó en promedio valores de 630,2; 264,0 y 268,9 ppm de Mn para los horizontes A, B y C respectivamente, con un promedio general de 388,1 ppm.

Los mayores contenidos de manganeso se observan en los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré, Rio Branco e Itamirin. El contenido máximo para el horizonte A fue registrado en el suelo CEPEC con 4.082,0 ppm y el mínimo en el suelo Colonia con 110,2 ppm de Mn.

Los valores obtenidos en casi todos los suelos se encuentran dentro del límite señalado por Swaine (82). Sin embargo, Sauchelli (73) reporta valores que de Mn total en suelos de diferentes regiones oscilan desde trazas hasta 7.000 ppm.

Observóse una tendencia general de disminuir la concentración de Mn con la profundidad. En general las mayores concentraciones fueron registradas en los horizontes superficiales, excepto en los suelos Hidromórficos y Colonia donde se observa una



Cuadro 4. Concentración de Manganeso total y disponibles extraído por diferentes métodos.

| Suelo                   | Horizonte           | Profundidad (cm) | Total, ppm              |         | Disponible, ppm |                         |                               |                               |
|-------------------------|---------------------|------------------|-------------------------|---------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                         |                     |                  | HClO <sub>4</sub> , 60% | Ulrich  | HCl 0,1 N       | H <sub>2</sub> -EDTA 1% | NH <sub>4</sub> OAc, M pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc, M pH 7,0 |
| CEPEC (Alfisol)         | A <sub>1</sub>      | 0 - 11           | 4.082,4                 | 2.160,0 | 2.646,0         | 2.246,0                 | 383,4                         | 68,0                          |
|                         | A <sub>2</sub>      | 11 - 20          | 3.030,3                 | 2.081,0 | 129,9           | 2.053,0                 | 59,9                          | 1,1                           |
|                         | B <sub>1</sub>      | 20 - 34          | 2.021,8                 | 1.420,0 | 91,8            | 1.263,6                 | 60,5                          | 2,5                           |
|                         | B <sub>2</sub>      | 34 - 62          | 1.283,0                 | 594,0   | 108,0           | 475,2                   | 78,8                          | 26,5                          |
|                         | B <sub>3</sub>      | 62 - 98          | 745,2                   | 432,0   | 38,9            | 62,6                    | 39,9                          | 15,3                          |
|                         | C <sub>1</sub>      | 98 - 147         | 596,2                   | 432,0   | 22,7            | 22,9                    | 21,6                          | 10,3                          |
|                         | C <sub>2</sub>      | 147 - 200        | 855,4                   | 475,2   | 34,6            | 24,4                    | 20,5                          | 10,3                          |
|                         | ITABUNA (Alfisol)   | A <sub>1</sub>   | 0 - 7                   | 877,6   | 406,9           | 612,9                   | 525,3                         | 133,9                         |
| A <sub>2</sub>          |                     | 7 - 16           | 815,8                   | 283,3   | 232,8           | 412,0                   | 206,0                         | 135,9                         |
| A <sub>3</sub>          |                     | 16 - 27          | 494,4                   | 139,1   | 167,9           | 339,9                   | 159,6                         | 103,0                         |
| B <sub>1</sub>          |                     | 27 - 36          | 339,9                   | 92,7    | 89,6            | 173,0                   | 80,3                          | 57,7                          |
| B <sub>2</sub>          |                     | 36 - 64          | 63,0                    | tra.    | 2,3             | 5,3                     | 4,2                           | 1,7                           |
| C <sub>1</sub>          |                     | 64 - 78          | 49,9                    | tra.    | 1,6             | 2,8                     | 1,8                           | 0,3                           |
| C <sub>2</sub>          |                     | 78 - 100         | 49,9                    | tra.    | 0,7             | 2,8                     | 1,8                           | 0,8                           |
| NAZARE (Ultisol)        |                     | A <sub>1</sub>   | 0 - 10                  | 512,9   | 309,0           | 401,7                   | 350,2                         | 126,7                         |
|                         | A <sub>2</sub>      | 10 - 18          | 339,9                   | 309,0   | 191,6           | 245,1                   | 120,5                         | 75,2                          |
|                         | B <sub>1</sub>      | 18 - 36          | 216,3                   | 195,7   | 64,7            | 66,9                    | 46,7                          | 21,6                          |
|                         | B <sub>2</sub>      | 36 - 53          | 174,7                   | 119,6   | 35,2            | 33,3                    | 26,5                          | 11,4                          |
|                         | B <sub>3</sub>      | 53 - 82          | 113,4                   | 89,3    | 9,9             | 6,8                     | 9,8                           | 3,5                           |
|                         | C <sub>1</sub>      | 82 - 137         | 63,0                    | 52,5    | 6,3             | 4,7                     | 6,8                           | 2,4                           |
|                         | C <sub>2</sub>      | 137 - 184        | 63,0                    | 42,0    | 6,5             | 4,7                     | 6,8                           | 0,8                           |
|                         | HIDROMORFICO        | A <sub>11</sub>  | 0 - 9                   | 247,2   | 901,2           | 53,6                    | 41,7                          | 37,1                          |
| A <sub>12</sub>         |                     | 9 - 20           | 239,4                   | 908,2   | 46,7            | 40,4                    | 33,6                          | 13,4                          |
| A <sub>16</sub>         |                     | 20 - 34          | 409,5                   | 971,3   | 51,5            | 75,6                    | 17,0                          | 3,7                           |
| B <sub>26</sub>         |                     | 34 - 56          | 756,0                   | 551,3   | 42,0            | 186,9                   | 12,4                          | 1,2                           |
| B <sub>36</sub>         |                     | 56 - 80          | 579,6                   | 498,7   | 22,0            | 38,3                    | 6,3                           | 1,3                           |
| C <sub>16</sub>         |                     | 80 - 95          | 517,9                   | 494,0   | 16,6            | 17,2                    | 5,7                           | 1,2                           |
| C <sub>2</sub>          |                     | 95 - 120         | 203,9                   | 695,3   | 17,0            | 2,8                     | 4,1                           | 2,4                           |
| RIO BRANCO (Inceptisol) |                     | A <sub>1</sub>   | 0 - 8                   | 590,6   | 363,8           | 369,2                   | 401,3                         | 96,3                          |
|                         | A <sub>3</sub>      | 8 - 17           | 222,6                   | 137,8   | 19,7            | 17,5                    | 7,9                           | 3,2                           |
|                         | B <sub>1</sub>      | 17 - 30          | 209,8                   | 137,8   | 7,2             | 5,5                     | 3,5                           | 1,3                           |
|                         | B <sub>2</sub>      | 30 - 55          | 178,1                   | 127,2   | 5,3             | 5,5                     | 3,0                           | 0,5                           |
|                         | B <sub>3-C</sub>    | 55 - 75          | 179,8                   | 96,3    | 4,5             | 5,6                     | 3,0                           | 1,1                           |
|                         | C-D                 | + 75             | 147,7                   | 69,6    | 6,6             | 5,4                     | 3,0                           | 0,9                           |
|                         | ITAMIRIN (Vertisol) | A <sub>11</sub>  | 0 - 11                  | 815,8   | 957,9           | 319,3                   | 504,7                         | 180,3                         |
| A <sub>12</sub>         |                     | 11 - 30          | 815,8                   | 798,3   | 94,8            | 339,9                   | 54,6                          | 5,2                           |
| A <sub>3</sub>          |                     | 30 - 42          | 811,2                   | 520,0   | 49,9            | 211,1                   | 34,3                          | 3,6                           |
| B <sub>1</sub>          |                     | 42 - 58          | 385,2                   | 310,3   | 19,3            | 25,2                    | 15,0                          | 5,4                           |
| B <sub>2</sub>          |                     | 58 - 82          | 215,8                   | 316,1   | 2,0             | 1,1                     | 3,6                           | 1,7                           |
| B <sub>3</sub>          |                     | 82 - 97          | 327,0                   | 327,0   | 2,0             | 1,1                     | 3,3                           | 1,1                           |
| VALENCA (Oxisol)        |                     | A <sub>1</sub>   | 0 - 12                  | 339,9   | 247,2           | 68,0                    | 37,6                          | 40,2                          |
|                         | A <sub>3</sub>      | 12 - 23          | 218,4                   | 275,6   | 20,8            | 7,6                     | 9,4                           | 2,6                           |
|                         | B <sub>1</sub>      | 23 - 58          | 252,0                   | 278,3   | 4,6             | 2,8                     | 5,3                           | 1,1                           |
|                         | B <sub>21</sub>     | 58 - 110         | 218,4                   | 208,0   | 10,0            | 5,7                     | 5,7                           | 1,7                           |
|                         | B <sub>22</sub>     | 110 - 154        | 205,9                   | 182,0   | 4,0             | 2,4                     | 3,1                           | 0,8                           |
|                         | B <sub>3</sub>      | 154 - 174        | 176,4                   | 94,5    | 8,2             | 2,4                     | 3,2                           | 0,8                           |
|                         | COLONIA (Oxisol)    | A <sub>11</sub>  | 0 - 16                  | 110,2   | 76,5            | 2,1                     | 2,8                           | 2,2                           |
| A <sub>12</sub>         |                     | 16 - 29          | 244,8                   | 127,5   | 1,5             | 2,8                     | 1,5                           | 1,2                           |
| B <sub>1</sub>          |                     | 29 - 63          | 171,4                   | 117,3   | 1,8             | 14,3                    | 1,5                           | 1,0                           |
| B <sub>21</sub>         |                     | 63 - 103         | 201,9                   | 86,7    | 0,7             | 2,0                     | 1,5                           | 0,8                           |
| B <sub>22</sub>         |                     | 104 - 130        | 201,9                   | 40,8    | 1,0             | 2,0                     | 1,5                           | tra.                          |
| B <sub>3</sub>          |                     | 130 - 160        | 201,9                   | 20,4    | 0,7             | tra.                    | 1,5                           | tra.                          |
| C                       |                     | 160 - 200        | 142,1                   | tra.    | 0,7             | tra.                    | 2,0                           | 0,3                           |
| PROMEDIO GENERAL        |                     |                  |                         | 515,6   | 388,1           | 116,4                   | 194,9                         | 41,5                          |
| Promedio                | A                   |                  | 800,9                   | 630,2   | 288,4           | 413,4                   | 89,7                          | 31,7                          |
| Promedio                | B                   |                  | 392,4                   | 264,0   | 223,9           | 99,4                    | 17,5                          | 6,7                           |
| Promedio                | C                   |                  | 268,9                   | 226,1   | 11,3            | 8,8                     | 7,4                           | 2,9                           |

menor concentración en el horizonte A, aumentando en el B y volviendo a disminuir en el C.

En suelos mal drenados generalmente ocurre una acumulación de manganeso total en el horizonte B (14); quizás éso explique el comportamiento del suelo Hidromórfico en relación a la distribución del manganeso.

Los datos encontrados para el manganeso disponible extraído por diferentes extractores, no obstante muestran una gran variación entre las concentraciones extraídas, presenta una distribución muy similar en los perfiles para los diferentes métodos.

Los métodos de HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento extraen concentraciones de manganeso mucho mayores que las dos formas de acetatos. Los valores promedios de Mn extraído por HCl 0,1 N; Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento y NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 116,4; 194,9; 41,5 y 14,9 ppm.

Se observa una concentración máxima de Mn disponible en la superficie, disminuyendo con la profundidad, hasta valores muy bajos. Se cree que la mayor concentración de Mn en la superficie de esos suelos esté fuertemente asociada con la materia orgánica ya que la concentración de la materia orgánica también disminuye con la profundidad.

Los coeficientes de correlación lineal calculados entre el manganeso total extraído por HClO<sub>4</sub> 60 por ciento y el manganeso disponible extraído por HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento se presenta en los Cuadros 17 a 24 del apéndice.

El Mn total muestra correlación positiva y significativa con el disponible en los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré, Rio Branco y Valenca, mientras que en los suelos Hidromórficos e Itamirin sólo muestran correlación positiva y significativa con el Mn disponible extraído por el Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento.

En la Figura 5 se observa que en los suelos Itabuna, Nazaré y Rio Branco, el Mn disponible sigue la misma distribución del Mn total. Se observa también que en los suelos Itabuna y Nazaré el Mn disponible extraído por HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento, sigue una distribución opuesta al extraído por las dos formas de acetatos, en los dos primeros horizontes superficiales, volviendo a distribuirse de forma igual con la profundidad.

De los Cuadros 17 a 24 del apéndice se desprende que los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré y Rio Branco presentan correlaciones positivas y altamente significativas entre el Mn total y la materia orgánica, pero en cambio con el contenido de arcilla la correlación fue positiva y altamente significativa en los suelos Nazaré e Hidromórfico y negativa y altamente significativa en los suelos Rio Branco e Itamirin. Por otro lado, las correlaciones entre el Mn disponible extraído por HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento y la materia orgánica fue positiva y significativa para los suelos CEPEC, Itabuna, Nazaré, Rio Branco, Itamirin y Colonia, mientras que con el contenido de arcilla, la correlación fue negativa y significativa en los suelos Nazaré, Rio Branco, Itamirin y Colonia.

En el análisis de variancia de manganeso total de los ocho suelos no se detectaron respuestas estadísticamente diferen-

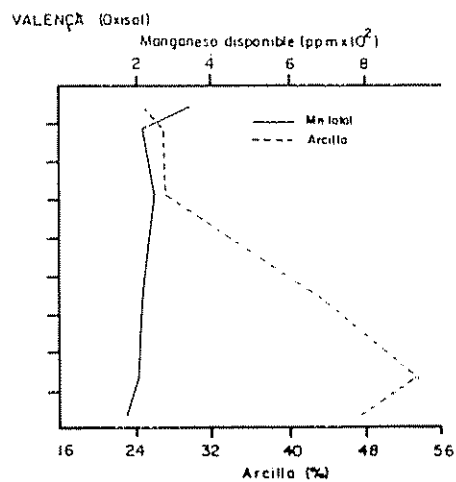
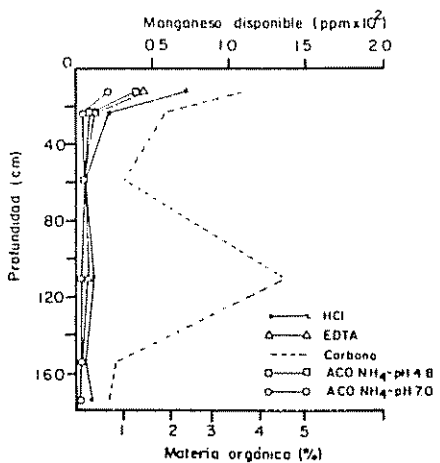
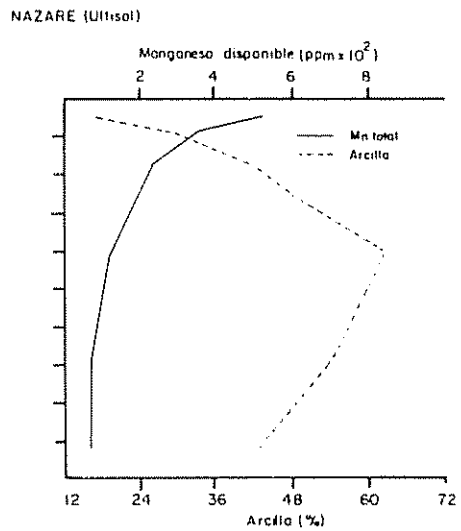
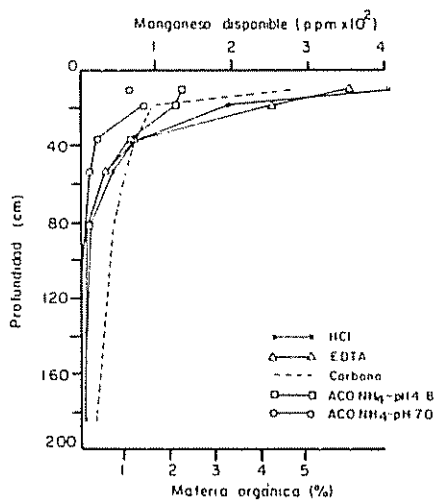
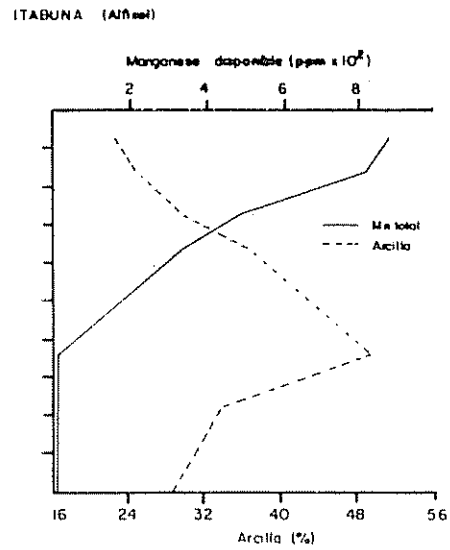
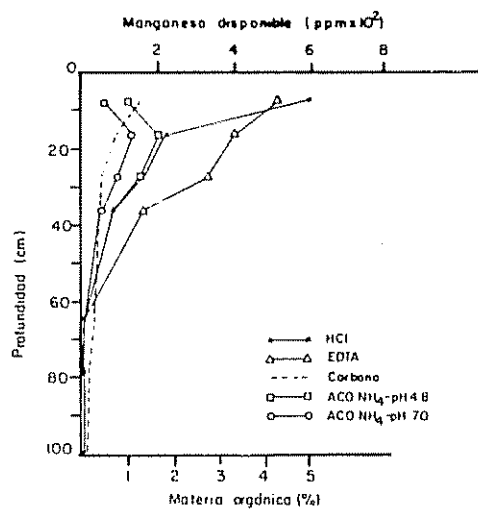


Fig 5 Distribución vertical de manganeso disponible extraído por diferentes métodos y cantidades de manganeso total materia orgánica y arcilla en los suelos Itabuna, Nazare y Valença

tes para suelos y para métodos, mientras que con el disponible se detectaron diferencias estadísticas para suelos y métodos siendo respectivamente al 1 y 5 por ciento. La comparación entre medias de los diferentes suelos por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), muestra el suelo CEPEC como de mayor concentración en manganeso disponible. En segundo lugar, está el suelo Itabuna que difiere estadísticamente del suelo Itamirin. Este último no difiere significativamente de los demás suelos.

La comparación entre medias de los diferentes métodos por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), no muestra diferencia significativa entre esas medias usando dicha prueba.

#### 4.3.4 Hierro

Las concentraciones de hierro total y disponibles se presentan en el Cuadro 5. Se extraen grandes concentraciones por los diferentes métodos.

El Fe extraído con  $\text{HClO}_4$  60 por ciento presenta un máximo de 27.686 ppm (Nazaré) y un mínimo de 3.488 ppm (Colonia), con un promedio general de 11.896 ppm. Los valores promedios para los horizontes A, B y C son respectivamente 11.702,6; 12.639,2 y 10,480,4 ppm de Fe. Los mayores contenidos de hierro total extraídos por  $\text{HClO}_4$  60 por ciento fueron observados en los suelos Nazaré, Rio Branco y Valenca, mientras que para el hierro extraído por Ulrich fueron observados en los suelos CEPEC, Nazaré, Rio Branco, Valenca e Itamirin.

El Fe extraído por el método de Ulrich presenta contenidos promedios para los horizontes A, B y C de 16.749; 19.739,7

Cuadro 5. Concentración de Hierro total y disponible extraído por diferentes métodos.

| Suelo                      | Horizonte               | Profundidad (cm) | Total, ppm            |          | Disponible, ppm |                         |                             |                             |
|----------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|----------|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                            |                         |                  | HClO <sub>4</sub> 60K | Ulrich   | HCl 0,1 N       | H <sub>2</sub> -EDTA 1% | NH <sub>4</sub> OAc, pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc, pH 7,0 |
| CEPEC<br>(Alfisol)         | A <sub>1</sub>          | 0 - 11           | 7.726,0               | 33.598,0 | 250,6           | 907,2                   | 30,8                        | tra.                        |
|                            | A <sub>3</sub>          | 11 - 20          | 9.590,4               | 28.416,0 | 269,7           | 888,0                   | 14,7                        | tra.                        |
|                            | B <sub>1</sub>          | 20 - 34          | 7.646,4               | 23.760,0 | 237,6           | 648,0                   | 13,0                        | tra.                        |
|                            | B <sub>2</sub>          | 34 - 62          | 6.998,4               | 21.330,0 | 210,6           | 318,6                   | 18,9                        | tra.                        |
|                            | B <sub>3</sub>          | 62 - 98          | 6.156,0               | 27.108,0 | 196,6           | 189,0                   | 29,2                        | tra.                        |
|                            | C <sub>1</sub>          | 98 - 147         | 7.322,0               | 24.300,0 | 312,1           | 230,0                   | 50,8                        | tra.                        |
|                            | C <sub>2</sub>          | 147 - 200        | 8.942,0               | 25.812,0 | 766,8           | 308,9                   | 56,2                        | tra.                        |
| ITABUNA<br>(Alfisol)       | A <sub>1</sub>          | 0 - 7            | 8.961,0               | 7.622,0  | 396,6           | 463,5                   | 5,5                         | 7,2                         |
|                            | A <sub>2</sub>          | 7 - 16           | 7.416,0               | 7.725,0  | 69,0            | 343,0                   | 30,9                        | 8,8                         |
|                            | A <sub>3</sub>          | 16 - 27          | 11.124,0              | 8.240,0  | 46,4            | 240,0                   | 21,6                        | 11,1                        |
|                            | B <sub>1</sub>          | 27 - 36          | 15.141,0              | 9.785,0  | 40,7            | 150,4                   | 13,7                        | 11,9                        |
|                            | B <sub>2</sub>          | 36 - 64          | 12.285,0              | 9.450,0  | 23,6            | 78,8                    | 7,4                         | tra.                        |
|                            | C <sub>1</sub>          | 64 - 78          | 10.171,2              | 8.112,0  | 18,5            | 60,3                    | 2,6                         | tra.                        |
|                            | C <sub>2</sub>          | 78 - 100         | 12.552,0              | 5.980,0  | 13,5            | 52,0                    | 1,6                         | tra.                        |
| NACARE<br>(Ultisol)        | A <sub>1</sub>          | 0 - 10           | 19.158,0              | 11.485,0 | 149,4           | 272,9                   | 7,7                         | tra.                        |
|                            | A <sub>3</sub>          | 10 - 18          | 27.686,0              | 14.008,0 | 162,7           | 257,5                   | 18,9                        | tra.                        |
|                            | B <sub>1</sub>          | 18 - 36          | 22.742,0              | 17.252,0 | 126,7           | 123,6                   | 11,9                        | tra.                        |
|                            | B <sub>2</sub>          | 36 - 53          | 20.592,0              | 18.616,0 | 101,9           | 88,4                    | 5,7                         | tra.                        |
|                            | B <sub>3</sub>          | 53 - 82          | 14.238,0              | 19.950,0 | 97,6            | 65,1                    | 5,8                         | 5,8                         |
|                            | C <sub>1</sub>          | 82 - 137         | 16.632,0              | 19.005,0 | 101,9           | 65,1                    | 2,6                         | 6,3                         |
|                            | C <sub>2</sub>          | 137 - 184        | 20.979,0              | 20.475,0 | 120,8           | 50,9                    | 10,3                        | 8,9                         |
| HIDR MORFICO               | A <sub>11</sub>         | 0 - 9            | 4.944,0               | 13.132,0 | 136,9           | 320,6                   | 4,4                         | 1,8                         |
|                            | A <sub>12</sub>         | 9 - 20           | 5.922,0               | 14.332,0 | 107,4           | 357,0                   | 11,6                        | 1,1                         |
|                            | A <sub>16</sub>         | 20 - 34          | 5.544,0               | 14.332,0 | 86,1            | 81,9                    | 3,2                         | 1,1                         |
|                            | B <sub>26</sub>         | 34 - 56          | 3.465,0               | 11.025,0 | 71,4            | 86,1                    | 2,1                         | tra.                        |
|                            | B <sub>36</sub>         | 56 - 80          | 2.583,0               | 12.600,0 | 81,9            | 74,5                    | 3,7                         | 0,5                         |
|                            | C <sub>16</sub>         | 80 - 95          | 4.618,0               | 13.838,0 | 110,2           | 73,8                    | 4,4                         | 0,5                         |
|                            | C <sub>2</sub>          | 95 - 120         | 5.747,0               | 17.922,0 | 311,1           | 144,2                   | 9,1                         | 0,5                         |
| RIO FRANCO<br>(Inceptisol) | A <sub>1</sub>          | 0 - 8            | 12.198,0              | 22.808,0 | 105,4           | 428,0                   | 16,1                        | tra.                        |
|                            | A <sub>3</sub>          | 8 - 17           | 20.988,0              | 22.790,0 | 137,5           | 259,7                   | 16,9                        | tra.                        |
|                            | B <sub>1</sub>          | 17 - 30          | 14.755,0              | 24.745,0 | 80,6            | 370,5                   | 28,1                        | tra.                        |
|                            | B <sub>2</sub>          | 30 - 55          | 15.900,0              | 25.205,0 | 56,2            | 125,1                   | 10,6                        | tra.                        |
|                            | B <sub>3-C</sub>        | 55 - 75          | 13.033,0              | 26.108,0 | 48,2            | 108,1                   | 5,6                         | tra.                        |
|                            | C-D                     | + 75             | 12.712,0              | 24.610,0 | 43,3            | 88,8                    | 4,6                         | tra.                        |
|                            | JONLEIRIN<br>(Vertisol) | A <sub>11</sub>  | 0 - 11                | 18.540,0 | 20.497,0        | 129,5                   | 300,8                       | 9,3                         |
| A <sub>12</sub>            |                         | 11 - 30          | 11.124,0              | 20.670,0 | 111,2           | 164,8                   | 8,8                         | tra.                        |
| A <sub>3</sub>             |                         | 30 - 42          | 15.101,0              | 22.984,0 | 123,7           | 114,4                   | 7,6                         | tra.                        |
| B <sub>1</sub>             |                         | 42 - 58          | 12.320,0              | 26.210,0 | 141,2           | 58,0                    | 9,8                         | tra.                        |
| B <sub>2</sub>             |                         | 58 - 82          | 10.791,0              | 28.340,0 | 100,3           | 81,8                    | 17,0                        | tra.                        |
| B <sub>3</sub>             |                         | 82 - 97          | 9.810,0               | 29.975,0 | 86,1            | 82,8                    | 11,5                        | tra.                        |
| VALERIA<br>(xisol)         |                         | A <sub>1</sub>   | 0 - 12                | 11.804,0 | 20.343,0        | 173,0                   | 236,9                       | 27,5                        |
|                            | A <sub>3</sub>          | 12 - 23          | 15.600,0              | 24.024,0 | 121,7           | 114,4                   | 16,0                        | tra.                        |
|                            | B <sub>1</sub>          | 23 - 58          | 20.349,0              | 24.570,0 | 118,6           | 64,1                    | 6,3                         | 0,5                         |
|                            | B <sub>21</sub>         | 58 - 110         | 12.168,0              | 26.780,0 | 98,8            | 42,6                    | 1,0                         | 6,2                         |
|                            | B <sub>22</sub>         | 110 - 154        | 24.710,0              | 26.936,0 | 111,3           | 46,8                    | tra.                        | 18,0                        |
|                            | B <sub>3</sub>          | 154 - 174        | 23.625,0              | 27.720,0 | 123,9           | 44,6                    | tra.                        | 16,3                        |
|                            | COJONIA<br>(xisol)      | A <sub>11</sub>  | 0 - 16                | 3.482,0  | 8.058,0         | 255,0                   | 627,2                       | 112,0                       |
| A <sub>12</sub>            |                         | 16 - 29          | 5.386,0               | 13.158,0 | 327,4           | 678,3                   | 198,9                       | 4,4                         |
| B <sub>1</sub>             |                         | 29 - 63          | 5.363,0               | 9.945,0  | 216,2           | 127,5                   | 183,6                       | 5,6                         |
| B <sub>21</sub>            |                         | 63 - 103         | 12.118,0              | 9.435,0  | 83,6            | 57,1                    | 91,8                        | 5,6                         |
| B <sub>22</sub>            |                         | 103 - 130        | 9.180,0               | 8.160,0  | 51,4            | 23,5                    | 19,4                        | 4,4                         |
| B <sub>3</sub>             |                         | 130 - 160        | 7.466,0               | 7.650,0  | 21,4            | 11,2                    | 8,7                         | 4,4                         |
| C                          |                         | 160 - 200        | 5.129,0               | 5.665,0  | 15,2            | 10,7                    | 6,7                         | 5,2                         |
| PROMEDIO GENERAL           |                         |                  | 11.896,1              | 18.070,0 | 142,7           | 206,8                   | 22,6                        | 2,7                         |
| Promedio                   | A                       |                  | 11.702,6              | 16.749,0 | 170,7           | 366,3                   | 28,9                        | 2,2                         |
| Promedio                   | B                       |                  | 12.639,2              | 19.739,7 | 104,4           | 121,5                   | 20,8                        | 3,3                         |
| Promedio                   | C                       |                  | 10.480,4              | 16.571,3 | 181,3           | 108,5                   | 14,9                        | 2,1                         |

y 16.571,3 ppm de hierro respectivamente y un promedio general de 18.070,0 ppm.

Los valores obtenidos para todos los suelos se hallan dentro del límite señalado por Tisdale y Nelson (85).

Se observa que la concentración de hierro aumenta con la profundidad. El aumento de la concentración de Fe con la profundidad puede estar asociado con los óxidos hidratados de hierro y aluminio ya que las concentraciones de estos sesquióxidos también aumentan con la profundidad en los suelos estudiados.

Las cantidades de hierro disponible extraídas varían mucho según el método utilizado, siendo notorio las diferencias entre los valores obtenidos con las dos formas de acetatos y aquellas extraídas con HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento.

Los promedios generales para el hierro extraído por HCl 0,1 N, Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento y NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 142,7; 206,8; 22,6 y 2,7 ppm. Las pequeñas concentraciones de hierro extraídas con el acetato de amonio a pH 7,0 se debe posiblemente a su baja capacidad extractora. Según Peech (62) el hierro extraído con esta solución puede formar acetato de hierro insoluble, limitando en mucho su eficacia. Por otra parte, los mayores contenidos obtenidos con el acetato a pH 4,8 puede ser debido al efecto del pH de la solución extractora, proporcionando alta disolución de hierro a un pH bajo.

Se observa que en los suelos CEPEC, Nazaré, Hidromórfico, Itamirin y Valenca hay un descenso en la concentración en el horizonte B, volviendo a aumentar con la profundidad, mientras que los suelos Itabuna, Rio Branco y Colonia, la concentración dis-

minuye regularmente con la profundidad.

Los coeficientes de correlación lineal calculados entre el hierro total extraído por  $\text{HClO}_4$  60 por ciento, y el disponible extraído por  $\text{HCl}$  0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento se presenta en los Cuadros 17 a 24 del apéndice.

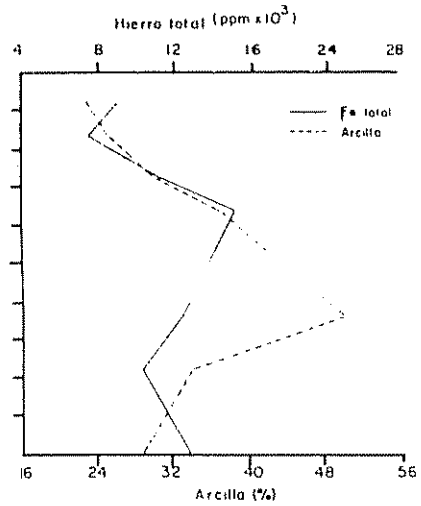
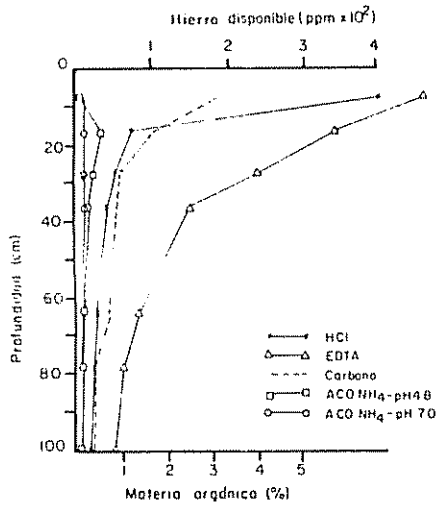
En los suelos estudiados el hierro total muestra correlación positiva y altamente significativa con la forma disponible extraída por  $\text{HCl}$ , 0,1 N en el suelo Nazaré. En los demás suelos las correlaciones no son significativas.

En la Figura 6 se observa que en los suelos Itabuna y Valenca el hierro disponible no sigue la distribución del total, mientras que en el suelo Nazaré hay una cierta tendencia del hierro disponible de acompañar la distribución del total.

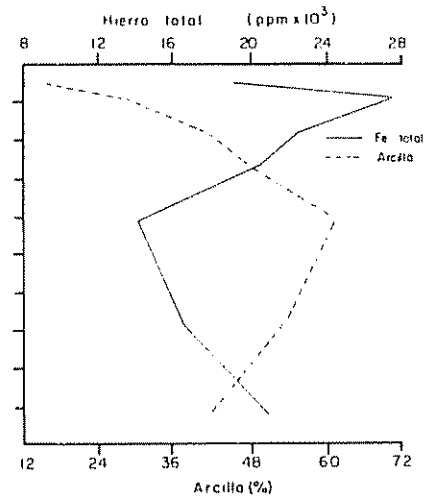
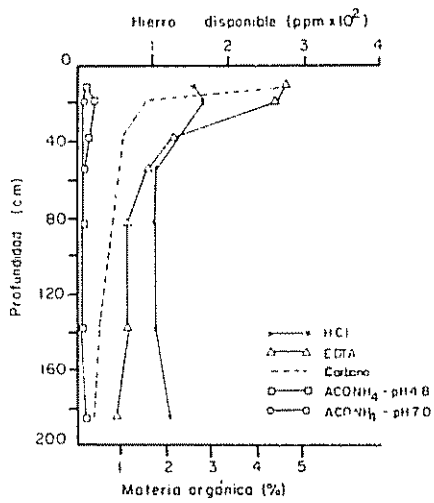
De los Cuadros 17 a 24 del apéndice se desprende que el suelo Itamirin presenta correlación positiva y altamente significativa entre el hierro total y la materia orgánica, ya en el suelo Valenca dicha correlación es negativa y positiva. La correlación entre el hierro total y la arcilla es positiva y significativa en el suelo Hidromórfico. Se observa correlación positiva y significativa entre el hierro disponible extraído por  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento y la materia orgánica, en los suelos CEPEC, Hidromórfico, Rio Branco y Colonia. Por otro lado el suelo Valenca muestra correlación negativa y significativa entre el hierro disponible extraído por  $\text{HCl}$  0,1 N y la materia orgánica. Las correlaciones entre el hierro extraído por los dos métodos y la arcilla se muestra negativa y altamente signifi-



ITABUNA (Alfisol)



NAZARE (Urtisol)



VALENÇA (Oxisol)

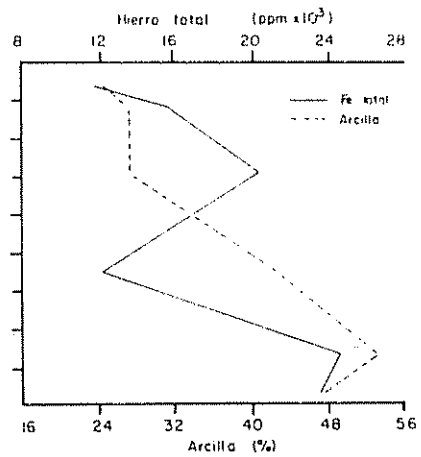
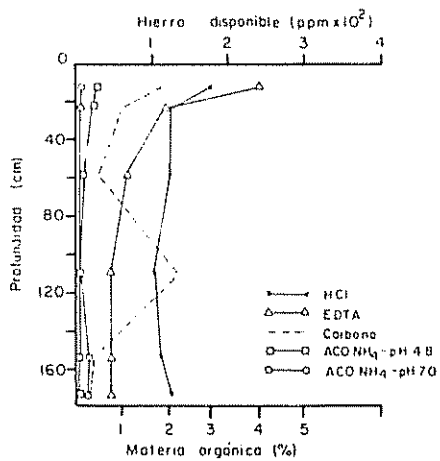


Fig 6 Distribución de hierro disponible extraído por diferentes métodos y cantidades de hierro total materia orgánica y arcilla en los suelos Itabuna, Nazaré y Valença

cativa en los suelos Nazaré y Colonia, mientras que en los suelos Hidromórfico, Rio Branco e Itamirin, la correlación es negativa y significativa, pero con el hierro extraído con  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ , 1 por ciento.

En el análisis de variancia de hierro total de los ocho suelos no se detectaron diferencias estadísticas para suelo y métodos, mientras con el disponible hubo diferencias significativas (0,05 por ciento P) para métodos (Cuadros 15 y 16 del apéndice).

La comparación entre medias de los diferentes métodos por la prueba de Duncan no muestra diferencia significativa entre esas medias por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P).

#### 4.3.5 Molibdeno

La concentración de molibdeno extraída de los ocho suelos está presentada en el Cuadro 6. Aunque solamente el método de  $\text{HClO}_4$  60 por ciento permitió valores detectables, en los demás métodos este micronutriente es presentado como trazas. De acuerdo con Sherman (76) el molibdeno es convenientemente y efectivamente disuelto por medio de digestión con  $\text{HClO}_4$  60 por ciento.

Las concentraciones totales extraídas con el  $\text{HClO}_4$  60 por ciento.

Las concentraciones totales extraídas con el  $\text{HClO}_4$  60 por ciento, presentó un promedio de 2,50 ppm, con un promedio de 1,98; 2,98; y 2,33 ppm para los horizontes A, B y C respectivamente. Dichos valores se encuentran por encima del promedio

Cuadro 6. Concentración de Molibdeno total y disponible extraído por diferentes métodos.

| Suelo                      | Horizonte        | Profundidad | Total, ppm               |        | Disponible, ppm |                             |                                  |                                  |
|----------------------------|------------------|-------------|--------------------------|--------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                            |                  |             | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich | HCl<br>0,1 N    | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc, N<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc, N<br>pH 7,0 |
| CEPEC<br>(Alfisol)         | A <sub>1</sub>   | 0 - 11      | 2,82                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>3</sub>   | 11 - 20     | 2,50                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 20 - 34     | 2,56                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>2</sub>   | 34 - 62     | 2,68                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3</sub>   | 62 - 98     | 2,43                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>1</sub>   | 98 - 147    | 2,27                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>2</sub>   | 147 - 200   | 1,94                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| ITABUNA<br>(*alfisol)      | A <sub>1</sub>   | 0 - 7       | 1,73                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>2</sub>   | 7 - 16      | 1,85                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>3</sub>   | 16 - 27     | 2,16                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 27 - 36     | 3,71                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>2</sub>   | 36 - 64     | 2,13                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>1</sub>   | 64 - 78     | 2,18                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>2</sub>   | 78 - 100    | 2,11                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| HAZARE<br>(Ultisol)        | A <sub>1</sub>   | 0 - 10      | 2,09                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>2</sub>   | 10 - 18     | 2,83                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 18 - 36     | 3,95                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>2</sub>   | 36 - 53     | 4,21                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3</sub>   | 53 - 82     | 2,84                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>1</sub>   | 82 - 137    | 2,84                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>2</sub>   | 137 - 184   | 4,49                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| HIDROMORFICO               | A <sub>11</sub>  | 0 - 9       | 1,58                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>12</sub>  | 9 - 20      | 1,09                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>15</sub>  | 20 - 34     | 2,13                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>25</sub>  | 34 - 56     | 2,60                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>35</sub>  | 56 - 80     | 1,89                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>15</sub>  | 80 - 95     | 1,59                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C <sub>2</sub>   | 95 - 120    | 1,58                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| RIO BRANCO<br>(Inceptisol) | A <sub>1</sub>   | 0 - 8       | 2,25                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>3</sub>   | 8 - 17      | 1,91                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>1</sub>   | 17 - 30     | 1,37                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>2</sub>   | 30 - 55     | 1,62                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3-C</sub> | 55 - 75     | 1,93                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C-D              | + 75        | 2,25                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| ITAMIRIN<br>(Vertisol)     | A <sub>11</sub>  | 0 - 11      | 1,85                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>12</sub>  | 11 - 30     | 1,85                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>3</sub>   | 30 - 42     | 1,87                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 42 - 58     | 2,41                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>2</sub>   | 58 - 82     | 2,94                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3</sub>   | 82 - 97     | 3,43                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| VALENCA<br>(Oxisol)        | A <sub>1</sub>   | 0 - 12      | 1,58                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>3</sub>   | 12 - 23     | 1,87                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 23 - 58     | 5,39                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>21</sub>  | 58 - 110    | 4,45                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>22</sub>  | 110 - 154   | 5,34                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3</sub>   | 154 - 174   | 5,67                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| COLONIA<br>(Oxisol)        | A <sub>11</sub>  | 0 - 16      | 1,56                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | A <sub>12</sub>  | 16 - 29     | 2,14                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>1</sub>   | 29 - 63     | 1,96                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>21</sub>  | 63 - 103    | 2,07                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>22</sub>  | 103 - 130   | 2,07                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | B <sub>3</sub>   | 130 - 160   | 1,84                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
|                            | C                | 160 - 200   | 2,09                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| PROMEDIO GENERAL           |                  |             | 2,50                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| Promedio                   | A                |             | 1,98                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| Promedio                   | B                |             | 2,98                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |
| Promedio                   | C                |             | 2,33                     | tra.   | tra.            | tra.                        | tra.                             | tra.                             |

de suelos de diferentes regiones (2 ppm), señalado por Anderson (5) y Swaine (82). Las concentraciones más elevadas fueron observadas en los suelos Valenca, Nazaré, CEPEC e Itamirín con un promedio de 4,03; 3,32; 2,45 y 2,39 ppm respectivamente estando en los demás suelos por debajo de 2 ppm. El valor máximo de 5,67 ppm fue registrado en el suelo Valenca y el mínimo en el suelo Rio Branco con 1,09 ppm. El hecho de encontrarse el molibdeno en mayor concentración en el suelo Valenca (Oxisol) parece indicar su asociación con óxidos de hierro.

Algunos de los horizontes analizados y pertenecientes a los suelos Nazaré, Valenca e Itamirín, se puede considerar como de alto contenido en molibdeno.

En reciente investigación Vick y Thompson (92), reportan la extracción de molibdeno de algunos suelos de los Estados Unidos. La concentración de molibdeno extraído presenta el siguiente orden: 0,2 N HCl  $\gg$  N NH<sub>4</sub>OAc (pH 3,5) N NH<sub>4</sub>OAc (pH 6,5). Los mismos autores indican que el molibdeno extraído por el 70 por ciento HClO<sub>4</sub> + HF (48 por ciento) dividido por molibdeno determinado en el HClO<sub>4</sub> 60 por ciento es un buen índice de disponibilidad para aquellos suelos. Según estos autores el límite de respuestas o no respuestas a la aplicación de molibdeno, está entre 1,8 - 6,0, razón entre la concentración de molibdeno extraído por 70 por ciento de HClO<sub>4</sub> + HF (48 por ciento) y el molibdeno extraído por HClO<sub>4</sub> 60 por ciento.

En cuanto a la distribución de molibdeno en el perfil se observa que en casi todos los suelos, la concentración au-

menta en el horizonte B, volviendo a bajar con la profundidad. En el suelo Valencia, la concentración aumenta regularmente con la profundidad, diferenciándose de los demás suelos. Esto comprueba que la mayoría del molibdeno está asociado con concreciones o óxidos de hierro y aluminio. Así la distribución del Fe sigue la misma del molibdeno para los suelos CEPEC, Nazaré y Valencia, aumentando en los horizontes B.

El molibdeno disponible no fue detectado en ninguno de los suelos, apareciendo por lo tanto como trazas. Esa condición quizás sea debido a la sensibilidad del equipo de absorción atómica usado, al que aparentemente es poco sensible para lecturas muy bajas de molibdeno. Por otra parte se puede deducir que la baja concentración de molibdeno disponible de esos suelos puede ser debido a la tendencia del ión molibdato por los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio en forma adsorbida o precipitada ya que esos sesquióxidos presentan valores muy altos en todos los suelos estudiados.

Según Smith y Leeper (80) y Reisenauer y colaboradores (66) el ión molibdato al igual que los fosfatos son retenidos por los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, cambiando de la forma soluble a la insoluble.

Los coeficientes de correlación lineal calculados entre el molibdeno total y la materia orgánica o arcilla se presenta en los Cuadros 17 a 24 del apéndice.

Considerando los suelos estudiados hay correlación positiva y significativa entre el molibdeno total y la materia orgánica solamente en el suelo CEPEC. La correlación entre el

molibdeno total y la arcilla es positiva y significativa en los suelos Itamirín e Hidromórfico.

Los valores de molibdeno total y arcilla en relación a la profundidad de los suelos Itabuna, Nazaré y Valenca se presentan gráficamente en la Figura 7.

De las gráficas presentes en la Figura 7, se observa que existe una tendencia del molibdeno total de acompañar a la distribución de la arcilla, no obstante no haberse encontrado asociación significativa entre estas variables en los suelos Itabuna, Nazaré y Valenca. Por otra parte, la baja asociación entre dichas variables sugieren que el molibdeno total puede ser hallado más bien asociado con los óxidos hidratados de hierro y manganeso.

Gallego y Jolin (31) señalan que la distribución del molibdeno en el perfil del suelo se halla asociado con la presencia y distribución de las arcillas y óxidos hidratados de hierro y de manganeso.

#### 4.4 Efecto del encalado sobre contenido de micronutrientes

En el Cuadro 2 del apéndice se indica las características químicas de muestras superficiales en las cuales se estudió el efecto del encalado. Se observa que la aplicación de cal aumentó el pH y porcentaje de saturación de bases de las muestras. Se observa una leve influencia del tratamiento con cal sobre el  $Al^{3+}$  y  $H^+$  cambiante principalmente en oxisoles. Ese efecto se hace notar también en las formas libres de óxidos de hierro y aluminio. El tratamiento no ha influido en el contenido de la materia orgánica como era de esperar.

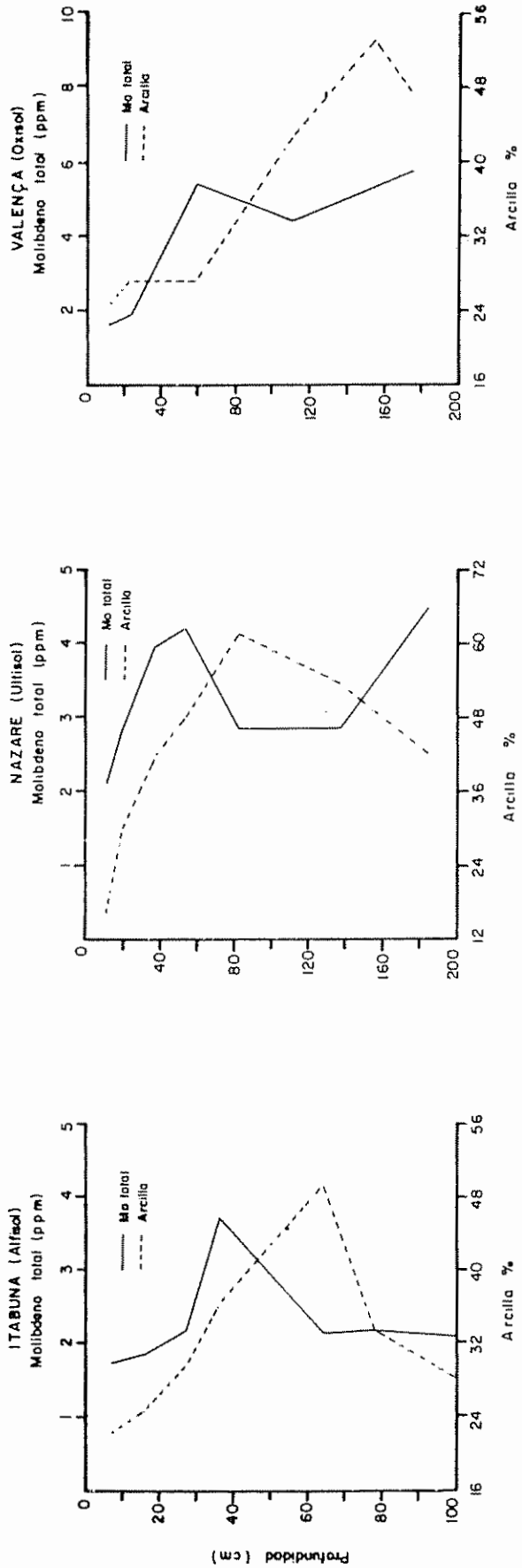


Fig 7 Distribución vertical de molibdeno total y cantidad de arcilla en los suelos Itabuna, Nazare y Valença

Las concentraciones totales y disponibles de micronutrientos de suelos superficiales tratados con encalado están presentados en el Cuadro 7 y 8.

De acuerdo con los resultados el encalado no causó cambios apreciables en los contenidos de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno total extraídos por  $\text{HClO}_4$  60 por ciento y Ulrich. Seguramente éso se debió al corto tiempo de incubación de las muestras de suelo. Sin embargo, observóse diferencias marcadas entre suelos y entre suelos y métodos.

Los datos encontrados para la forma disponible de los micronutrientos en las muestras superficiales, usando diferentes extractores no muestran grandes cambios debido al encalado. Los valores promedios de zinc y cobre prácticamente no difieren por el encalado, pero en cambio se observa una pequeña diferencia para el manganeso y hierro. Esos resultados parecen demostrar que no hay influencia del encalado en las formas disponibles de esos elementos, posiblemente, debido al corto tiempo de incubación a que fueron sometidas las muestras de suelo.

Los valores obtenidos indican gran variación entre suelos y entre métodos. En el caso de zinc y cobre, los extractores  $\text{HCl}$  0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento, extrajeron mayores concentraciones que las dos formas de acetatos de amonio. Las concentraciones de esos elementos extraídos por  $\text{HCl}$  0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento son muy similares, lo mismo ocurrió con los valores obtenidos con acetatos.

Las concentraciones de manganeso y hierro extraídos por  $\text{HCl}$ , 0,1 N y  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  1 por ciento, no difieren grandemente entre ellos,



Cuadro 7. Influencia del encalado en las concentraciones de Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro y Molibdeno totales extraídos por diferentes métodos.

| Suelos                     | Zinc (ppm)               |        | Cobre (ppm)              |        | Manganeso (ppm)          |         | Hierro (ppm)             |          | Molibdeno (ppm)          |        |
|----------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|---------|--------------------------|----------|--------------------------|--------|
|                            | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich  | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich   | HClO <sub>4</sub><br>60% | Ulrich |
| CEPEC<br>(Alfisol)         | Sin Cal                  | 75,8   | 43,2                     | 23,8   | 43,2                     | 1.955,0 | 10.368,0                 | 20.412,0 | 1,94                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 72,9   | 32,4                     | 23,8   | 43,2                     | 4.368,0 | 9.202,0                  | 20.142,0 | 2,19                     | tra.   |
| ITABUNA<br>(Alfisol)       | Sin Cal                  | 30,0   | 92,7                     | 14,8   | 25,8                     | 1.576,0 | 618,0                    | 14.162,0 | 2,09                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 30,6   | 113,6                    | 14,8   | 25,8                     | 1.576,0 | 618,0                    | 14.420,0 | 1,46                     | tra.   |
| NAZARE<br>(Ultisol)        | Sin Cal                  | 31,5   | 77,2                     | 18,4   | 51,5                     | 568,5   | 401,7                    | 17.665,0 | 2,09                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 29,2   | 77,3                     | 15,8   | 51,6                     | 568,5   | 401,7                    | 18.179,0 | 2,32                     | tra.   |
| HIDROMORFICO               | Sin Cal                  | 47,7   | 25,5                     | 14,7   | 40,8                     | 367,2   | 1.020,0                  | 14.178,0 | 1,32                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 55,1   | 15,3                     | 22,5   | 40,8                     | 520,2   | 1.020,0                  | 16.065,0 | 1,32                     | tra.   |
| RIO BRANCO<br>(Inceptisol) | Sin Cal                  | 37,8   | 32,1                     | 16,4   | 42,8                     | 417,3   | 294,3                    | 23.005,0 | 2,06                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 38,5   | 32,1                     | 15,4   | 42,8                     | 436,6   | 267,5                    | 23.807,0 | 2,17                     | tra.   |
| ITAMIRIN<br>(Vertisol)     | Sin Cal                  | 51,9   | 41,2                     | 19,0   | 41,2                     | 2.008,0 | 865,2                    | 19.982,0 | 1,85                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 48,2   | 36,0                     | 18,4   | 41,2                     | 1.378,0 | 865,2                    | 20.652,0 | 2,09                     | tra.   |
| VALENCA<br>(Oxisol)        | Sin Cal                  | 37,5   | 51,5                     | 20,9   | 25,8                     | 401,7   | 283,2                    | 24.359,0 | 1,86                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 33,6   | 46,4                     | 19,0   | 25,8                     | 370,8   | 272,9                    | 24.463,0 | 1,34                     | tra.   |
| COLONIA<br>(Oxisol)        | Sin Cal                  | 25,7   | 40,8                     | 18,2   | tra.                     | 171,4   | 132,6                    | 8.007,0  | 1,06                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 21,6   | 40,8                     | 18,8   | tra.                     | 201,9   | 132,6                    | 7.650,0  | 1,32                     | tra.   |
| PROMEDIO                   | Sin Cal                  | 42,3   | 50,5                     | 18,3   | 33,9                     | 1.215,2 | 696,2                    | 15.418,1 | 1,78                     | tra.   |
|                            | Con Cal                  | 41,2   | 49,2                     | 18,6   | 33,9                     | 1.177,5 | 684,8                    | 18.172,2 | 1,78                     | tra.   |

Cuadro 2. Influencia del encaudo en las concentraciones de Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro y Molibdeno disponibles extraídos por diferentes métodos.

| Suelos                     | Zinc. (ppm)  |                             |                               |                               | Cobre (ppm)  |                             |                               |                               | Manganeso (ppm) |                             |                               |                               | Hierro (ppm) |                             |                               |                               | molibdeno (ppm) |                             |                               |                               |
|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                            | HCl<br>0,1 N | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 7,0 | HCl<br>0,1 N | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 7,0 | HCl<br>0,1 N    | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 7,0 | HCl<br>0,1 N | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 7,0 | HCl<br>0,1 N    | Na <sub>2</sub> -EDTA<br>1% | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 4,8 | NH <sub>4</sub> OAc<br>pH 7,0 |
| CEPEC<br>(Alfisol)         | Sin Cal      | 27,4                        | 11,3                          | 0,2                           | 10,2         | 15,1                        | 2,2                           | 1,9                           | 2.335,0         | 2.538,0                     | 594,0                         | 159,6                         | 604,8        | 1.323,0                     | 64,8                          | 9,2                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 38,7                        | 11,3                          | 0,2                           | 9,7          | 14,9                        | 2,2                           | 1,9                           | 2.767,0         | 2.830,0                     | 459,0                         | 69,1                          | 518,4        | 945,0                       | 56,1                          | 7,5                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| ITABUNA<br>(Alfisol)       | Sin Cal      | 5,5                         | 2,3                           | 0,8                           | 3,1          | 1,9                         | 0,8                           | 1,5                           | 992,0           | 953,0                       | 353,3                         | 137,0                         | 654,0        | 597,4                       | 168,8                         | 1,0                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 6,2                         | 3,3                           | 2,1                           | 2,9          | 2,6                         | 0,8                           | 1,9                           | 958,0           | 942,5                       | 329,6                         | 56,7                          | 664,4        | 643,8                       | 200,9                         | tra.                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| KAZARE<br>(Ultisol)        | Sin Cal      | 2,9                         | 0,5                           | 0,5                           | 3,6          | 4,6                         | tra.                          | 0,4                           | 381,1           | 342,0                       | 170,9                         | 59,7                          | 556,2        | 363,5                       | 159,7                         | tra.                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 3,3                         | 0,5                           | 0,5                           | 3,9          | 4,1                         | tra.                          | 0,4                           | 350,2           | 295,6                       | 142,1                         | 32,9                          | 401,7        | 208,1                       | 49,9                          | tra.                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| HIDROMORFICO               | Sin Cal      | 6,6                         | 3,2                           | 2,4                           | 3,6          | 4,7                         | 1,6                           | 1,8                           | 197,9           | 165,8                       | 171,4                         | 107,0                         | 1.101,6      | 2.004,3                     | 270,3                         | 4,4                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 6,6                         | 3,6                           | 2,4                           | 3,6          | 4,7                         | 1,0                           | 1,8                           | 195,8           | 165,8                       | 183,6                         | 76,5                          | 1.105,7      | 2.045,1                     | 380,5                         | 4,4                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| RIO BRANCO<br>(Inceptisol) | Sin Cal      | 5,9                         | 3,2                           | 1,9                           | 2,5          | 3,8                         | 1,4                           | 1,6                           | 282,5           | 206,5                       | 139,1                         | 51,4                          | 481,5        | 385,2                       | 161,6                         | 3,2                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 5,9                         | 3,2                           | 1,6                           | 2,5          | 3,7                         | 1,4                           | 2,5                           | 305,0           | 192,6                       | 139,1                         | 85,9                          | 381,0        | 235,4                       | 78,1                          | 4,6                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| ITAMIRIN<br>(Vertisol)     | Sin Cal      | 6,7                         | 3,9                           | 2,6                           | 3,9          | 5,2                         | 1,3                           | 1,2                           | 889,9           | 746,8                       | 273,0                         | 87,6                          | 901,2        | 813,7                       | 95,8                          | 2,1                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 7,0                         | 4,1                           | 2,4                           | 4,1          | 5,2                         | 1,9                           | 1,2                           | 860,0           | 762,2                       | 245,1                         | 72,1                          | 860,0        | 751,9                       | 82,4                          | 3,1                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| VALENCA<br>(Oxisol)        | Sin Cal      | 1,0                         | 1,8                           | 0,8                           | 2,9          | 3,8                         | tra.                          | 0,6                           | 88,6            | 74,2                        | 76,2                          | 31,4                          | 839,5        | 710,7                       | 226,5                         | 2,1                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 1,6                         | 2,1                           | 0,9                           | 2,6          | 3,6                         | 0,3                           | 0,4                           | 80,3            | 66,9                        | 67,9                          | 14,2                          | 643,8        | 597,4                       | 111,2                         | tra.                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| COLOMBIA<br>(Oxisol)       | Sin Cal      | 2,4                         | 1,4                           | 0,8                           | 1,3          | 2,6                         | 0,8                           | 1,8                           | 81,2            | 6,4                         | 5,60                          | 3,6                           | 483,4        | 892,5                       | 351,9                         | 20,4                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 3,3                         | 2,2                           | 0,9                           | 0,2          | 1,2                         | 0,8                           | 1,5                           | 4,5             | 4,6                         | 4,6                           | 3,4                           | 550,8        | 826,2                       | 170,3                         | 16,6                          | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
| PROMEDIO                   | Sin Cal      | 8,8                         | 5,8                           | 2,8                           | 3,9          | 5,2                         | 1,0                           | 1,4                           | 709,3           | 629,1                       | 218,4                         | 75,9                          | 727,7        | 886,3                       | 185,9                         | 5,4                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |
|                            | Con Cal      | 9,1                         | 5,9                           | 2,8                           | 3,8          | 5,2                         | 1,1                           | 1,4                           | 690,2           | 657,5                       | 196,3                         | 43,3                          | 633,4        | 781,6                       | 141,2                         | 4,5                           | tra.            | tra.                        | tra.                          | tra.                          |

mientras que las concentraciones extraídas por el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8 difieren ampliamente de aquellas extraídas con el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 7,0. Esa diferencia es debido a la influencia del pH de la solución extractora, como señala Viets y Bawn (95), habiendo intercambio de  $\text{H}^+$  por metales unidos a la materia orgánica, durante el proceso de extracción, liberando así gran parte de la forma disponible que se encuentra fuertemente retenida por la misma (62), lo que no ocurre con el acetato de amonio a pH 7,0.

Tisdale y Nelson (85) señalan que el encalado en suelos ácidos disminuye la disponibilidad de zinc, posiblemente como resultado de la adsorción de ese elemento por los carbonatos de calcio y magnesio. En el presente caso, el corto tiempo de incubación y los pequeños cambios de pH pueden ser una de las fallas en la comprobación de tal efecto.

Peech (61) en Florida señala que la concentración de Cu fue reducida por efecto del encalado. Al contrario Lundblund y Jhonson citados por Black (8) no encontraron ninguna asociación entre la reacción del suelo y la disponibilidad de ese elemento.

De acuerdo con Tisdale y Nelson (85) el encalado favorece la formación de manganeso tri y tetravalente, induciendo una disminución en la disponibilidad de ese elemento. En el Cuadro 8 se observa que esa conclusión puede ser aplicada a los resultados encontrados en la presente investigación.

La disminución del hierro disponible por efecto del encalado, aunque pequeña como se observa en el Cuadro 8, quizás esté de acuerdo con las conclusiones de Demolon (22) quien señala que en condiciones

alcalinas, los iones ferrosos y férricos reaccionan con el ión  $\text{OH}^-$  dando formación a hidróxidos insolubles.

En los Cuadros 11 y 16 del apéndice se muestran los análisis de variancia por elemento total y disponible de los ocho suelos. Se observa respuestas diferenciales altamente significativas para suelos, métodos y la interacción suelo-métodos, mientras que para el encalado no hubo diferencias estadísticas significativas (0,01 por ciento P).

La comparación entre medias de los diferentes suelos y entre métodos, usando la prueba de Duncan, indican que hay diferencias significativas al 5 por ciento de probabilidad entre suelos y entre métodos. La comparación por elemento muestra la siguiente secuencia.

La comparación entre medias de zinc total de los diferentes suelos por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), indican que el suelo Itabuna es el de mayor concentración en zinc. En segundo lugar, están los suelos CEPEC y Nazaré los que difieren estadísticamente de los suelos Hidromórficos, Rio Branco y Colonia, pero no difieren estadísticamente de los suelos Itamirin y Valenca. Finalmente no hay diferencia significativa entre los suelos Itamirin, Valenca, Hidromórfico, Rio Branco y Colonia. Las medias de zinc disponibles usando la misma prueba y en el mismo grado indican que el suelo CEPEC es el de mayor capacidad productiva. En segundo lugar está el suelo Itamirin el que difiere de los suelos Nazaré, Colonia y Valenca, pero no difiere estadísticamente de los suelos Hidromórfico, Itabuna y Rio Branco. Estos últimos difieren estadísticamente de los suelos Nazaré, Colonia y Valenca. Finalmente, no hay diferencia significativa entre los suelos Nazaré, Colonia y Valenca. Esta comparación es mejor visualizada en las siguientes gráficas:

Zinc total

|        |       |        |       |        |         |          |        |
|--------|-------|--------|-------|--------|---------|----------|--------|
| Itabu. | CEPEC | Nazar. | Itam. | Valen. | Hidrom. | R. Bran. | Colon. |
| 66,8   | 56,1  | 53,8   | 44,3  | 42,3   | 35,9    | 35,13    | 32,23  |

Zinc disponible

|       |       |         |        |          |        |        |         |
|-------|-------|---------|--------|----------|--------|--------|---------|
| CEPEC | Itam. | Hidrom. | Itabu. | R. Bran. | Nazar. | Colon. | Valenc. |
| 19,44 | 3,49  | 3,30    | 2,99   | 2,86     | 1,59   | 1,43   | 1,10    |

La comparación entre medias de cobre total de los diferentes suelos por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P) indican que entre los suelos Nazaré, CEPEC, Itamirin, Hidromórfico y Rio Branco no hay diferencia significativa, pero en cambio difieren de los suelos Valencia, Itabuna y Colonia. El suelo Colonia difiere estadísticamente de los suelos Valencia e Itabuna, mientras que entre estos dos últimos suelos no hay diferencia significativa. Las medias de cobre disponible usando la prueba de Duncan y en el mismo grado muestra que el suelo CEPEC es el de mayor capacidad productiva. En segundo lugar está el suelo Itamirin el que difiere de los suelos Nazaré, Itabuna, Valencia y Colonia, pero no difiere de los suelos Hidromórfico y Rio Branco, estadísticamente de los suelos Hidromórfico y Rio Branco. Estos últimos difieren estadísticamente de los suelos Nazaré, Itabuna, Valencia y Colonia. Finalmente no hay diferencia significativa

entre los suelos Rio Branco, Nazaré, Itabuna, Valenca y Colonia. Esta comparación es mejor visualizada en las siguientes gráficas:

Cobre total

|       |       |       |       |          |         |        |        |
|-------|-------|-------|-------|----------|---------|--------|--------|
| Nazr. | CEPEC | Itam. | Hidr. | R. Bran. | Valenc. | Itabu. | Colon. |
| 34,3  | 33,5  | 29,9  | 29,7  | 29,3     | 22,8    | 20,3   | 9,2    |

Cobre disponible

|       |       |        |          |        |        |        |        |
|-------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| CEPEC | Itam. | Hidro. | R. Bran. | Nazar. | Itabu. | Valen. | Colon. |
| 7,28  | 3,00  | 2,85   | 2,43     | 2,13   | 1,94   | 1,78   | 1,59   |

La comparación entre medias de manganeso total de los diferentes suelos por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), indican que el suelo CEPEC es el de mayor concentración en manganeso. En segundo lugar está el suelo Itamirin que no difiere estadísticamente del suelo Itabuna. Los suelos Itamirin e Itabuna difieren estadísticamente de los suelos Nazaré, Rio Branco, Valenca y Colonia, mientras el suelo Hidromórfico difiere estadísticamente del suelo Colonia significativo entre los suelos Nazaré, Rio Branco, Valenca y Colonia. Las medias de manganeso disponible usando la prueba de Duncan (0,05 por ciento P) indican que el suelo CEPEC es el de mayor concentración de manganeso. En segundo lugar está el suelo Itabuna e Itamirin, los que difieren de los suelos Nazaré, Rio Branco, Hidromórfico, Valenca y Colonia. Por

otro lado el suelo Colonia difiere del suelo Nazaré, pero en cambio no difiere estadísticamente de los suelos Rio Branco, Hidromórfico y Valenca. Finalmente no hay diferencia significativa entre los suelos Nazaré, Rio Branco, Hidromórfico y Valenca. Estas comparaciones son mejor visualizadas en las siguientes secuencias:

Manganeso total

| CEPEC   | Itam.   | Itab.   | Hidro. | Nazar. | R. Bran. | Valen. | Colon. |
|---------|---------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 3.109,0 | 1.279,1 | 1.097,0 | 731,8  | 485,1  | 353,9    | 332,1  | 159,6  |

Manganeso disponible

| CEPEC   | Itabu. | Itam  | Nazar. | R. Blanc. | Hidro. | Valen. | Colon. |
|---------|--------|-------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| 1.527,7 | 590,3  | 491,9 | 221,8  | 167,9     | 157,9  | 62,5   | 4,99   |

La comparación entre medias de hierro total de los diferentes suelos, por la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), indican que el suelo Rio Branco es el de mayor concentración en hierro pero no difiere estadísticamente de los suelos Itamirin y Nazaré. Estos últimos difieren estadísticamente de los suelos Itabuna, CEPEC, Hidromórfico y Colonia, pero en cambio no difiere estadísticamente del

suelo Colonia, mientras que el Hidromórfico difiere estadísticamente del suelo Itabuna. Finalmente no hay diferencia significativa entre los suelos CEPEC e Hidromórfico. Las medias de hierro disponible usando la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), indican que el suelo Hidromórfico es el de mayor concentración en hierro. En segundo lugar está el suelo, CEPEC el que difiere de los suelos Nazaré y Río Branco pero no difiere estadísticamente de los suelos Colonia Itamirin, Valenca e Itabuna. Entre estos últimos no hay diferencia significativa, pero los suelos Colonia e Itamirin difieren estadísticamente de los suelos Nazaré y Río Branco. Estas comparaciones son mejor visualizadas en las siguientes secuencias:

Hierro total

|          |        |        |        |        |        |        |        |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| R. Bran. | Itam.  | Nazar. | Valen. | Itab.  | CEPEC  | Hidro. | Colon. |
| 25.794   | 23.909 | 21.599 | 20.286 | 15.596 | 15.031 | 11.003 | 5.780  |

---

---

---

---

Hierro disponible

|        |       |       |       |        |       |        |           |
|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------|
| Hidro. | CEPEC | Coln. | Itam  | Valen. | Itab. | Nazar. | R. Branc. |
| 864,6  | 441,1 | 439,0 | 438,9 | 391,4  | 365,8 | 217,4  | 208,8     |

---

---

---

La comparación entre medias de los diferentes extractores, de la forma total de micronutrientes, usando la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), no muestran diferencia significativa entre el HClO<sub>4</sub>



60 por ciento y Ulrich, para hierro y zinc, pero en cambio con el cobre el método de Ulrich es el mejor extractor y difiere estadísticamente este último. El mejor extractor de manganeso total usando dicha prueba y en el mismo grado es el HClO<sub>4</sub> 60 por ciento, el que difiere estadísticamente de Ulrich. Estas comparaciones son mejor visualizadas en las siguientes gráficas:

| <u>Cobre total</u> |                   | <u>Manganeso total</u> |              |
|--------------------|-------------------|------------------------|--------------|
| Ulrich             | HClO <sub>4</sub> | HClO <sub>4</sub>      | Ulrich       |
| <u>33,9</u>        | <u>18,4</u>       | <u>1.196,4</u>         | <u>690,6</u> |

La comparación entre medias de los diferentes extractores, de la forma disponible de micronutrientes, usando la prueba de Duncan (0,05 por ciento P), indican que el HCl 0,1 N es el mejor extractor para zinc. En segundo lugar el Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento difiere del NHOAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0. Este último difiere del NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH 4,8. El mejor extractor de cobre es el Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento el que difiere de las dos formas de acetatos. Por otro lado no hay diferencia significativa entre las dos formas de acetatos. En el caso del Mn y Fe no hay diferencia significativa entre HCl 0,1 N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento, pero en cambio ellos difieren estadísticamente de las dos formas de acetatos. En segundo lugar, el NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH 4,8 difiere estadísticamente del NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH 7,0. Estas comparaciones es mejor visualizarlas en las siguientes gráficas:

| <u>Zinc disponible</u> |                       |                     |                     | <u>Cobre disponible</u> |             |                     |             |
|------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| HCl                    | Na <sub>2</sub> -EDTA | NH <sub>4</sub> OAc | NH <sub>4</sub> OAc | Na <sub>2</sub> -EDTA   | HCl         | NH <sub>4</sub> OAc | NHOAc       |
| <u>8,93</u>            | <u>5,98</u>           | <u>2,79</u>         | <u>0,49</u>         | <u>5,19</u>             | <u>3,86</u> | <u>1,40</u>         | <u>1,03</u> |

Manganeso disponible

| HCl   | Na2-EDTA | NH4OAc | NH4OAc |
|-------|----------|--------|--------|
| 699,7 | 643,3    | 209,6  | 59,8   |

Hierro disponible

| Na2-EDTA | HCl   | NH4OAc | NH4OAc |
|----------|-------|--------|--------|
| 833,9    | 680,5 | 164,1  | 4,98   |

## 5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se puede destacar las siguientes conclusiones:

1. El suelo CEPEC mostro mayores concentraciones de las formas total y disponible de zinc, cobre y manganeso que los suelos Itabuna, Nazaré, Rio Branco e Itamirin. Las mayores concentraciones de hierro total fueron registradas en los suelos Nazaré, Rio Branco e Itamirin, mientras que para la forma disponible de hierro las concentraciones fueron encontradas en los suelos Hidromórfico, CEPEC, Itabuna, Itamirin, Valenca y Colonia. Los valores de molibdeno total no mostraron gran variación entre suelos.
2. Las concentraciones de los micronutrientes estudiados representan solamente un índice general de su presencia en los suelos estudiados. Por otra parte y con base en sus concentraciones disponibles, se puede atribuir mayores posibilidades agronómicas para los suelos CEPEC, Itabuna, Rio Branco e Itamirin, pues éstos presentan además, mayores porcentajes de saturación de bases.
3. Los métodos de extracción de la forma total de micronutrientes presentaron variaciones amplias en las concentraciones encontradas; éste fue particularmente notorio en los suelos Itabuna, Nazaré, Hidromórfico y Colonia. En cuanto a la forma disponible el HCl 0,1 N extrajo más zinc que los demás métodos, mientras que el Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento fue el más eficiente en la extracción de cobre, manganeso e hierro disponible. Por consiguiente, se podría recomendar el HCl 0,1 N como la solución ex-

tractora más adecuada para zinc disponible en los suelos estudiados, mientras que el Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento sería el más conveniente para cobre, manganeso y hierro disponibles de esos mismos suelos. Tanto el HCl 0,1 N como el Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento se pueden usar como extractores igualmente eficientes para manganeso.

4. El encalado de las muestras superficiales (0 - 20 cm) no causó cambios apreciables en las dos formas totales y disponibles de los elementos estudiados. Sin embargo, causó cambios en algunas características químicas, por ejemplo pH, aluminio intercambiable, C.I.C. y óxidos libres de hierro y aluminio.
5. En general los horizontes más ricos en arcillas minerales presentaron mayores concentraciones de la forma total de los micronutrientes estudiados, encontrándose además una cierta asociación entre las concentraciones totales y el contenido de arcilla mineral.
6. En la mayoría de los suelos, la forma disponible de los micronutrientes analizados se presentó en mayor concentración en los horizontes superficiales.
7. Los resultados de este estudio muestran que las concentraciones para la forma disponible de los micronutrientes analizados, puede no ser el diagnóstico más importante dentro de ciertos límites en relación al crecimiento de las plantas. El criterio más razonable en relación a la posible recomendación inmediata de fertilización usando dichos resultados sería el establecimiento de la concentración relativa de los elementos. Eso permitiría estable-

cer un balance entre las cantidades de elementos añadidos y aquellas ya existentes en el suelo. El desbalance de iones tales como cobre, hierro y manganeso, en el suelo podría sugerir el establecimiento de una relación  $Fe/(Cu+Mn)$ , pudiéndose esperar deficiencias de hierro si esta relación es baja. Por otro lado, en suelos con altas concentraciones de fósforo, se podría esperar deficiencias de zinc en las plantas. Sin embargo, tales relaciones requieren ser estudiadas más a fondo para cada suelo y cultivo, especialmente asociando dichas relaciones con respuestas biológicas de corto plazo.

8. Los resultados alcanzados en la presente investigación, son de gran importancia para el programa de fertilización que la CEFLAC viene conduciendo en la región cacotera de Bahía, Brasil, puesto que esos elementos han sido relegados a planos secundarios. Por otro lado, la recomendación de una fórmula de fertilizante, balanceada a base de los datos obtenidos en este estudio, presenta limitaciones por no disponerse de rangos de suficiencia para los suelos de la región estudiada. Será necesario establecer correlaciones entre esos resultados y pruebas biológicas o a través de análisis foliares usando material obtenido en los mismos lugares a los que corresponden los ocho suelos estudiados.

## 6. RESUMEN

Se han analizado muestras de ocho perfiles de suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil y muestras de suelos superficiales de los mismos perfiles que habían sido incubadas anteriormente con una mezcla de óxido de calcio y magnesio en la proporción de 4:1 por el espacio de 40 días. En todas ellas se han determinado los contenidos totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno. Se utilizaron el  $\text{HClO}_4$  al 60 por ciento y el método de Ulrich para el total y  $\text{HCl}$  0,1 N,  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  al 1 por ciento y  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 para el disponible.

Los valores de zinc total extraído por  $\text{HClO}_4$  al 60 por ciento, oscilan entre 13,7 y 82,6 ppm con un promedio de 36,4 ppm. El método de Ulrich presenta valores que varían de trazas a 105 ppm, con un promedio de 37,1 ppm de Zn. La variación del método Ulrich posiblemente es debida a la cantidad muy pequeña de muestra analizada. El zinc disponible extraído por  $\text{HCl}$  0,1 N,  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  al 1 por ciento y  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 3,9; 2,2; 0,1 y 0,1 ppm.

Las concentraciones de cobre extraído por  $\text{HClO}_4$  al 60 por ciento oscilan entre 1,8 y 61,9 ppm con un promedio de 15,9 ppm. El método de Ulrich presenta valores que varían de trazas a 98,1 ppm de cobre, con un promedio de 19,3 ppm. El cobre disponible extraído por  $\text{HCl}$  0,1 N,  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ , 1 por ciento y  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 2,1; 2,2; 0,6 y 0,7 ppm.

Las concentraciones de manganeso total extraído por  $\text{HClO}_4$  al 60 por ciento oscilan entre 49,9 y 4.082,4 ppm con un promedio de 515,6 ppm. El método de Ulrich presenta valores que varían de trazas a 2.160,0 ppm con un promedio de 388,1 ppm de manganeso. El manganeso

disponible extraído por HCl 0,1 N, Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento y NH<sub>4</sub>OAc 1 N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 116,4; 194,9; 41,5 y 14,9 ppm.

Los resultados para el hierro total extraído por HClO<sub>4</sub> al 60 por ciento quedan entre 3.488,0 y 27.686,0 ppm con un promedio de 11 896,1 ppm. El método de Ulrich presenta valores que varían de 5.665,0 a 29.975,0 ppm de Fe con un promedio de 13.070,0 ppm. El Fe disponible extraído por HCl 0,1 N, Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento y NH<sub>4</sub>OAc 1N a pH 4,8 y a pH 7,0 son respectivamente 142,7; 206,8; 22,6 y 2,7 ppm.

Los valores de molibdeno total extraídos por HClO<sub>4</sub> al 60 por ciento oscilan entre 1,09 y 5,67 ppm con un promedio de 2,50 ppm. El método de Ulrich no permitió detectar cantidades significativas, mostrando solamente trazas.

El encalado de los suelos superficiales no mostró efectos apreciables en la forma total y disponible de los micronutrientes analizados. Sin embargo, causó cambios en el pH, aluminio intercambiable, C.I.C. y óxidos libres de hierro y aluminio.

Con los resultados obtenidos, totales y disponibles, se ha establecido correlaciones lineales de estas variables con la materia orgánica o arcilla.

Se usó análisis de variancia para la comparación de suelos, métodos de extracción y efecto del encalado. Se encontró para suelos superficiales diferencias altamente significativas entre suelos y entre métodos, pero en cambio no se detectó diferencias significativas entre los tratamientos con encalado y sin encalado. En los perfiles se encontró diferencias significativas entre suelos y entre métodos para el manganeso disponible. Con el cobre y hierro disponible la diferencia entre métodos también fue significativa.

La arcilla y el sesquióxido de hierro fueron las características químicas que más influenciaron la distribución de la forma total de los micronutrientes analizados en los perfiles, mientras la forma disponible fue fuertemente influenciada por la materia orgánica.



## 7. SUMMARY

Total and available forms of Zn, Cu, Mn, Fe and Mo were determined for 8 soil profile samples from Cocon Region, of Bahía, Brasil. For total analysis the method described by Ulrich and 60% HClO<sub>4</sub> were used, whereas for available forms, 0,1 N HCl 1% Na<sub>2</sub>-EDTA, and N NH<sub>4</sub>OAc at pH 7,0 and 4,8 were used.

Total zinc concentration ranged from 13,7 to 82,6 ppm with an average of 36,4 ppm by 60% HClO<sub>4</sub>, whereas values from trace to 105 ppm with an average of 37,1 ppm were detected by the method of Ulrich. The average values for available zinc extracted with 0,1 N HCl, 1% Na<sub>2</sub>-EDTA, and N NH<sub>4</sub>OAc at pH 4,8 and 7,0 were respectively 3,9; 2,2; 0,1 and 0,1 ppm.

Total copper extracted with HClO<sub>4</sub> ranged from 1,8 to 61,8 ppm with an average of 15,9 ppm, whereas Ulrich's method the values obtained ranged from trace to 98,1 ppm and an average of 19,3 ppm. Available copper were 2,1; 2,2; 0,6 and 0,7 ppm for 0,1 HCl, 1% Na<sub>2</sub>-EDTA, and N NH<sub>4</sub>OAc at pH 4,8 and 7,0 respectively.

Total manganese extracted with 60% HClO<sub>4</sub> ranged from 49,9 to 4.082,4 ppm with an average of 515,6 ppm. Values from trace to 2.160,0 ppm with an average of 388,1 were detected by Ulrich's method. Available manganese were 116,4; 194,9; 41,5 and 14,9 ppm for 0,1 N HCl, 1% Na<sub>2</sub>-EDTA, N NH<sub>4</sub>OAc at pH 4,8 and 7,0 respectively.

Total iron extracted ranged from 3.488 to 27.686 ppm with an average of 11.896 ppm with 60% HClO<sub>4</sub> method, whereas for Ulrich's method the values ranged from 5.665 to 29.975 ppm with an average of 18.070 ppm. Available iron were 142,7; 206,8; 22,6 and 2,7 ppm for

0,1 N HCl, 1% Na<sub>2</sub>-EDTA, II NH<sub>4</sub>OAc at pH 4,8 and 7,0 respectively.

Total molybdenum extracted with 60% HClO<sub>4</sub> ranged from 1,09 to 5,67 ppm with an average of 2,50 ppm. By the method of Ulrich no detectable amount of molybdenum was extracted, therefore indicated as traces.

Lime treatment of surface sample did not affect neither total nor available content of trace elements in these soils.

The total content of trace elements down in the profile were closely associated with clay content, while available forms had higher concentration at the surface where organic matter accumulates.

## 8. LITERATURA CITADA

1. ABRUEÑA, F. y VICENTE, C. J. Refinement of a quantitative method for determining the lime requirements of soils. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 39(1):41-45. 1955.
2. \_\_\_\_\_, VICENTE, C. J. y PEARSON, R. W. Effects of liming on yields and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. *Soil Science Society of America. Proceedings* 28(5):657-661. 1964.
3. ALVIM, P. T. y FONSECA, R. Soil fertility survey of cacao region of Bahia by maize of microplot test. *In Reunión Grupo Técnico de Trabajo, FAO Producción de Cacao, 1a., Roma, Sept. 7-11, 1964. Roma, FAO, 1964. 1 v.*
4. AMIN, J. V. y JOHAM, H. E. A molybdenum cycle in the soil. *Soil Science* 85(3):156-160. 1958.
5. ANDERSON, A. J. Molybdenum as a fertilizer. *Advances in Agronomy* 8:163-202. 1956.
6. BARROWS, H. L., NEFF, M. S. y GAMMON, Jr., N. Effect of soil type on mobility of zinc in the soil and on its availability from zinc sulfate to tung. *Soil Science Society of America. Proceedings* 24:367-372. 1960.
7. BERGER, K. C. Micronutrient deficiencies in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 10(3):178-181. 1962.
8. BLACK, C. A. *Soil-plant relationships*. 2a. ed. New York, Wiley, 1968. 792 p.
9. \_\_\_\_\_, *et al.*, eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. 2 v., 1572 p.
10. BONDAR, G. Solos de Estado da Bahia. *Boletim Geográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* no. 78: 601-609. 1949.
11. BOULD, C. y HEWITT, E. J. Mineral nutrition of plants in soils and in culture media. *In Steward, F. C., ed. Plant Physiology*. New York, Academic Press, 1963. v. 3. pp. 15-133.

12. BRADFORD, G. R. et al. Total content of nine mineral elements in fifty selected Benchmark soil profiles of California. *Hilgardia* 38(14):541-556. 1967.
13. BROWN, A. L. Zinc relationships in Aiken Clay Loam. *Soil Science* 69:349-358. 1950.
14. BUTLER, J. R. Trace-element distribution in some Lincashire soils. *Journal of Soil Science* 5(1):156-166. 1954.
15. CABALL, F. R. Influencia del encalado en las formas, fijación y disponibilidad de fósforo en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1970. 97 p.
16. \_\_\_\_\_., MIRANDA, E. R. DE y PRADO, E. P. DO. Efeitos da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacaueteiro na Bahia. *Cacao (Costa Rica)* 15(2): 1-10. 1970.
17. \_\_\_\_\_ et al. Deficiências minerais e efeitos da adubação na região cacaueteira da Bahia. *In Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacao, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Novembro 19-26, 1967. Memórias. Sao Paulo, CEPLAC, 1969. pp. 436-442.*
18. CHAPMAN, H. D. y PRATT, P. F. *Methods of analysis for soils, plants and waters.* California, University of California, 1961. 309 p.
19. DAVID, D. J. Determination of zinc and other elements in plants by atomic-absorption spectroscopy. *Analyst* 83(993):655-661. 1958.
20. DEB, B. C. The movement and precipitation of iron oxides in podzol soils. *Journal of Soil Science* 1(1):112-122. 1949.
21. DELECOUR, F. Distribution des oligo-éléments cuivre, zinc et molybdene dans les sols forestiers de L'Ardenne Belge. I. Formes totales. *Pedologie* 18(1):43-62. 1968.
22. DEMOLON, A. *Crecimiento de los vegetales cultivados.* 5a. ed. Trad. del francés por José Pérez Malla. Barcelona, Omega, 1966. 587 p.
23. DION, H. G. y MANN, P. J. G. Three-valent manganese in soils, *Journal of Agricultural Science* 36(4):239-245. 1946.
24. ELGABALY, M. M. Mechanism of zinc fixation by colloidal clays and related minerals. *Soil Science* 69:167-173. 1950.
25. FISKEL, J. G. A. Copper. *In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis.* Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v.2., pp. 1078-1089.

26. FLEMING, G. A. WALSH, T. y RYAN, P. Some factors influencing the content and profile distribution of trace elements in Irish soils. In International Congress of Soil Science, 9th., Adelaide, Australia, August 6-16, 1968. Transactions, Sidney, Halstead Press, 1968. v. 2, pp. 341-350.
27. FRAGOSO, M. A. C. Microelementos en solos de Angola. Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar. Memórias. 1959. 238 p.
28. FREITAS, I. M. M. DE, McCLUNG, A. C. y LOTT, W. L. Experimentos de abonos en dos zonas de tierras altas de sabana del Brasil, 1958-1959. IBEC Research Institute Boletín 21. 1960. 30 p.
29. GALLEGO, R. y FERNANDEZ, E. Oligoelementos en los suelos de las Vegas Altas del Guadiana. Anales de Edafología y Agrobiología 22:307-322. 1963.
30. \_\_\_\_\_. y FERNANDEZ, E. Oligoelementos en distintos tipos de suelos del Norte de España. Anales de Edafología y Agrobiología 23:637-654. 1964.
31. \_\_\_\_\_. y JOLIN, T. Relaciones entre la composición de los suelos y su contenido en molibdeno. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal 17:785-804. 1958.
32. GILBERT, F. A. Copper in nutrition. Advances in Agronomy 4: 147-177. 1952.
33. GOLDSCHMIDT, V. M. Geochemistry. London, Oxford University Press, 1958. 730 p.
34. GRIGG, J. L. Determination of the available molybdenum of soils. New Zealand Journal of Science and Technology 34(5):405-414. 1953.
35. HIBBARD, P. L. A soil zinc survey in California. Soil Science 49:63-72. 1940.
36. HODGSON, J. F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. Advances in Agronomy 15:119-159. 1963.
37. HOLMES, R. S. Copper and zinc contents of certain United States Soils. Soil Science 56:359-370. 1943.
38. JACKSON, H. L. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1958. 498 p.
39. JONES, H. ., GALL, O. E. y BARNETTE, R. M. The reaction of zinc sulfate with the soil. Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin 298. 1936. 43 p.
40. JONES, L. H. P. Interaction of molibdenum and iron in soils. Science 123:1116. 1956.

41. JONES, L. H. F. The solubility of molybdenum in simplified systems and aqueous soil suspensions. *Journal of Soil Science* 8(2):313-327. 1957.
42. KAHN, H. L. Instrumentation for atomic absorption-part one. *Journal of Chemical Education* 43(1):A7-A40. 1966.
43. KARIN, A. M. B., HUSSAIN, M. y CHOUDHURY, S. Studies on the manganese content and its distribution in some East Pakistan Soils. *Soil Science* 90(2):129-132. 1960.
44. KLIMAN, S. The importance of ferrous iron in plants and soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 2:385-392. 1937.
45. LEEPER, G. H. The forms and reactions of manganese in the soil. *Soil Science* 63:79-94. 1947.
46. McCLUNG, A. C. et al. Estudios preliminares sobre la fertilidad de los suelos de sabanas en el Brasil. IBEC Research Institute. *Boletín* 13. 1957. 19 p.
47. McLEAN, E. O., et al. Aluminum in soils: V. Form of aluminum as a cause of soil acidity and a complication in its measurement. *Soil Science* 97(2):119-126. 1964.
48. MARINHO, M. L. Influencia do fosforo e sesquióxidos livres na absorçao de 65 Zn por milho em solos tropicais. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1970. 80 p.
49. MARTENS, D. C., CHESTERS, G. y PETERSON, L. A. Factors controlling the extractability of soil zinc. *Soil Science Society of America. Proceedings* 30(1):67-69. 1966.
50. MAURY, P. B. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto, en algunos suelos del Antiplano de Pastos, Nariño-Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1959. 106 p.
51. MEHLICH, A. Base unsaturation and pH in relation to soil type. *Soil Science Society of America. Proceedings* 6:150-156. 1941.
52. \_\_\_\_\_, y DRAKE, M. Soil chemistry and plant nutrition. In Bear, F. E., ed. *Chemistry of the Soil*. New York, Reinold, 1955. pp. 286-327.
53. MENESES, M. J. V. Determinación de boro, cobalto, cobre y molibdeno en suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1970. 74 p.

54. MERKLE, F. G. Oxidation-reduction processes in soils. In Bear, F. E., ed. Chemistry of the soil. New York, Reinold, 1955. pp. 200-218.
55. MILLAR, C. E. y TURK, L. M. Fundamentals of soil science. 2a. ed. New York, Willey, 1951. 510 p.
56. MITCHEL, R. L. Trace elements in soils. In Bear F. E., ed. Chemistry of the soil. 2a. ed. New York, Reinold, 1964. pp. 320-368.
57. NAIR, G. G. K. y MEHTA, B. V. Status of zinc in soils of Western India. Soil Science 87(3):155-159. 1959.
58. NELSON, J. L., BOAMN, L. C. y VIETS, Jr., F. G. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc an tetratable alkalinity values. Soil Science 88(5):275-283. 1959.
59. \_\_\_\_\_. y MELSTED, S. W. The chemistry of zinc added to soils and clays. Soil Science Society of America. Proceedings 19(4):439-443. 1955.
60. OLMIOS, J. et al. Solos da regiao cacueira da Bahia e do Espirito Santo. In Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Novembro 19-26, 1967. Memórias. Sao Paulo, CEPLAC, 1969. pp. 393-403.
61. FEECH, M. Availability of ions in light sandy soils as affected by soil reaction. Soil Science 51:473-486. 1941.
62. \_\_\_\_\_. Chemical methods for assessing soil fertility. In Kitchen, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, D.C., American Potash Institute, 1948. pp. 1-52.
63. POWERS, W. L. y PANG, T. S. Status of zinc in relation to Oregon soil fertility. Soil Science 64:29-36. 1947.
64. RAMIREZ, M. J. Determinación de zinc en materiales vegetales por fotometría de llama por absorción atómica. Anales de Edafología y Agrobiología 26:1211-1226. 1967.
65. RAVIKOVITCH, S., MARGOLIN, M. y NAVROT, J. Microelements in soils of Israel. Soil Science 92(2):85-89. 1961.
66. REISEHAUER, H. M., TABIKH, A. A. y STOUT, P. R. Molybdenum reactions with soils and the hydrous oxides of iron, aluminum and titanium. Soil Science Society of America. Proceedings 26(1):23-27. 1962.
67. ROBINSON, J. W. Atomic absorption spectroscopy. New York, Marcel Dekker, 1966. 204 p.

68. ROLDAN RETANA, J. A. Diferentes formas de magnesio en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Tesis Lic. Quim. San José, Universidad de Costa Rica, 1969. 61 p.
69. RUBINSTEIN, J. K. Determinación de cobre y zinc en suelos y plantas de café por espectrofotometría de absorción atómica. Tesis Lic. Quim. San José, Universidad de Costa Rica, 1968. 68 p.
70. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. S. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1961. 107 p.
71. SAMPAIO, J. V. Disponibilidades en nutrientes dos solos de cacau da Bahia. In Reuniao do Comité Técnico Interamericano de Cacau, 6a., Bahia, Brasil, 1956. Informe. Bahia, Brasil, Instituto de Cacau da Bahia, 1957. pp. 243-251.
72. SANCHEZ, B. y Dios, R. Estudio químico de suelos naturales y agrícolas Gallegos y de las reacciones entre su contenido en nutrientes. IV. Manganeso, Hierro y Aluminio. Anales de Edafología y Agrobiología 23:411-430. 1964.
73. SAUCHELLI, V. Trace elements in agriculture. New York, Reinold, 1969. 248 p.
74. SHERMAN, G. D. y FUJIMOTO, C. K. The effect of the use of lime, soil fumigants, and mulch on the solubility of manganese in Hawaiian soils. Soil Science Society of America. Proceedings 11:206-210. 1946.
75. \_\_\_\_\_., McHARGY, J. S. y HODGKISS, W. S. Determination of active manganese in soil. Soil Science 54:253-257. 1942.
76. SHERMAN, H. S. Colorimetric determination of phosphorus in soils. Industry Engineering Chemical Analytical Edition 14:182-185. 1950.
77. SILVA, L. F. DA et al. Características dos principais solos de cacau da Bahia. In Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Novembro 19-26, 1967. Memórias. Sao Paulo, CEPLAC, 1969. pp. 412-416.
78. \_\_\_\_\_ et al. Solos das bacias inferiores dos rios Imada e Cachoeira da Bahia. Bahia, CEPLAC. Boletim Técnico 1969. 55 p.
79. SELVIN, I. Atomic absorption spectroscopy. New York, Interscience, 1968. 307 p.
80. SMITH, B. H. y LEEFER, G. W. The fate of applied molybdate in acidic soils. Journal of Soil Science 20(2):246-254. 1969.



81. SPEART, J. A. y BERGER, K. C. Estimation of available soil zinc using magnesium chloride as extractant. *Soil Science* 100(4):244-250. 1965.
82. SWAINE, D. J. The trace-element content of soils. Commonwealth Bureau of Soil Science. Technical Communication no. 48. 1955. 157 p.
83. \_\_\_\_\_, y MITCHEL, R. L. Trace-element distribution in soil profiles. *Journal of Soil Science* 11(2):347-368. 1960.
84. THORNE, D. W., LAWS, W. D. y WALLACE, A. Zinc relationships of some Utah soils. *Soil Science* 54:463-468. 1942.
85. TISDALE, L. S. y NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers. 2a. ed. New York, McMillan, 1967. 694 p.
86. TRUOG, E. Soil reaction influence on availability of plant nutrients. *Soil Science Society of America. Proceedings* 11:305-308. 1946.
87. TUCKER, T. C. y KURTZ, L. T. A comparison of several chemical methods with the bio-assay procedure for extracting zinc from soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 19:477-481. 1955.
88. ULRICH, B., HEMPLER, K. y BENZLER, J. H. Zur analitischen Bestimmung von Gesamtphosphorsaeure und laktatloeslicher phosphorsaeure in bodenproben. *Die Phosphorsaeure* 20:344-347. 1960.
89. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL SURVEY STAFF. Supplement to soil classification system (7th approximation). Washington, D. C., U.S. Government Printing Office, 1967. 207 p.
90. VERIGINA, K. V. Methods for determination of some trace-elements and iron in soil. In *Academy of Science of the USSR, VV. Dokuchaev Institute of Soil Science., ed. Agrochemical methods in study of soils. Trad. del russo.* 4th ed. Washington, D.C., Indian National Scientific Documentation Centre, 1969. pp. 559-591.
91. VETTORI, L. Métodos de análise de solos. Equipe de Pedologie e Fertilidade do solo. Brasil, Ministerio de Agricultura. Boletín Técnico no. 7. 1969. 24 p.
92. VICK, C. C. y PHOMPSON, L. F. Molybdenum extraction studies of selected Southern soils. *Agronomy Abstracts* 1970:129.
93. VIETS, Jr., F. G. y BOAWN, L. C. Zinc. In *Black, C. A. et al. eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, pp. 1090-1101.*

94. WELLS, N. Total elements in topsoils from igneous rocks: an extension of geochemistry. *Journal of Soil Science* 11(2): 409-424. 1960.
95. WILLIAMS, C. H. y MOORE, C. W. E. the effect of stage of growth on the copper, zinc, manganese and molybdenum contents of Algerian oats grown on thirteen soils. *Australian Journal of Agricultural Research* 3(4):343-361. 1952.
96. WILLIS, J. B. Nitrous oxide-acetylene flame in atomic absorption spectroscopy. *Nature* 207(4998):715-716. 1965.

A P E N D I C E

## METODOS ANALITICOS

Método de Ulrich: Se siguió la técnica descrita por Ulrich y colaboradores (88).

Se pesan por duplicado 0,100 g de suelo secado al aire, pasado por tamiz de nylon con 1 mm de malla, en un erlenmeyer de 125 ml y se le agregan 30 ml de agua regia (22,5 ml de HCl conc. y 7,5 ml de HNO<sub>3</sub> conc.), 4 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y 1 ml de HClO<sub>4</sub> concentrado. Después las muestras son agitadas por algunos minutos y colocadas sobre una placa de calefacción dentro de una campana. Las muestras son digeridas a volumen pequeño, cerca de 5 ml. Se lava las paredes del beacker con agua desionizada caliente, filtrando enseguida a través de papel de filtro (Whatman no. 40), se recoge el filtrado en un volumétrico de 50 ml y se lava a volumen con agua desionizada. Sobre el filtrado se determina zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno, usando un equipo de absorción atómica.

Método con HClO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: Se utilizó el método descrito por Jackson (38).

Se pesan por duplicado 2 g de suelo secado al aire, pasado por tamiz de nylon con 1 mm de malla, en tubos de ensayo y se le agregan 10 ml de la mezcla de ácidos, relación 10:1. Los tubos son colocados en un erlenmeyer de tres litros, de boca ancha, que contiene una capa de 2,5 cm de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, cubierta con un embudo invertido. Seguidamente, se calientan los tubos lentamente en el baño de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> hasta que la digestión se complete. Después de enfriado los tubos, se diluye el residuo con agua desionizada hasta un volumen de 12 ml, se filtra la suspensión a través de papel de filtro (Whatman no. 40) y se lava el residuo con 5 ml de agua desionizada. Sobre el filtrado se determina zinc, cobre, manganeso, hierro y

molibdeno.

Método con HCl 0,1 N: Se usó el método descrito por Fiskel (25).

Se pesan por duplicado 2,5 g de suelo pasado por tamiz con 1 mm de malla, en tubos de centrifuga de 50 cc y se le agregan 25 ml de HCl 0,1 N. Los tubos fueron cerrados con tapones de hule, protegidos con polietileno para evitar contaminaciónes. Las muestras fueron agitadas mecánicamente por 60 minutos, seguidamente, se centrifuga y se filtra a través de un embudo provisto de una fina tela de nylon para retener partículas más gruesas. Sobre el filtrado se determina zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno.

Método con Na<sub>2</sub> - EDTA 1 por ciento: Se siguió la técnica descrita por Rubinstein (69).

Se pesan por duplicado 2,5 g de suelo secado al aire, pasado por tamiz de nylon con 1 mm de malla, en tubos de centrifuga de 50 cc y se les agregan 25 ml de Na<sub>2</sub>-EDTA al 1 por ciento. Una vez cerrado con tapones de hule protegidos con polietileno se agitan las muestras mecánicamente por 30 minutos, se centrifuga y se filtra a través de un embudo provisto de una fina tela de nylon. Sobre el filtrado se determina zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno.

Método con NH<sub>4</sub>OAc, 1 N a pH 7,0: Se siguió la técnica descrita por Saiz del Rio y Bernemisza (70).

Se pesan por duplicado 2,5 g de suelo, secado al aire, pasado por tamiz de nylon con 1 mm de malla, en tubos de centrifuga de 50 cc y se le agregan 25 ml de NH<sub>4</sub>OAc, 1 N a pH 7,0 y cerrando bien los tubos. Después se agitan las muestras mecánicamente, por 60 minutos se centrifuga y se filtra a través de un embudo provisto de una fina tela de nylon. Sobre el filtrado se determina zinc, cobre, manganeso,

hierro y molibdeno.

Método con  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , 1 N a pH 4,8: Se siguió la técnica descrita por Verigina (90).

Se siguieron las mismas indicaciones que en el método anterior, con la diferencia que se usaron como solución extractora  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N a pH 4,8.

CUADRO 2. Influencia del encañado en algunas de las características químicas de los suelos superficiales estudiados (0-20 cm). †

| Suelos                     | H <sub>2</sub> O<br>1:1 | pH<br>CaCl <sub>2</sub><br>1:2 | C<br>% | N<br>% | C/N   | Bases cambiab.<br>meq/100 g<br>TS 105°C |       |      | Suma<br>de bases<br>'S' | Acidez<br>cambiable<br>meq/100 g | Capaci-<br>dad de<br>intercam-<br>bio cati-<br>nico (T)<br>meq/100 g | Satura-<br>ción de<br>bases | Oxidos<br>libres en<br>% |       |       |      |      |   |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|--------|-------|---|-------|------|-------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|-------|-------|------|------|---|
|                            |                         |                                |        |        |       | Ca++                                    | Mg++  | K+   |                         |                                  |  |                             |                          | Na+   | Al+++ | H+   | V %  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Total |
| CPECE<br>(Alfisol)         | sin cal                 | 6,6                            | 6,2    | 3,36   | 0,353 | 9,5                                     | 13,44 | 6,54 | 1,09                    | 0,95                             | 22,02  | 0,08                        | 18,73                    | 40,83 | 53,9  | 4,23 | 7,47 | 11,70   |
|                            | con cal                 | 6,6                            | 6,2    | 3,24   | 0,342 | 9,5                                     | 13,88 | 6,53 | 0,98                    | 0,94                             | 22,33  | 0,09                        | 17,76                    | 40,18 | 55,6  | 4,25 | 7,64 | 11,99   |
| ITABUNA<br>(Alfisol)       | sin cal                 | 6,3                            | 5,8    | 1,26   | 0,196 | 6,4                                     | 5,30  | 3,52 | 0,09                    | 0,36                             | 9,27   | 0,26                        | 11,84                    | 21,37 | 43,4  | 3,84 | 5,89 | 9,73  |
|                            | con cal                 | 6,7                            | 6,3    | 1,22   | 0,196 | 6,2                                     | 6,35  | 3,76 | 0,09                    | 0,34                             | 10,54  | 0,24                        | 9,80                     | 20,58 | 51,2  | 3,46 | 5,88 | 9,34  |
| HAZARÉ<br>(Ultisol)        | sin cal                 | 6,2                            | 5,4    | 1,59   | 0,205 | 7,7                                     | 2,76  | 2,39 | 0,12                    | 0,39                             | 5,66   | 0,45                        | 11,87                    | 17,92 | 31,6  | 3,82 | 5,86 | 8,68  |
|                            | con cal                 | 6,6                            | 6,1    | 1,61   | 0,194 | 8,3                                     | 4,01  | 2,84 | 0,12                    | 0,38                             | 7,35   | 0,40                        | 8,97                     | 16,76 | 43,8  | 3,70 | 5,49 | 8,19  |
| HIDROMORFICO               | sin cal                 | 6,6                            | 6,0    | 1,66   | 0,194 | 8,5                                     | 5,56  | 2,83 | 0,11                    | 0,43                             | 8,93   | 0,22                        | 10,64                    | 19,99 | 44,9  | 1,53 | 0,65 | 2,18  |
|                            | con cal                 | 7,0                            | 6,5    | 1,75   | 0,194 | 9,0                                     | 6,50  | 4,88 | 0,10                    | 0,42                             | 11,90  | 0,20                        | 7,36                     | 19,46 | 61,1  | 1,78 | 0,65 | 2,43  |
| RIO BRAHCO<br>(Inceptisol) | sin cal                 | 5,8                            | 5,2    | 2,05   | 0,241 | 8,5                                     | 3,72  | 2,53 | 0,15                    | 0,36                             | 6,76   | 0,38                        | 17,61                    | 24,75 | 27,3  | 9,27 | 8,06 | 17,33   |
|                            | con cal                 | 6,0                            | 5,7    | 1,97   | 0,219 | 9,0                                     | 5,58  | 3,26 | 0,14                    | 0,35                             | 9,33   | 0,30                        | 14,25                    | 23,88 | 39,1  | 7,83 | 7,54 | 15,37   |
| ITAHIRIM<br>(Vertisol)     | sin cal                 | 6,6                            | 6,1    | 1,19   | 0,174 | 6,8                                     | 5,03  | 3,36 | 0,20                    | 0,33                             | 8,92   | 0,19                        | 10,79                    | 19,80 | 45,0  | 2,40 | 5,37 | 7,77  |
|                            | con cal                 | 6,9                            | 6,3    | 1,39   | 0,174 | 8,0                                     | 5,03  | 3,11 | 0,20                    | 0,33                             | 8,67   | 0,20                        | 9,27                     | 18,14 | 47,9  | 1,92 | 4,82 | 6,64  |
| VALENÇA<br>(Oxisol)        | sin cal                 | 5,9                            | 4,8    | 2,56   | 0,196 | 13,0                                    | 1,51  | 1,50 | 0,18                    | 0,39                             | 3,58   | 1,29                        | 12,67                    | 18,54 | 19,3  | 8,15 | 8,18 | 16,33   |
|                            | con cal                 | 6,5                            | 5,8    | 2,40   | 0,190 | 12,6                                    | 3,70  | 2,37 | 0,17                    | 0,40                             | 6,64   | 0,36                        | 10,57                    | 17,57 | 37,8  | 6,94 | 8,53 | 15,47   |
| COLONIA<br>(Oxisol)        | sin cal                 | 5,5                            | 4,4    | 1,06   | 0,126 | 8,4                                     | 0,91  | 0,40 | 0,08                    | 0,31                             | 1,70   | 0,95                        | 9,87                     | 12,52 | 13,6  | 3,31 | 1,08 | 4,29  |
|                            | con cal                 | 6,4                            | 5,9    | 1,18   | 0,121 | 9,7                                     | 3,79  | 1,45 | 0,09                    | 0,32                             | 5,65   | 0,63                        | 4,09                     | 10,37 | 54,5  | 2,84 | 1,08 | 3,32  |

† Datos publicados por Cabala, P. R. (1970)

Cuadro 3. Condiciones de operación del equipo de absorción atómica.

| Condiciones de operación | Unidades            | Zinc                              | Cobre | Manganeso | Hierro | Molibdeno |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|-----------|--------|-----------|
| Longitud de Onda         | mu                  | 214                               | 325   | 279       | 248    | 313       |
| Abertura (Slit)          | A                   | 5                                 | 4     | 5         | 3      | 3         |
| Cátodo Hueco             | ma                  | 15                                | 15    | 15        | .20    | 30        |
| Aire                     | lb/pug <sup>2</sup> | 9                                 | 9     | 9         | 9      | 7,5       |
| Acetileno                | lb/pug <sup>2</sup> | 6,5                               | 6,5   | 6,0       | 8,0    | 10,0      |
| Modo de operación        |                     | Paso simple con precalentamiento. |       |           |        |           |



Cuadro 4. Interferencia de elementos mayores en la absorbancia de Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro y Molibdeno.

| Elemento Interferente | Concentración ppm | Absorbancia de:          |                           |                               |                               |                             |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                       |                   | 2 ppm de Zinc Porcentaje | 2 ppm de Cobre Porcentaje | 2 ppm de Molibdeno Porcentaje | 2 ppm de Manganeso Porcentaje | 20 ppm de Hierro Porcentaje |
| Calcio                | 0                 | 102                      | 113                       | 100                           | 101                           | 102                         |
|                       | 10                | 102                      | 108                       | 69                            | 101                           | 100                         |
|                       | 100               | 107                      | 108                       | 48                            | 100                           | 98                          |
|                       | 1.000             | 106                      | 100                       | 43                            | 101                           | 96                          |
| Potasio               | 10                | 102                      | 112                       | 98                            | 99                            | 100                         |
|                       | 100               | 102                      | 110                       | 109                           | 100                           | 100                         |
|                       | 1.000             | 100                      | 103                       | 110                           | 98                            | 98                          |
| Magnesio              | 10                | 100                      | 113                       | 100                           | 101                           | 98                          |
|                       | 100               | 102                      | 112                       | 114                           | 99                            | 102                         |
|                       | 1.000             | 98                       | 107                       | 136                           | 99                            | 100                         |
| Aluminio              | 10                | 106                      | 118                       | 122                           | 101                           | 98                          |
|                       | 100               | 97                       | 112                       | 135                           | 96                            | 96                          |
|                       | 1.000             | 97                       | 97                        | 148                           | 89                            | 92                          |
| Fósforo               | 10                | 106                      | 110                       | 96                            | 100                           | 101                         |
|                       | 100               | 103                      | 110                       | 109                           | 100                           | 98                          |
|                       | 1.000             | 98                       | 103                       | 117                           | 100                           | 96                          |
| Azufre                | 10                | 102                      | 107                       | 102                           | 102                           | 98                          |
|                       | 100               | 103                      | 107                       | 83                            | 98                            | 97                          |
|                       | 1.000             | 100                      | 100                       | 88                            | 99                            | 97                          |

Cuadro 5. Efecto del Oxidante en la absorbancia de 2 ppm de molibdeno.

| Elemento Interferente | Concentración ppm | Absorbancia con: |                         |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
|                       |                   | Acetileno-Aire   | Acetileno-Oxido Nitroso |
|                       | 0                 | 35               | 58                      |
| Calcio                | 10                | 39               | 40                      |
|                       | 100               | 18               | 28                      |
|                       | 1.000             | 28               | 25                      |
|                       | 10                | 28               | 57                      |
| Potasio               | 100               | 31               | 63                      |
|                       | 1.000             | 40               | 64                      |
|                       | 10                | 51               | 58                      |
| Magnesio              | 100               | 22               | 66                      |
|                       | 1.000             | 32               | 79                      |
|                       | 10                | 51               | 71                      |
| Aluminio              | 100               | 56               | 78                      |
|                       | 1.000             | 47               | 86                      |
|                       | 10                | 15               | 56                      |
| Fósforo               | 100               | 25               | 63                      |
|                       | 1.000             | 32               | 68                      |
|                       | 10                | 51               | 59                      |
| Azufre                | 100               | 41               | 48                      |
|                       | 1.000             | 28               | 51                      |

Cuadro 6. Distribución de Zinc en algunos suelos.

| Suelos                                      | Profundidad<br>(cm) | Zinc en ppm |             |   | Referencia                  |
|---|---------------------|-------------|-------------|---|-----------------------------|
|   |                     | Total       | Disponibles | Extractor   |                             |
| Suelos arcillosos de<br>Carolina del Norte. | 0 - 15              | 53,0        | ----        | HNO <sub>3</sub> /HF                              | Holmes<br>(37)              |
|   | 15 - 80             | 70,0        | ----        |   |                             |
|   | 80 - 150            | 73,0        | ----        |   |                             |
| Suelos aluvionales de<br>California.        | 0 - 30              | 55,0        | ----        | HClO <sub>4</sub> /HF                             | Bradford<br>(12)            |
|   | 30 - 96             | 51,0        | ----        |   |                             |
|   | 06 - 180            | 51,0        | ----        |   |                             |
| Suelos arenosos de<br>Israel                | 0 - 30              | 49,0        | 4,3         | Total: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /<br>HF.    | Ravikovitch<br>(65)         |
|   | 30 - 60             | 48,0        | 3,3         | Disp.: EDTA                                       |                             |
|   | 60 - 90             | 48,0        | 3,3         |   |                             |
| Suelos aluvionales de<br>Israel             | 0 - 30              | 130,0       | 8,6         | Total: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /<br>HF. P: | Ravikovitch<br>(65)         |
|   | 30 - 60             | 110,0       | 5,5         | Disp: EDTA  |                             |
|   | 60 - 90             | 97,0        | 5,3         |   |                             |
| Suelos andosoles de<br>Costa Rica           | 0 - 30              | -----       | 7,2         | HCl 0,1 N   | Rubinstein<br>(69)          |
|   | 30 - 60             | -----       | 4,9         |   |                             |
|   | 60 - 90             | -----       | 3,8         |   |                             |
| Suelo aluvional de<br>Costa Rica            | 0 - 20              | -----       | 8,1         | HCl 0,1 N   | Marinho<br>(48)             |
|   |                     |             |             |   |                             |
| Suelo Podzol de<br>Australia                | 0 - 10              | 2,9         | ----        | HCl 6 M   | Williams y<br>Moore<br>(95) |
|   |                     |             |             |   |                             |
|   |                     |             |             |   |                             |
|   |                     |             |             |   |                             |
| Suelos ferralíticos de<br>Angola            | 0 - 6               | 300,0       | ----        |   | Fragoso<br>(27)             |
|   | 6 - 13              | 300,0       | ----        |   |                             |
|   | 13 - 32             | 300,0       | ----        |   |                             |
| Suelos arcillosos de<br>California          | 32 - 58             | 300,0       | ----        | KCl 0,05 N  | Hibbard<br>(35)             |
|   | 0 - 15              | -----       | 4,4         |   |                             |
|   | 15 - 50             | -----       | 2,3         |   |                             |
| Suelo aluvional de<br>Missisipi             | 0 - 15              | 72,0        | ----        | HNO <sub>3</sub> /HF                              | Holmes<br>(37)              |

Cuadro 7. Distribución de Cobre en algunos suelos.

|  |             | Cobre en ppm |             |   |                        |
|--|-------------|--------------|-------------|---|------------------------|
| Suelos                                   | Profundidad | Total        | Disponibile | Extrator                                      | Referencia             |
| Suelos aluvionales de Carolina del Norte | 0 - 15      | 43,0         | ----        |   | Holmes (37)            |
|  | 15 - 80     | 56,0         | ----        |   |                        |
|  | 80 - 150    | 56,0         | ----        |   |                        |
| Suelos aluvionales de California         | 0 - 30      | 12,0         | ----        | HClO <sub>4</sub> /HF                         | Bradford (12)          |
|  | 30 - 96     | 11,0         | ----        |   |                        |
|  | 96 - 180    | 9,0          | ----        |   |                        |
| Suelos arenosos de Israel                | 0 - 30      | 18,1         | 2,1         | Total: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /<br>HF | Ravikovitch (65)       |
|  | 30 - 60     | 16,2         | 1,9         | Dis: EDTA                                     |                        |
|  | 60 - 90     | 14,0         | 1,3         | Total: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /<br>HF |                        |
| Suelos aluvionales de Israel             | 0 - 30      | 34,3         | 5,5         | Disp: EDTA                                    | Ravikovitch (65)       |
|  | 30 - 60     | 32,5         | 5,2         |   |                        |
|  | 60 - 90     | 31,6         | 4,2         | HCl 0,1 N                                     |                        |
| Suelos andosoles de Costa Rica           | 0 - 30      | ----         | 17,4        |   | Rubinstein (69)        |
|  | 30 - 60     | ----         | 19,9        |   |                        |
|  | 60 - 90     | ----         | 26,3        |   |                        |
| Suelos andosoles de Pastos-Colombia      | 0 - 30      | 8,6          | ----        | HCl 6 N                                       | Maury (50)             |
|  | 40 - 60     | 7,4          | ----        |   |                        |
| Suelos aluvionales del Valle de Sunbudoy | 0 - 35      | 44,0         | ----        |   | Menezes (53)           |
|  | + 35        | 32,7         | ----        | HCl 6 N                                       |                        |
| Suelos ferralíticos de Angola            | 0 - 6       | 8,0          | ----        |   | Fragoso (27)           |
|  | 6 - 13      | 15,0         | ----        |   |                        |
|  | 13 - 32     | 25,0         | ----        |   |                        |
|  | 32 - 58     | 40,0         | ----        |   |                        |
| Suelos Florestales de Escocia            | 6 - 20      | ----         | 0,4         | Ac. Acetico                                   | Swaine y Mitchell (83) |
|  | 33 - 48     | ----         | 0,1         | 2,5%  |                        |
|  | 60 - 76     | ----         | 0,1         |   |                        |
|  | 90 - 106    | ----         | 0,2         |   |                        |

cuadro 8. Distribución de Manganeso en algunos suelos.

| Suelo  | Profundidad<br>(cm) | Manganeso en ppm |            | Extrator   | Referencia                   |
|--|---------------------|------------------|------------|--|------------------------------|
|  |                     | Total            | Disponible |  |                              |
| Suelos aluvionales de<br>California          | 0 - 30              | 540,0            | ----       | HClO <sub>4</sub> /HF                                | Bradford                     |
|  | 30 - 96             | 515,0            | ----       |  |                              |
|  | 96 - 130            | 441,0            | ----       |  |                              |
| Suelos latosol de<br>Costa Rica              | 0 - 20              | ---              | 3,8        | ACONH <sub>4</sub><br>pH 7,0                         | Retana                       |
| Suelo aluvional de<br>Costa Rica             | 0 - 20              | ----             | 10,0       | ACONH <sub>4</sub><br>pH 7,0                         | Retana                       |
| Suelo ácido de<br>Kentucky                   | 0 - 20              | ----             | 2,8        | ACONH <sub>4</sub><br>pH 7,0                         | Sherman y co-<br>Laboradores |
| Suelo arcillo-arenoso<br>de España           | 0 - 25              | 25,0             | ----       | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /<br>HNO <sub>3</sub> | Gallejo y<br>Fernández       |
|  | 25 - 80             | 175,0            | ----       |  |                              |
|  |                     |                  |            |  |                              |
| Suelos Florestales de<br>Escocia             | 6 - 20              | ----             | 87,0       | Acido-acéti<br>co 2,5%                               | Swaine y<br>Mitchel          |
|  | 33 - 48             | ----             | 15,0       |  |                              |
|  | 60 - 76             | ----             | 6,0        |  |                              |
|  | 90 - 106            | ----             | 13,0       |  |                              |
| Suelos ferralíticos<br>de Angola             | 0 - 6               | 300,0            | ----       |  | Fragoso                      |
|  | 6 - 13              | 300,0            | ----       |  |                              |
|  | 13 - 32             | 206,0            | ----       |  |                              |
|  | 32 - 58             | 200,0            | ----       |  |                              |
| Suelo arcilloso del<br>Sudoeste del Pacífico | 0 - 15              | 900,0            | ----       |  | Wells                        |
| Suelo Podzol de<br>Australia                 | 0 - 10              | 2.670,0          | ----       | HCl 6 N  | Williams y<br>Moore          |

Cuadro 9. Distribución de Hierro en algunos suelos.

| Suelos                            | Profundidad<br>(CM) | Hierro en ppm |            | Extrator            | Referencia                |
|-----------------------------------|---------------------|---------------|------------|---------------------|---------------------------|
|                                   |                     | Total         | Disponible |                     |                           |
| Suelos aluvionales de California  | 0 - 30              | 24.400,0      | -----      | HClO4/HF            | Bradford (12)             |
|                                   | 30 - 96             | 28.000,0      | -----      |                     |                           |
|                                   | 96 -180             | 24.000,0      | -----      |                     |                           |
| Suelos arcillo-arenosos de España | 0 - 25              | 1.190,0       | -----      | H2SO4/HNO3          | Gallego y Fernández (29)  |
|                                   | 25 - 80             | 6.760,0       | -----      |                     |                           |
|                                   | + 80                | 3.800,0       | -----      |                     |                           |
| Suelos ácidos de España           | C - 10              | -----         | 4,3        | ACONH4 pH 7         | Sánchez y Dios (72)       |
|                                   | 10 - 25             | -----         | 0,8        |                     |                           |
|                                   | 25 - 54             | -----         | 0,7        |                     |                           |
|                                   | 54 - 90             | -----         | 4,0        |                     |                           |
|                                   | + 90                | -----         | tra.       |                     |                           |
| Suelos Podzolicos de España       | 10 - 30             | 2.700,0       | -----      | H2SO4/HNO3          | Gallegos y Fernández (50) |
|                                   | 30 - 40             | 3.550,0       | -----      |                     |                           |
|                                   | 40 - 50             | 16.500,0      | -----      |                     |                           |
|                                   | 50 - 60             | 18.400,0      | -----      |                     |                           |
|                                   | 60 - 80             | 5.600,0       | -----      |                     |                           |
| Suelos Florestales de Escocia     | 6 - 20              | -----         | 10,0       | Ac. Acético<br>2,5% | Swaine y Mitchel (83)     |
|                                   | 33 - 48             | -----         | 5,0        |                     |                           |
|                                   | 60 - 76             | -----         | 5,0        |                     |                           |
|                                   | 90 -106             | -----         | 5,0        |                     |                           |

Cuadro 10. Distribución de Molibdeno en algunos suelos.

| Suelos                                   | Profundidad<br>(cm) | Molibdeno en ppm |            |  | Referencia                  |
|--|---------------------|------------------|------------|--|-----------------------------|
|  |                     | Total            | Disponible | Extrator   |                             |
| Suelos aluvionales de California         | 0 - 30              | 1,25             | ----       | HClO <sub>4</sub> /HF                            | Bradford<br>(12)            |
|  | 30 - 96             | 3,70             | ----       |  |                             |
|  | 96 -180             | 1,36             | ----       |  |                             |
| Suelo Vertisol de California             | 0 - 13              | 0,90             | ----       | HClO <sub>4</sub> /HF                            | Bradford<br>(12)            |
|  | 13 - 30             | 1,13             | ----       |  |                             |
| Suelos ferralíticos ácidos de Angola     | 0 - 6               | 1,00             | ----       |  | Fragosc<br>(27)             |
|  | 6 - 13              | 1,00             | ----       |  |                             |
|  | 13 - 32             | 1,00             | ----       |  |                             |
|  | 32 - 58             | 1,00             | ----       |  |                             |
| Suelos arcillo-arcenos de España         | 0 - 25              | 0,10             | ----       | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /HNO <sub>3</sub> | Gallego y Fernández<br>(29) |
|  | 25 - 80             | 0,42             | ----       |  |                             |
|  | + 80                | 0,26             | ----       |  |                             |
| Suelos Podzolicos de España              | 10 - 30             | 0,50             | ----       | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /HNO <sub>3</sub> | Gallego y Fernández<br>(30) |
|  | 30 - 40             | 0,62             | ----       |  |                             |
|  | 40 - 50             | 0,46             | ----       |  |                             |
|  | 50 - 60             | 0,52             | ----       |  |                             |
|  | 60 - 80             | 0,22             | ----       |  |                             |
| Suelos andosoles de Pastos-Colombia.     | 0 - 30              | 1,04             | ----       | HCl 6 N  | Maury<br>(50)               |
|  | 40 - 60             | 0,90             | ----       |  |                             |
| Suelos aluvionales del Valle de Sunbudoy | 0 - 35              | 3,76             | ----       | HCl 6 N  | Menezas<br>(53)             |
|  | + 35                | 2,01             | ----       |  |                             |
| Suelos Florcstales de Escocia            | 6 - 20              | ----             | 0,01       | Ac. Acético<br>2,5%                              | Swaine y Mitchel<br>(83)    |
|  | 33 - 48             | ----             | 0,10       |  |                             |
|  | 60 - 76             | ----             | 6,07       |  |                             |
|  | 90 -106             | ----             | 0,05       |  |                             |
| Suelos Podzolicos de Australia           | 0 - 10              | 2,80             | ----       | HCl 6 N  | William y Moore<br>(95)     |

Cuadro 11. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en suelos superficiales.

| Zinc disponible            |    |          |        |          |    |
|----------------------------|----|----------|--------|----------|----|
| F.V.                       | GL | SC       | CM     | F        |    |
| Suelos                     | 7  | 2.080,45 | 297,21 | 6.323,60 | ++ |
| Métodos                    | 3  | 648,24   | 216,08 | 4.597,45 | ++ |
| S/C-C/C                    | 1  | 0,08     | 0,08   | 1,70     | NS |
| Suelos x métodos           | 21 | 1.272,22 | 60,58  | 1.288,98 |    |
| Métodos x S/C-C/C          | 3  | 0,24     | 0,08   | 1,70     | NS |
| Suelos x S/C-C/C           | 7  | 0,68     | 0,09   | 2,06     | NS |
| Suelos x Métodos x S/C-C/C | 21 | 0,99     | 0,05   |          |    |
| T o t a l                  | 63 | 4.002,90 |        |          |    |
| Cobre disponible           |    |          |        |          |    |
| F.V.                       | GL | SC       | CM     | F        |    |
| Suelos                     | 7  | 191,08   | 27,30  | 455,00   | ++ |
| Métodos                    | 3  | 190,82   | 63,60  | 1.060,00 | ++ |
| S/C-C/C                    | 1  | 0,00     | 0,00   | 0,00     | NS |
| Suelos x métodos           | 21 | 152,25   | 7,25   | 120,83   | ++ |
| Métodos x S/C-C/C          | 3  | 0,07     | 0,02   | 0,38     | NS |
| Suelos x S/C-C/C           | 7  | 0,42     | 0,06   | 1,00     | NS |
| Suelos x métodos x S/C-C/C | 21 | 1,23     | 0,06   |          |    |
| T o t a l                  | 63 | 535,87   |        |          |    |

++ Significancia a 1 por ciento de probabilidad

+ Significancia a 5 por ciento

NS No significativo



Cuadro 12. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en suelos superficiales.

| F.V.                       | Manganeso disponible |             |            |        |    |
|----------------------------|----------------------|-------------|------------|--------|----|
|                            | GL                   | SC          | CM         | F      |    |
| Suelos                     | 7                    | 13843867,39 | 1977695,34 | 832,26 | ++ |
| Métodos                    | 3                    | 4815404,19  | 1605134,73 | 671,24 | ++ |
| S/C - C/C                  | 1                    | 2436,66     | 2436,66    | 1,03   | NS |
| Suelos x Métodos           | 21                   | 9443847,30  | 449707,01  | 189,24 | ++ |
| Métodos x S/C - C/C        | 3                    | 9216,10     | 3072,03    | 1,29   | NS |
| Suelos x S/C - C/C         | 7                    | 3336,08     | 476,58     | 0,21   | NS |
| Suelos x Métodos x S/C-C/C | 21                   | 49901,87    | 2376,28    |        |    |
| T o t a l                  | 63                   | 28168009,59 |            |        |    |

| F. V.                      | Hierro disponible |             |            |        |    |
|----------------------------|-------------------|-------------|------------|--------|----|
|                            | GL                | SC          | CM         | F      |    |
| Suelos                     | 7                 | 2306245,75  | 329463,68  | 114,94 | ++ |
| Métodos                    | 3                 | 7631955,16  | 2543985,17 | 887,50 | ++ |
| S/C - C/C                  | 1                 | 60399,21    | 60399,21   | 21,07  | ++ |
| Suelos x Métodos           | 21                | 2857870,71  | 136089,08  | 47,47  | ++ |
| Métodos x S/C - C/C        | 3                 | 27482,97    | 9160,99    | 3,19   | ++ |
| Suelos x S/C - C/C         | 7                 | 56038,33    | 8005,48    | 2,79   | +  |
| Suelos x Métodos x S/C-C/C | 21                | 60196,00    | 2866,48    |        |    |
| T o t a l                  | 63                | 13000188,13 |            |        |    |

++ Significancia a 1 por ciento de probabilidad

+ Significancia a 5 por ciento

NS No significativo

Cuadro 13. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en suelos superficiales.

| F.V.                       | Zinc total  |           |          |        |    |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|--------|----|
|                            | GL          | SC        | CM       | F      |    |
| Suelos                     | 7           | 4.086,39  | 583,77   | 19,89  | ++ |
| Métodos                    | 1           | 524,88    | 524,88   | 17,85  | ++ |
| S/C - C/C                  | 1           | 11,76     | 11,76    | 0,40   | NS |
| Suelos x métodos           | 7           | 9.854,75  | 1.407,82 | 47,88  | ++ |
| Métodos x S/C - C/C        | 1           | 0,10      | 0,10     | 0,00   | NS |
| Suelos x S/C - C/C         | 7           | 188,77    | 26,96    | 1,02   | NS |
| Suelos x métodos x S/C-C/C | 7           | 205,79    | 29,40    |        |    |
| T o t a l                  | 31          | 14.872,44 |          |        |    |
| F.V.                       | Cobre total |           |          |        |    |
|                            | GL          | SC        | CM       | F      |    |
| Suelos                     | 7           | 1.954,77  | 279,25   | 107,39 | ++ |
| Métodos                    | 1           | 1.915,80  | 1.915,80 | 736,84 | ++ |
| S/C - C/C                  | 1           | 0,17      | 0,17     | 0,06   | NS |
| Suelos x métodos           | 7           | 1.867,53  | 266,79   | 102,68 | ++ |
| Métodos x S/C - C/C        | 1           | 0,16      | 0,16     | 0,06   | NS |
| Suelos x S/C - C/C         | 7           | 17,92     | 2,56     | 0,98   | NS |
| Suelos x métodos x S/C-C/C | 7           | 18,23     | 2,60     |        |    |
| T o t a l                  | 31          | 5.774,58  |          |        |    |

++ Significancia a 1 por ciento de probabilidad

+ Significancia a 5 por ciento

NS No significativo

Cuadro 14. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en suelos superficiales.

| F.V.                     | Manganeso total |             |            |           |
|--------------------------|-----------------|-------------|------------|-----------|
|                          | GL              | SC          | CM         | F         |
| Suelos                   | 7               | 25665254,61 | 3666464,94 | 222,05 ++ |
| Métodos                  | 1               | 2046871,44  | 2046871,44 | 123,96 ++ |
| S/C - C/C                | 1               | 4831,44     | 4831,44    | 0,29 NS   |
| Suelos x métodos         | 7               | 5531092,56  | 790156,08  | 47,86 ++  |
| Métodos x S/C-C/C        | 1               | 1391,29     | 1391,29    | 0,08 NS   |
| Suelos x S/C-C/C         | 7               | 103517,78   | 14788,25   | 0,89 NS   |
| Suelos x métodos S/C-C/C | 7               | 115580,95   | 16511,56   |           |
| T o t a l                | 31              | 33468540,07 |            |           |

| F.V.                       | Hierro Total |              |              |           |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|                            | GL           | SC           | CM           | F         |
| Suelos                     | 7            | 1294338689,0 | 184905527,00 | 121,12 ++ |
| Métodos                    | 1            | 10459594,0   | 10459594,00  | 6,85 ++   |
| S/C-C/C                    | 1            | 1040763,0    | 1040763,00   | 0,68 ++   |
| Suelos x métodos           | 7            | 387631021,0  | 55375860,00  | 36,27 ++  |
| Métodos x S/C-C/C          | 1            | 65251,0      | 65251,00     | 0,04 NS   |
| Suelos x S/C-C/C           | 7            | 11752822,0   | 1678974,57   | 1,09 NS   |
| Suelos x métodos x S/C-C/C | 7            | 10686043,0   | 1526577,57   |           |
| T o t a l                  | 31           | 1715974183,0 |              |           |

++ Significancia a 1 por ciento de probabilidad

NS No significativo

Cuadro 15. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en los perfiles.

| Zinc disponible      |    |          |          |       |    |
|----------------------|----|----------|----------|-------|----|
| F.V.                 | GL | SC       | CM       | F     |    |
| Suelos               | 7  | 0,199011 | 0,028430 | 0,94  | NS |
| Métodos              | 3  | 0,116771 | 0,038923 | 1,29  | NS |
| Suelos x métodos     | 21 | 0,631184 | 0,030056 |       |    |
| T o t a l            | 31 | 0,946966 |          |       |    |
| Cobre disponible     |    |          |          |       |    |
| F.V.                 | GL | SC       | CM       | F     |    |
| Suelos               | 7  | 0,002571 | 0,000367 | 1,73  | NS |
| Métodos              | 3  | 0,003623 | 0,001207 | 5,72  | ++ |
| Suelos x métodos     | 21 | 0,004442 | 0,000211 |       |    |
| T o t a l            | 31 | 0,010636 |          |       |    |
| Manganeso disponible |    |          |          |       |    |
| F.V.                 | GL | SC       | CM       | F     |    |
| Suelos               | 7  | 0,013862 | 0,001980 | 17,83 | ++ |
| Métodos              | 3  | 0,001082 | 0,000360 | 3,24  | +  |
| Suelos x métodos     | 21 | 0,002335 | 0,000111 |       |    |
| T o t a l            | 31 | 0,017279 |          |       |    |
| Hierro disponible    |    |          |          |       |    |
| F.V.                 | GL | SC       | CM       | F     |    |
| Suelos               | 7  | 0,455327 | 0,065047 | 0,95  | NS |
| Métodos              | 3  | 0,788198 | 0,262732 | 3,84  | +  |
| Suelos x métodos     | 21 | 1,435536 | 0,068358 |       |    |
| T o t a l            | 31 | 2,679061 |          |       |    |

++ Significancia a 1 por ciento de probabilidad

+ Significancia a 5 por ciento

NS No significativo

Cuadro 16. Análisis de variancia conjuntas para micronutrientos en los perfiles.

| Zinc total       |    |           |           |      |    |
|------------------|----|-----------|-----------|------|----|
| F.V.             | GL | SC        | CM        | F    |    |
| Suelos           | 7  | 0,011571  | 0,001653  | 1,00 | NS |
| Métodos          | 1  | 0,001132  | 0,001132  | 0,68 | NS |
| Suelos x métodos | 7  | 0,011545  | 0,001649  |      |    |
| T o t a l        | 15 | 0,024248  |           |      |    |
| Cobre total      |    |           |           |      |    |
| F.V.             | GL | SC        | CM        | F    |    |
| Suelos           | 7  | 1,036277  | 0,148039  | 1,02 | NS |
| Métodos          | 1  | 0,491786  | 0,491786  | 3,53 | NS |
| Suelos x métodos | 7  | 1,012046  | 0,144578  |      |    |
| T o t a l        | 15 | 2,540109  |           |      |    |
| Manganeso total  |    |           |           |      |    |
| F.V.             | GL | SC        | CM        | F    |    |
| Suelos           | 7  | 0,011390  | 0,001627  | 2,42 | NS |
| Métodos          | 1  | 0,001421  | 0,001421  | 2,11 | NS |
| Suelos x métodos | 7  | 0,004698  | 0,000671  |      |    |
| T o t a l        | 15 | 0,017509  |           |      |    |
| Hierro total     |    |           |           |      |    |
| F.V.             | GL | SC        | CM        | F    |    |
| Suelos           | 7  | 0,0000115 | 0,0000016 | 0,37 | NS |
| Métodos          | 1  | 0,0000023 | 0,0000023 | 0,53 |    |
| Suelos x métodos | 7  | 0,0000305 | 0,0000043 |      |    |
| T o t a l        | 15 | 0,0000443 |           |      |    |

++ Significancia a 1 por ciento probabilidad

+ Significancia a 5 por ciento

NS No significativo

Cuadro 17. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible, extraído por NH<sub>4</sub> OH y Na<sub>2</sub> EDTA 1 por ciento y la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo CEFEC

|                                 | Totales extraídos con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |           |        |           |               |
|---------------------------------|---|--------|-----------|--------|-----------|---------------|
|                                 | Zinc  | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.C. Arcilla  |
| Zinc-HCl                        | 0,898   | 0,854  | 0,893     | 0,249  | 0,538     | 0,968 -0,339  |
| Zinc-Na <sub>2</sub> -EDTA      | 0,886   | 0,812  | 0,934     | 0,256  | 0,610     | 0,986 -0,313  |
| Cobre - HCl                     | 0,863   | 0,884  | 0,829     | 0,197  | 0,458     | 0,937 -0,469  |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA   | 0,856   | 0,801  | 0,897     | 0,166  | 0,623     | 0,986 -0,363  |
| Manganeso -HCl                  | 0,783   | 0,768  | 0,783     | 0,016  | 0,580     | 0,938 -0,475  |
| Manganeso-Na <sub>2</sub> -EDTA | 0,769   | 0,645  | 0,978     | 0,458  | 0,666     | 0,140 0,559   |
| Hierro - HCl                    | 0,110   | 0,270  | -0,292    | 0,521  | -0,827    | -0,335 -0,483 |
| Hierro-Na <sub>2</sub> -EDTA    | 0,803   | 0,692  | 0,962     | 0,568  | 0,554     | 0,815 0,141   |
| Arcilla                         | -0,350  | -0,363 | -0,043    | -0,063 | 0,197     | -0,238 ---    |
| M.O.                            | 0,807   | 0,758  | 0,939     | 0,147  | 0,719     | --- ---       |

Significancia al 5 por ciento 0,706

Significancia al 1 por ciento 0,834

Cuadro 18. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído por HCl, O,1N y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento y la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Itabuna

|                                   | Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |       |           |        |           |        |         |
|-----------------------------------|--|-------|-----------|--------|-----------|--------|---------|
|                                   | Zinc   | Cobre | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.O.   | Arcilla |
| DISPONIBLES                       |  |       |           |        |           |        |         |
| Zinc - HCl                        | 0,488  | 0,103 | 0,653     | -0,409 | -0,375    | 0,906  | -0,475  |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA      | 0,490  | 0,090 | 0,729     | 0,472  | -0,374    | 0,944  | -0,531  |
| Cobre - HCl                       | 0,380  | 0,252 | 0,882     | -0,256 | -0,010    | 0,812  | -0,689  |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA     | 0,531  | 0,257 | 0,093     | 0,247  | 0,126     | 0,758  | -0,559  |
| Manganeso - HCl                   | 0,475  | 0,102 | 0,878     | 0,533  | 0,362     | 0,988  | -0,643  |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA | 0,404  | 0,114 | 0,985     | -0,574 | -0,280    | 0,905  | -0,689  |
| Hierro - HCl                      | 0,492  | 0,106 | 0,709     | -0,428 | -0,357    | 0,934  | -0,526  |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA    | 0,443  | 0,102 | 0,980     | -0,629 | -0,360    | -0,963 | -0,666  |
| Arcilla                           | 0,171  | 0,441 | -0,684    | 0,569  | 0,359     | -0,571 | ---     |
| M.O.                              | 0,541  | 0,169 | 0,902     | -0,547 | -0,344    | ---    | ---     |

Significancia al 5 por ciento 0,706

Significancia al 1 por ciento 0,834

Cuadro 19. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído  
 por HCl, C, IN y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento y la forma total extraída por  
 HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica  
 en el suelo Nazaré.

| Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |        |           |        |           |               |
|--|--------|--------|-----------|--------|-----------|---------------|
|  | Zinc   | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdenc | M.C. Arcilla  |
| Zinc - HCl   | -0,313 | -0,651 | 0,825     | -0,136 | -0,639    | 0,940 -0,622  |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA                           | 0,175  | -0,743 | 0,843     | 0,145  | -0,367    | 0,894 -0,785  |
| Cobre - HCl  | -0,226 | -0,595 | 0,582     | 0,006  | -0,267    | 0,682 -0,542  |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA                          | -0,362 | -0,576 | 0,834     | -0,126 | -0,768    | 0,918 -0,581  |
| Manganeso - HCl  | 0,076  | -0,770 | 0,972     | 0,275  | -0,655    | 0,975 -0,905  |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA                      | 0,199  | -0,782 | 0,974     | 0,425  | -0,645    | 0,919 -0,918  |
| Hierro - HCl   | 0,548  | -0,742 | 0,794     | 0,755  | -0,359    | 0,624 -0,905  |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA                         | 0,286  | -0,792 | 0,954     | 0,543  | -0,615    | -0,832 -0,889 |
| Arcilla  | -0,408 | 0,827  | 0,884     | -0,586 | 0,346     | -0,819 ---    |
| M.C  | -0,071 | -0,747 | 0,942     | 0,095  | -0,651    | --- ---       |

Significancia al 5 por ciento 0,706

Significancia al 1 por ciento 0,834



Cuadro 20. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído por HCl, 0,1N y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento y la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Hidromórfico

| Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |        |           |        |           |        |         |
|--|--------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|
|  | Zinc   | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.O    | Arcilla |
| DISPONIBLES  |        |        |           |        |           |        |         |
| Zinc - HCl   | 0,048  | 0,159  | 0,500     | 0,459  | -0,347    | -0,282 | -0,342  |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA                           | 0,416  | 0,320  | 0,062     | 0,010  | -0,142    | 0,672  | -0,139  |
| Cobre - HCl  | 0,572  | 0,881  | -0,756    | 0,597  | -0,393    | 0,718  | -0,762  |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA                          | 0,854  | 0,945  | -0,690    | 0,486  | -0,722    | 0,915  | -0,763  |
| Manganeso - HCl  | 0,214  | 0,432  | -0,153    | 0,278  | 0,113     | 0,693  | -0,337  |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA                      | -0,259 | -0,373 | 0,707     | -0,397 | 0,809     | -0,143 | 0,607   |
| Hierro - HCl   | 0,411  | 0,536  | -0,762    | 0,640  | -0,598    | 0,101  | -0,612  |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA                         | 0,897  | 0,963  | -0,692    | 0,510  | -0,683    | 0,926  | -0,739  |
| Arcilla  | -0,511 | -0,842 | 0,966     | -0,852 | 0,735     | 0,689  | ---     |
| M.O.   | 0,731  | 0,892  | 0,573     | 0,382  | -0,507    | ---    | ---     |

Significancia al 5 por ciento 0,706

Significancia al 1 por ciento 0,834

Cuadro 21. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraída por HCl, 0,1N y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento y la forma total extraída por HClO<sub>4</sub> y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Rio Branco.

| Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |       |           |        |           |              |
|--|--------|-------|-----------|--------|-----------|--------------|
|  | Zinc   | Cobre | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.O. Arcilla |
| DISONIBLES   |        |       |           |        |           |              |
| Zinc - HCl   | 0,924  | 0,937 | 0,765     | -0,614 | 0,348     | 0,715 -0,831 |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA                           | 0,619  | 0,904 | 0,942     | -0,235 | 0,627     | 0,951 -0,992 |
| Cobre - HCl  | 0,674  | 0,969 | 0,957     | -0,463 | 0,580     | 0,932 -0,935 |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA                          | 0,751  | 0,993 | 0,853     | -0,545 | 0,719     | 0,824 -0,934 |
| Manganeso - HCl  | 0,619  | 0,919 | 0,991     | -0,377 | 0,513     | 0,973 -0,929 |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA                      | 0,623  | 0,919 | 0,990     | -0,383 | 0,513     | 0,972 -0,926 |
| Hierro - HCl   | -0,122 | 0,161 | 0,506     | 0,632  | 0,029     | 0,603 -0,519 |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA                         | 0,242  | 0,657 | 0,919     | 0,039  | 0,220     | 0,956 -0,847 |
| Arcilla  | -0,606 | 0,921 | -0,910    | 0,229  | -0,647    | -0,922 ---   |
| M.O.   | 0,471  | 0,829 | 0,992     | -0,181 | 0,401     | -0,922 ---   |

Significancia al 5 por ciento 0,754

Significancia al 1 por ciento 0,874

Cuadro 22. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído por HCl, 0,1N 1 por ciento y Na<sub>2</sub>-EDTA 1 por ciento, la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Itamirin.

| Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |        |           |        |           |        |         |
|--|--------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|
|  | Zinc   | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.O.   | Arcilla |
| DISPONIBLES  |        |        |           |        |           |        |         |
| Zinc - HCl   | 0,317  | -0,649 | 0,624     | 0,840  | -0,540    | 0,886  | -0,755  |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA                           | 0,204  | -0,784 | 0,724     | 0,876  | -0,684    | 0,853  | -0,841  |
| Cobre - HCl  | 0,028  | 0,991  | -0,942    | -0,792 | 0,972     | -0,458 | 0,937   |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA                          | 0,106  | 0,980  | -0,937    | -0,697 | 0,990     | -0,294 | 0,895   |
| Manganeso - HCl  | 0,238  | -0,719 | 0,658     | 0,847  | -0,605    | 0,887  | -0,796  |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA                      | 0,225  | -0,897 | 0,886     | 0,764  | -0,806    | 0,627  | -0,968  |
| Hierro - HCl   | 0,527  | -0,630 | 0,421     | 0,640  | -0,706    | 0,432  | -0,396  |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA                         | 0,322  | -0,802 | 0,817     | 0,658  | -0,684    | 0,602  | -0,925  |
| Arcilla  | -0,244 | 0,926  | -0,966    | -0,686 | 0,859     | -0,438 | ---     |
| M.O.   | 0,065  | -0,418 | 0,266     | 0,771  | 0,317     | --     | ---     |

Significancia al 5 por ciento 0,754

Significancia al 1 por ciento 0,874

Cuadro 23. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído por HCl, 0,1N y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento, y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Valencia.

|                                   | Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |           |        |           |       |         |
|-----------------------------------|--|--------|-----------|--------|-----------|-------|---------|
|                                   | Zinc   | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdano | M.O.  | arcilla |
| DISPONIBLES                       |  |        |           |        |           |       |         |
| Zinc - HCl                        | -0,553   | -0,389 | 0,807     | -0,650 | -0,673    | 0,634 | -0,360  |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA      | -1,662   | -0,357 | 0,836     | -0,529 | -0,512    | 0,539 | -0,317  |
| Cobre - HCl                       | 0,464  | 0,587  | -0,368    | -0,400 | -0,150    | 0,407 | 0,048   |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA     | 0,501  | -0,445 | 0,384     | -0,856 | -0,858    | 0,672 | -0,650  |
| Manganeso - HCl                   | -0,496   | -0,489 | 0,869     | -0,646 | -0,810    | 0,507 | -0,592  |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA | -0,527   | -0,514 | 0,905     | -0,641 | -0,755    | 0,534 | -0,563  |
| Hierro - HCl                      | -0,708   | -0,384 | 0,815     | -0,348 | -0,638    | 0,167 | -0,565  |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA    | -0,450   | -0,598 | 0,890     | -0,602 | -0,850    | 0,404 | -0,697  |
| Arcilla                           | -0,107   | 0,547  | -0,715    | 0,616  | 0,700     | 0,303 | ---     |
| M.O.                              | 0,241  | -0,274 | 0,493     | -0,926 | -0,519    | ---   | ---     |

Significancia al 5 por ciento 0,754

Significancia al 1 por ciento 0,874

Cuadro 24. Coeficientes de correlación lineal entre la forma disponible extraído por HCl, 0,1N y Na<sub>2</sub>-EDTA, 1 por ciento, la forma total extraída por HClO<sub>4</sub>, 60 por ciento y los contenidos de arcilla y materia orgánica en el suelo Colonia.

| Totales extraído con HClO <sub>4</sub> , 60 por ciento |        |        |           |        |           |              |
|--|--------|--------|-----------|--------|-----------|--------------|
|  | Zinc   | Cobre  | Manganeso | Hierro | Molibdeno | M.O. Arcilla |
| DISPONIBLES  |        |        |           |        |           |              |
| Zinc - HCl   | 0,440  | -0,024 | 0,237     | 0,190  | 0,086     | 0,453 -0,409 |
| Zinc - Na <sub>2</sub> -EDTA                           | 0,028  | -0,132 | -0,019    | -0,197 | -0,002    | 0,089 -0,245 |
| Cobre - HCl  | 0,437  | 0,407  | -0,206    | -0,418 | -0,334    | 0,723 -0,883 |
| Cobre - Na <sub>2</sub> -EDTA                          | 0,518  | 0,264  | 0,045     | -0,169 | -0,158    | 0,709 -0,718 |
| Manganeso - HCl  | 0,675  | 0,627  | -0,358    | -0,672 | -0,545    | 0,845 -0,828 |
| Manganeso - Na <sub>2</sub> -EDTA                      | 0,020  | -0,085 | -0,074    | -0,243 | -0,035    | 0,110 -0,281 |
| Hierro - HCl   | 0,386  | 0,382  | 0,059     | -0,523 | -0,207    | 0,798 -0,915 |
| Hierro - Na <sub>2</sub> -EDTA                         | 0,537  | 0,578  | -0,026    | -0,559 | -0,330    | 0,904 -0,917 |
| Arcilla  | -0,455 | -0,596 | 0,245     | 0,698  | 0,293     | -0,859 ---   |
| M.O.   | 0,814  | 0,815  | -0,350    | -0,545 | -0,637    | --- ---      |

Significancia al 5 por ciento 0,706

Significancia al 1 por ciento 0,834