

18  
2 sep



# Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
ZARAGOZA

“EVALUACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO, Y SU  
CLASIFICACION EN EL MUNICIPIO RIO BLANCO,  
ESTADO DE VERACRUZ”

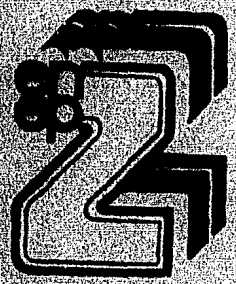
T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

Patricia Armida Gómez Sánchez



México, D. F.

1986



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	4
OBJETIVOS	7
GENERALIDADES DE FERTILIDAD	9
Fertilidad y Productividad del suelo	9
Relación suelo - planta	10
AREA DE ESTUDIO	18
Geología	18
Clima	21
Hidrología	22
Suelos y Topografía	23
Vegetación	24
METODOLOGIA	25
De campo	25
De laboratorio	25
RESULTADOS Y DISCUSION	28
Textura de las muestras de los pozos	29
Densidad aparente	31
Densidad real	32
Espacios porosos	33
Color de las muestras	35
Reacción del suelo (pH)	38
Materia orgánica	42
Nitrógeno total	46
Fósforo asimilable	50

Potasio intercambiable	56
Sodio intercambiable	59
Perfil I	64
Perfil II	77
Perfil III	87
Perfil IV	97
Perfil V	106
DESCRIPCION Y CLASIFICACION DE PERFILES	113
Orden Molisol	113
Perfil I	116
Perfil III	120
Perfil IV	123
Perfil II	126
Orden Entisol	129
Perfil V	129
CONCLUSIONES	133
SUGERENCIAS	136
RECOMENDACION GENERAL	138
BIBLIOGRAFIA	140

## RESUMEN

Este trabajo se realizó para conocer la fertilidad del suelo a nivel de macronutrientos (N, P, K) de la capa arable, mediante análisis químicos, así mismo se clasificó el suelo - a nivel de Gran grupo. Para ello se realizaron muestreos en el área de estudio, con un total de 21 muestras de pozos que representan al área, estos se hicieron hasta los 60 cm de profundidad y de cada uno se obtuvieron dos muestras: una de - los primeros 30 cm de profundidad y otra de 30 a 60 cm de profundidad, también se hicieron 5 perfiles, dadas las características propias del área. Los análisis físicos y químicos fueron: determinación de color (en seco y a capacidad de campo), densidad del suelo (de volumen o aparente y de las partículas o real), clase textural, reacción del suelo (con agua y con - sol. de KCl), cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K), carbónatos y bicarbonatos solubles, fósforo asimilable, nitrógeno - total, materia orgánica (Carbono orgánico) y capacidad de intercambio catiónico.

De los resultados obtenidos y de la información recabada, se observó en general, que la topografía del área de estudio es de plana a ligeramente ondulada, la textura de la capa arable es principalmente "media", le sigue la "fina", son suelos ricos en materia orgánica que junto con el material mineral forman la gran reserva de nutrientes esenciales para

las plantas. El drenaje va de bueno, moderado a limitado, la provisión de nutrimentos vegetales presente en el suelo es - adecuado de acuerdo a su fertilidad natural, con la salvedad - de que el fósforo y el potasio se agregen como fertilizantes, - la fertilidad agrícolamente va de alta a baja. La estación de lluvias corresponde al verano y la temperatura a lo largo del año no representa una limitante para la germinación y crecimiento de las plantas.

Así, esta área de estudio se caracterizó en 3 zonas:

I. Zona representada por el perfil Molisol - Haplustol - (E.U.A. Soil Conservation Service, 1975).

II. Zona representada por el perfil Molisol - Rendolítico - (E.U.A. Soil Conservation Service, op. cit.).

III. Zona representada por el perfil Entisol - Ustifluvent - (E.U.A. Soil Conservation Service, op. cit.).

El suelo clasificado corresponde a 2 Ordenes: Molisol y Entisol, en los molisoles se tiene la mayoría de los perfiles (I, II, III y IV) y el perfil V en los entisoles; los molisoles se caracterizan por su productividad, sin embargo en la zona II se presentan limitaciones de consideración y en el perfil V el suelo es joven, influenciado por la cercanía del río Blanco (subafluente).

Estudios donde se realicen trabajos de campo y de la-

boratorio permitirán integrar valiosa información no sólo de fertilidad, sino también, de cómo mantener y mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, para asegurar el buen uso y aprovechamiento del mismo.

## INTRODUCCION

La preocupación por utilizar de una mejor manera los recursos naturales, ya no es exclusiva de un grupo de científicos, hoy se trata de compartirla por todos, a través de su difusión en los medios de comunicación masiva, en forma paralela, investigaciones enfocadas a la contaminación ambiental, la conservación de recursos, etc., tienen actualmente mucho auge, apoyadas por la publicidad gubernamental, como un primer intento a mejorar la situación ya que los recursos naturales con que cuenta un país no sólo son propiedad de las actuales generaciones sino que representan el patrimonio de las generaciones futuras.

Contrariamente se había venido pensando que la Naturaleza era capaz de sobreponerse a todo abuso, este uso desahogado ha sido tan evidente que la aseveración anterior ya no se oye con tanta seguridad, es necesario planear el uso de la riqueza en recursos naturales, entre las diversas preocupaciones al respecto, se tiene la del suelo; que se está perdiendo, que requiere de atención especial, que se necesita mayor volumen de alimentos y que millones de seres humanos en el mundo padecen de hambre. ¿Qué ha provocado esta situación?, las razones son múltiples y culpar únicamente a la inestabi-



lidad en nuestro planera sería erróneo. Una de las razones más conocidas es el aumento desproporcionado y progresivo de la población y al parecer, la producción de alimentos no se acerca a este crecimiento acelerado, ante ello surge la interrogante del uso que se les está dando a los recursos que proveen alimentos y particularmente a los recursos edáficos, algunas personas definen al suelo como una capa inerte sobre la cual todos nos encontramos, otras, que el suelo no es una masa muerta o una mezcla de partículas y sustancias diversas, sino más bien una entidad viva con muy diferentes atributos y sujeta a la acción de fuerzas físicas, químicas y biológicas que continuamente están cambiando (Teuscher, 1980).

De acuerdo a lo anterior, en nuestro país se hacen las mismas preguntas; si México posee una gran riqueza en recursos naturales, enfocándonos al recurso suelo, ¿Qué sucede?

México, al igual que el resto del mundo tiene problemas de crecimiento demográfico y demanda de alimentos, entonces ¿Qué hacemos con nuestro suelo?. Al respecto se debe señalar la importancia que tienen los estudios que nos permiten conocer los suelos que tenemos en nuestro país y dar nuestras

propias alternativas, Márquez (1977) expone diversos factores relacionados a la situación en el país:

"En México dada su gran diversidad ecológica y étnica, exhibe toda una gama de formas de producción de la tierra que van desde la recolección y el seminomadismo hasta la agricultura moderna.

La presión demográfica que sufre el país y una oferta insuficiente de empleos por parte de la industria, - hace, que la producción de alimentos sea insuficiente, lo cual aunada a la injusta distribución del ingreso - nacional causa que el problema del campo sea el principal de los que nos aquejan.

...la agricultura no es un sector independiente, - que no se desarrolla si no es empujada a ello por el - desarrollo de los otros sectores de la economía como - sucedió en los países desarrollados.

Los problemas agrícolas desde hace tiempo se han intentado resolver bajo la política produccionista. Aquella que cree que el problema rural de México y/o en general los problemas de la agricultura en el país se van a resolver con sólo elevar la producción, principalmente a través de elevar la productividad (rendimiento unitario), así han venido una serie de planes y actividades institucionales destinadas a dicho fin (INIA, PRONASE, CONAFRUT, etc.) todos ellos con la característica de dedicarse en su mayor parte a las tierras agrícolas de alto potencial pues está claro que en lo que a crédito se refiere las tierras de baja productividad (ejidales, comunales, inclusive de muchos pequeños propietarios) generalmente no están sujetas de crédito.

Sin embargo, pese a los buenos deseos de incrementar la producción debido al cultivo intensivo y aún - cuando en algunos casos ha habido exportación, como - por ejemplo, el caso del trigo, ésta no se debe a que exista un excedente real, es decir, que una vez satisfecha la demanda nacional quede un sobrante que se exporte, sino más bien un subconsumo debido a la falta - de poder adquisitivo de un buen porcentaje de la población mexicana (principalmente rural) para comprar pan de trigo".

Entre la diversidad de factores directa o indirectamente relacionados con la situación arriba expuesta, existe uno -

que por sí, merece ser expuesto; nuestro país tiene suelos ricos en diversidad y dimensión, ¿Por qué no conocerlos uno a uno, por qué no preocuparse en conocer parcela por parcela?, esto - constituye una alternativa a solucionar lenta pero de manera - efectiva la interrogante sobre el conocimiento de nuestro suelo y qué hacemos con él, favoreciendo en parte, el cambio de - una agricultura meramente subsistencial a una agricultura auto suficiente.

El interés de este trabajo se encuentra relacionado - en parte con los puntos expuestos, y concretamente al realizar estos objetivos:

#### OBJETIVOS

Objetivo general.

Conocer algunos aspectos edafológicos de una zona de - Río Blanco, Ver.

Objetivos específicos.

- Evaluar los niveles de macronutrientes, específicamente nitrógeno, fósforo y potasio del suelo en su capa arable, mediante análisis químicos.

- Conocer posibles zonaciones de los niveles de macronutrientes (N, P, K) en la capa arable del suelo del área de estudio.

- Caracterización del suelo por análisis físicos y químicos de muestras de perfiles realizados en el área de estudio.

- Determinar los Grandes grupos del suelo analizado (E. U. A. Soil Conservation Service, 1975).

## GENERALIDADES DE FERTILIDAD

### Fertilidad y Productividad del suelo.

El suelo puede definirse como un cuerpo natural, formado a partir de una mezcla variable de minerales intemperizados, edafizados y materia orgánica en descomposición que cubre al planeta en una capa delgada y que cuando tiene cantidades apropiadas de agua y de aire puede ofrecer un soporte mecánico y en parte hasta sustento para las plantas (Lyon, 1956). La fertilidad de un suelo está relacionada con la cantidad y disponibilidad de los nutrimentos esenciales que éste pueda proporcionar para el crecimiento normal de las plantas, por ello se considera que un suelo fértil es el que contiene cantidades balanceadas de todos los nutrimentos que la planta toma de la fracción mineral y orgánica (Bonnet, 1968). Así todo suelo fértil es potencialmente productivo ya que la escasez de cualquier nutrimento en el suelo limita la producción y la calidad de las cosechas (Bonnet, op. cit.; Laird, 1965).

Sencillamente el vocablo fertilidad se refiere a la capacidad inherente de un suelo para proporcionar principios nutritivos a las plantas, en porcentajes adecuados y en proporciones convenientes (Brady, 1977; Bonnet, op. cit.).

Al referirse a la productividad del suelo ésta viene siendo una idea o concepto más bien económico y no una propia

dad del suelo (Millar, 1979), pues un suelo productivo es aquél que siendo fértil se encuentra en una zona climática que le proporciona suficiente humedad, luz y calor para el normal desarrollo de las plantas (Laird, op. cit.). Una productividad satisfactoria del suelo es el principal objetivo de la utilización del mismo, de tal manera que la productividad es una palabra de más amplio significado, mientras que la fertilidad es sólo uno de los factores de un grupo que determinan la magnitud de las cosechas (Brady, op. cit.).

#### Relación suelo-planta.

La relación suelo-planta se encuentra incluida en el sistema clima-suelo-planta de una manera más completa, ya que en este sistema se tiene la interacción de variables cuyas influencias determinan a fin de cuentas, la forma de desarrollo de la planta y el mayor o menor rendimiento del cultivo.

Estas variables se dividen en dos grupos:

I. Factores genéticos.- refiriéndose a la capacidad intrínseca de la planta para producir cosecha; basándose principalmente en que los genes controlan la síntesis de enzimas que a su vez regulan los procesos fisiológicos de la planta, consecuentemente una variedad puede ser más rendidora que otra por tener mejores características anatómicas y fisiológicas.

II. Factores ecológicos.- temperatura, luz, humedad, pH del suelo, aireación del suelo, composición atmosférica, plagas, enfermedades, elementos nutritivos (de origen mineral y orgánico) (Laird, op. cit.).

Este último grupo de factores o variables aún puede subdividirse en tres: factores climatológicos, biológicos y edáficos: los factores climatológicos más importantes son las precipitaciones, luz solar y temperatura, los factores biológicos comprenden al hombre, los animales otras plantas y la misma cosecha, en relación con el medio circundante, finalmente los factores edafológicos comprenden todas aquellas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como los procesos desarrollados en él, que afecten a su capacidad para aportar a la cosecha las cantidades necesarias de agua, nitrógeno y sustancias minerales.

Esto es, los nutrimentos pueden estar en cantidades suficientes en el suelo, pero su utilización es deficiente si las condiciones físicas son desfavorables. La elongación de las raíces se puede restringir si el volumen del suelo es reducido, la compacidad y la textura pesada del suelo pueden impedir el intercambio y difusión del oxígeno y dióxido de carbono, restringiendo así la capacidad de las raíces de la planta para movilizar nutrimentos a las hojas, el desarrollo de las bacte-

rias nitrificantes se puede retardar y el nitrógeno permanece formando compuestos no aprovechables, en vez de descomponerse para liberar los iones de amonio que luego se transforman en nitrato utilizable por las plantas (Ortíz, 1980).

Una estructura de adobe y costras pueden reducir la infiltración del agua, y ésta puede ser el primer factor limitante en el desarrollo de las plantas, aunque los nutrimentos estén en proporciones adecuadas. Los suelos bien aireados al disponer de oxígeno estimulan la actividad respiratoria y una mayor absorción de nutrimentos por las raíces. La capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrimentos están íntimamente relacionados con la condición física del suelo (Brady, op. cit.; Ortíz, op. cit.).

Los elementos nutritivos, sin olvidar la importante relación que guardan con las propiedades físicas del suelo, tienen también una función importante, dado que la escasez de cualquier nutrimento en el suelo limita la producción y la calidad de las cosechas. Elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre reciben gran atención, de estos seis elementos existe una división basada en las proporciones que requieren las plantas para su desarrollo y crecimiento, y es que a un elemento se le considera esencial si la planta no puede realizar su ciclo vital en su ausencia, pues su acción debe ser específica y su efecto debe ser directo (Laird, op. cit.).



Así, de acuerdo al papel que tienen en el ciclo vital de las plantas y las cantidades que éstas necesitan, al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre se les conoce como macronutrientes, en especial al nitrógeno, fósforo y potasio se les clasifica como nutrientes primarios y al calcio, magnesio y azufre como nutrientes secundarios.

Existen otros elementos nutritivos que son utilizados por los cultivos pero en muy pequeñas cantidades y por ello se les llama micronutrientes, ellos son el hierro, manganeso, boro, molibdeno, cobre, zinc y cloro.

Otro aspecto que es importante considerar es que estos elementos nutritivos deben encontrarse en condiciones utilizables o asimilables en concentraciones óptimas y la proporción absoluta y relativa de esos elementos nutritivos debe ser apropiada (Brady, op. cit.; Laird, op. cit.; Lyon, op. cit.).

Estos aspectos se relacionan con el uso del suelo, - principalmente si se utiliza para producir cosechas, una gran parte de la materia orgánica se elimina y el cultivo continuado es causa de que ciertos elementos formen nuevas combinaciones químicas que ya no son de utilidad para las plantas, esto hace que el suelo se empobrezca cada vez más; la razón principal es que los elementos nutritivos pueden ser utilizados por las plantas en ciertas combinaciones circunstanciales y que, - en definitiva, pueden agotarse. Por lo tanto, en los terrenos

bajo cultivo, estos elementos deben ser continuamente renovados y su natural formación debe ser incrementada mediante tratamientos adecuados del propio suelo. La importancia de los elementos nutritivos se justifica por las funciones que desempeñan en la planta:

### Nitrógeno

El nitrógeno es un constituyente de cualquier célula viva, por lo tanto su función en la vida vegetal es variada, - se encuentra en la formación de hormonas, ácidos nucleicos y - en la clorofila entre otras, es evidente su contribución en el desarrollo, crecimiento y reproducción de los vegetales y es - que su presencia en la planta provoca cambios tan favorables - como:

- Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo.
- Promueve el desarrollo de hojas y tallos de buena sanidad y calidad.
- Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios y forrajeros.
- Imparte un favorable color verde a las hojas (mejor densidad clorofílica).
- Regula y gobierna en grado considerable el uso del potasio y fósforo.
- Los puntos anteriores determinan una mayor producción

de frutos y semillas en la planta (Bear, 1958; Brady, op. cit.; Millar, 1979).

### Fósforo.

El fósforo es el segundo nutrimento importante, después del nitrógeno, su principal función fisiológica radica en algunos pasos esenciales en la acumulación y liberación de energía durante el metabolismo celular, toma parte en la división celular, en el crecimiento y en la formación de grasas y albúmen, es constituyente de fosfolípidos, nucleoproteínas, fitina, además influye en:

- La estimulación al desarrollo radicular inicial, ayudando así en el establecimiento rápido de las plantas.
- Influye en la estimulación de la floración, producción de frutas y formación de semillas.
- Interviene en la calidad del producto y ayuda a la resistencia de la planta contra enfermedades.
- Contrarresta el efecto producido por el exceso de nitrógeno.
- Mejora la calidad alimenticia de los granos y otras cosechas.
- Aumenta la relación de grano a paja o rastrojo, en cereales fortalece la paja y evita el encamado (Bonnet, op. cit.; Ortega, 1978).

### Potasio.

El potasio es uno de los principales cationes que las plantas deben obtener del suelo y a diferencia de los nutrimentos anteriores, el potasio no forma parte de los constituyentes importantes para las plantas, tales como proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos relacionados con el metabolismo de la planta. La naturaleza exacta del mecanismo por medio del cual funciona el potasio no es conocida definitivamente, sin embargo se ha encontrado que regula las condiciones del agua dentro de la célula de la planta y las pérdidas del agua por transpiración, actúa como acelerador de la acción de enzimas, ayuda en la formación de proteínas, es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares, por lo anterior, sus efectos en la planta son:

- Imparte mayor vigor y resistencia a las enfermedades.
- Aumenta el tamaño de granos y semillas.
- Es el único elemento que cuando no forma parte de los componentes vegetales permanece en forma iónica en la planta, por esta razón se pierde fácilmente del follaje por lavado.
- Produce rastrojo o paja fuerte y rígida en cereales, particularmente en arroz y trigo.
- Reduce el acame en cereales.

- Imparte vigor a las leguminosas y otros cultivos en el invierno (Bonnet, op. cit.; Russell, 1968; Teuscher, op. cit.).

Todos los factores genéticos y ecológicos influyen en el cultivo, están relacionados en sus efectos y nunca es posible que actúen en modo óptimo al mismo tiempo. El éxito está determinado por la extensión en la que es posible regular los factores que afectan al cultivo por la modificación de los migmos adaptándolos a las necesidades y por la elección de los cultivos más adecuados a las condiciones ecológicas (Bear, op. cit.).

## AREA DE ESTUDIO

### Localización geográfica.

La zona de estudio corresponde a un rancho de aproximadamente 20 hectáreas, en el Municipio Río Blanco, Ver. a 1.5 Km de Río Blanco y a 2.5 Km del centro de Orizaba. Se localiza en el paralelo  $18^{\circ}50'25''$  de Latitud Norte y  $97^{\circ}07'75''$  de Longitud Oeste, entre los 1500 y 1800 m.s.n.m. (Figs. 1, 2).

### Geología.

La Sierra de Juárez o Sierra Madre Oriental fue la que generó gran parte de las rocas clásticas durante el Terciario de la Cuenca de Veracruz, la geología de esta parte de la República presenta grandes complicaciones de tipo tectónico como -estratigráfico, ya que existe la posibilidad que parte de los sedimentos y metasedimentos que aparecen sobre las rocas del -basamento Pre-Cámbrico sean de tipo alóctono, producto de grandes fallas de corrimiento donde aparecen en contacto secuencias mesozoicas sobre rocas posiblemente paleozoicas o bien cámbricas (López, 1981).

Las rocas que predominan en el Estado de Veracruz son las sedimentarias del Cenozoico representadas por afloramientos de calizas, lutitas, areniscas, conglomerados y margas con colores grises y cremas, depositados generalmente en lechos -horizontales, estas rocas sedimentarias corresponden concreta-

mente a formaciones del Pleistoceno y Reciente, distribuidas principalmente en la Planicie Costera del Golfo, que es la geomorfa que abarca mayor extensión en el Estado y se caracteriza por presentar áreas planas y ligeramente onduladas que se extienden principalmente de norte a sur, ocasionalmente existen lomeríos cuyas alturas no afectan el relieve general de esta geomorfa (Aseguradora Nacional, 1966; SARH, 1977).

El Mesozoico está representado por areniscas, pizarras arcillosas, calizas y margas; sus colores son rojo, gris y crema y afloran principalmente en Orizaba, Córdoba, Zongolica, Tantoyuca y zonas que limitan con los Estados de Hidalgo y Oaxaca (SARH, op. cit.) (Fig. 3).

Las rocas ígneas extrusivas, en menor cantidad son representadas por riolitas, andesitas, basaltos, derrames de composición basáltica y materiales piroclásticos; como rocas ígneas intrusivas se tienen a los granitos y granodioritas en menor proporción, se localizan en diversos lugares del Estado, formando mesetas, serranías, eminencias aisladas. Finalmente, las rocas metamórficas son las más antiguas y se les encuentra en áreas muy reducidas, como en los límites con Oaxaca y Puebla, estas rocas se encuentran en menor proporción, comparándolas con las ígneas y sedimentarias (Instituto de Geología, 1970; SARH, op. cit.).

En el Terciario se inició un proceso de levantamiento del actual altiplano y hundimiento de la Cuenca de Veracruz, - con el concomitante plegamiento de la zona intermedia y en el Eoceno este proceso orogénico llegó a su máximo, que tiene como testigo la falla de cobijadura de Orizaba (desde la Perla hacia el Sureste). Al mismo tiempo de este proceso orogénico comenzó una gran actividad volcánica, los valles y cañadas de Orizaba, Huatusco y sobre todo Coscomatepec han recibido grandes aportaciones de detritus volcánico, posiblemente del producto de las erupciones del Pico de Orizaba. Entre las formaciones localizadas en esta zona, se encuentra la Formación Orizaba que subyace a las calizas Maltrata (y Guzmantla) y supra- yace concomitantemente a la Formación Capolucan, de edad Aptiá- no. La serie Escamela con una potencia de más de 2500 m está representada por un grupo de calizas de estratificación delgada y gruesa, de 40 cm hasta 2.50 m de espesor, siendo más frecuentes los estratos gruesos, estas rocas están distribuidas - en la Sierra Madre Oriental desde Zongolica, en el Norte, hasta la Sierra de Tlacuilotecatl, en el Sur, en las estribaciones de la Sierra y en los alrededores de Córdoba, ocupando la parte más baja de las series calcáreas que esta región afloran.

Cerca de Orizaba, en la falda oriental del cerro Escamela, flanco poniente se presenta en una serie de calizas gris



claro en bancos de 20 a 30 cm de espesor, fosilíferas casi verticales descansando discordantemente, por falla, sobre las "Pizarras Necoxtla", en el flanco oriental del cerro se encuentran normalmente sobrepuestas las calizas oscuras del Altiplano.

En general, las calizas de la Formación Orizaba se caracterizan por su riqueza en fósiles principalmente paquiodontos y miliólidos; los estratos más gruesos casi siempre corresponden a caliza de color oscuro con rudistas, en cambio los horizontes más delgados comprenden calizas de color más claro que varían de gris crema a gris achocolatado claro con miliólidos. Debido a su carácter arrecifal sus espesores son muy variables, encontrándose de 200 a 400 m en el cerro Escamela y más de 600 m en los pozos perforados especialmente los de Actopan, que la atravesaron y yaciendo en discordancia (?) sobre delgados sedimentos jurásicos, que a su vez cubrieron discordantemente a los granitos. Una de las secciones más gruesas aflorando es la de San Cristóbal (840 m) (López, op. cit.).

#### Clima.

En términos generales, el Estado de Veracruz cuenta con un clima húmedo tropical en las zonas que registran alturas menores a los 1000 m.s.n.m. y templado en las regiones montañosas. La humedad ambiental es causa y a la vez efecto de abun-

dantes lluvias, en las regiones de clima tropical desde la Huasteca hasta el Istmo de Tehuantepec las precipitaciones son superiores a 1500 mm anuales, circunstancia en la que influyen los ciclones tropicales, en las zonas templadas, las lluvias son más copiosas y con frecuencia pasan de 2000 mm al año, Córdoba, Jalapa y Orizaba, por ejemplo, se cuentan entre las comarcas más lluviosas del país (Banco de Comercio, 1967).

De acuerdo a la clasificación de Köpen, modificada por E. García (1964), el clima del área de estudio corresponde al tipo C w b ( i ' ) g, Templado subhúmedo, con temperatura media anual mayor a 18°C, poca oscilación anual de temperatura medias entre 5 y 7°C, con marcha tipo ganges con régimen de lluvias de verano y con verano fresco (temperatura del mes más caliente entre 16.5 y 22°C) (Fig. 4).

#### Hidrología.

El Estado de Veracruz cuenta con numerosos ríos y arroyos que pertenecen a la vertiente del Golfo de México, concretamente, entre más de 40 ríos que cruzan su territorio destacan: en la región norte; los ríos Moctezuma, Tempoal, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Cazones y Tecolutla; en la región centro: los ríos Nautla, Bobos, Misantla, Actopan, La Antigua, Jamapa y Coaxtla, y en la región sur los caudalosos ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, que junto con el Pánuco forman tres de las cuen

cas hidrológicas más importantes del país (SARH, op. cit.).

Específicamente en el área de estudio un subafluente - del río Blanco pasa por el lado sureste y el río Blanco pasa - por la parte sur del Municipio del mismo nombre formando el lí - mite con el Municipio Huiloapan, este río se considera uno de los principales junto con los ríos Actopan, Jamapa, La Antigua, Tonto y Papaloapan (SARH, op. cit.).

### Suelos y Topografía.

El Estado de Veracruz es uno de los más variados que - existen en cuanto a su distribución altitudinal, compleja topo - grafía y diferentes tipos de subsuelos (Gómez, 1978).

El Estado cuenta con varias serranías que en realidad no son más que porciones de la Sierra Madre Oriental con nom - bres particulares en cada región. Algunas de ellas son: al - norte; las sierras de Taxtlacoaya, Perote y de Zongolica, y al sur; la serranía de los Tuxtlas (Banco de Comercio, op. cit.).

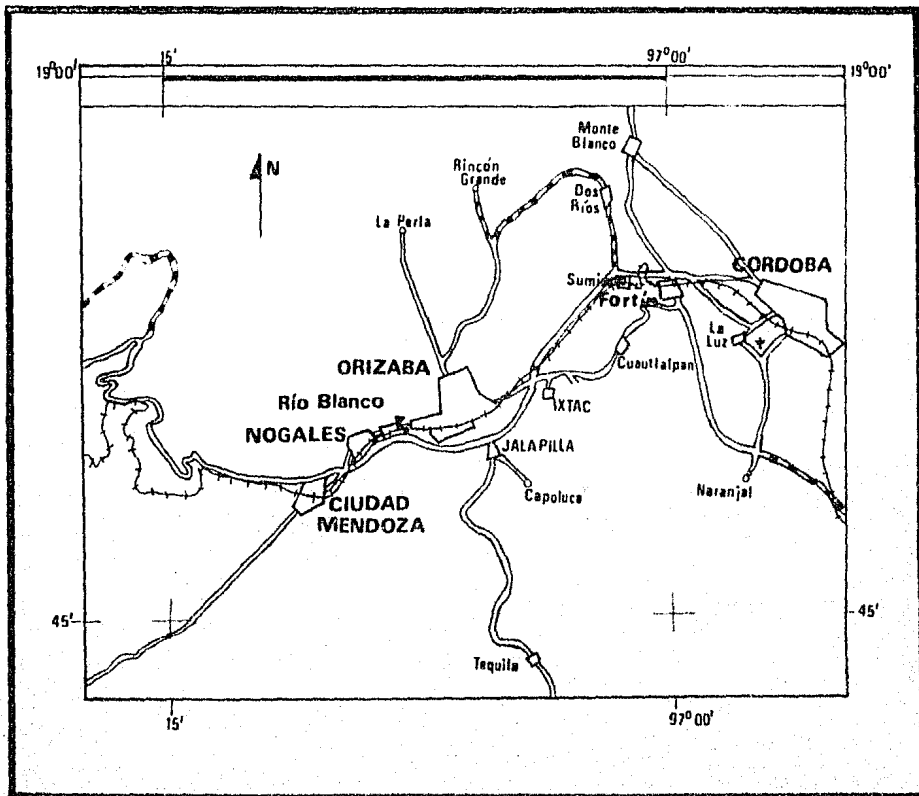
La topografía accidentada del suelo veracruzano se ex - plica por las numerosas penetraciones de la Sierra Madre Orien - tal en la entidad. La región más abrupta se localiza en la - porción media donde se alcanzan alturas mayores a los 3000 m.s. n.m. En sus estribaciones aparecen barrancas impresionantes - y los valles más fértiles como el de Orizaba en la zona Templa - da (Secretaría de Economía, 1950).

Los suelos reportados para el municipio Río Blanco son: Rendzina y litosol, con las rendzinas es posible que se tengan problemas de erosión por ser suelos poco profundos, consideran do que agrícolamente tendrán numerosas limitaciones, también - se tienen vertisóles, que son suelos cuyo problema principal - son sus texturas muy arcillosas, permeabilidad lenta, dureza - en seco, alta plasticidad y adhesividad en húmedo, laboreo di- fícil y susceptibilidad a la erosión cuando la topografía es - ondulada (SARH, op. cit.) (Fig. 5).

#### Vegetación.

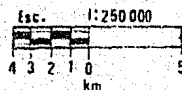
Los tipos de vegetación son de pradera, de bosque mix- to templado de coníferas y de alta montaña como el pino, cedro, etc. se encuentran en las vertientes de la Sierra Madre Orien- tal y de la Transversal Volcánica, regiones de Jalapa, Orizaba, Huatusco y Córdoba (Secretaría de Economía, op. cit.) (Fig. 6).

Para la zona correspondiente a Río Blanco y Orizaba se reporta como vegetación primaria: Selva alta perennifolia, - Bosque de pino y Bosque de encino, esta vegetación se encuen- tra perturbada por el establecimiento de zonas agrícolas, en - donde la agricultura es de temporal y cultivos semipermanentes (Fig. 6).



**SIMBOLOGIA**

- AREA DE ESTUDIO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- TERRACERIA (transitable todo tiempo)
- AEROPISTA
- FERROCARRIL

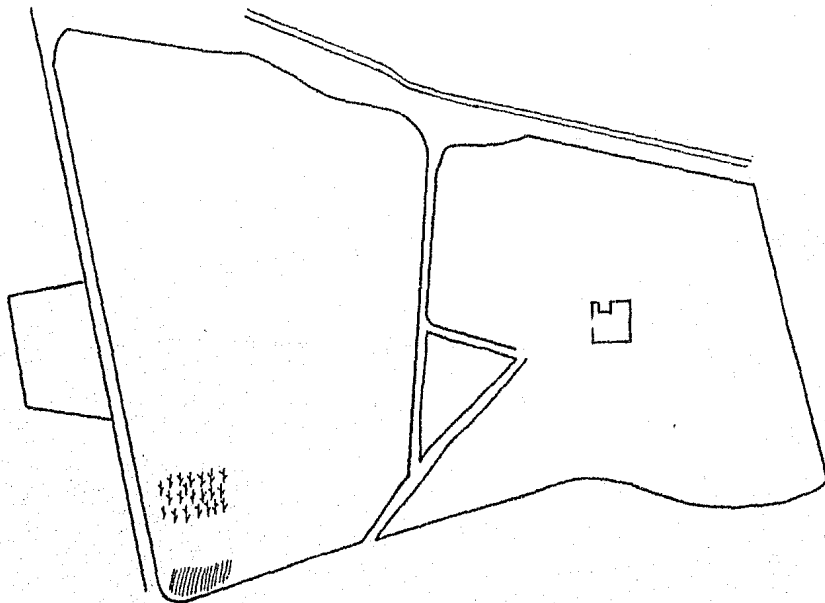


Fuente: SPP, Dirección Gral. de Geografía del Territorio Nat.  
1982.

**Fig. 1** .Localización geográfica del área de estudio.

a Orizaba

a Río Blanco ( centro )

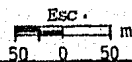


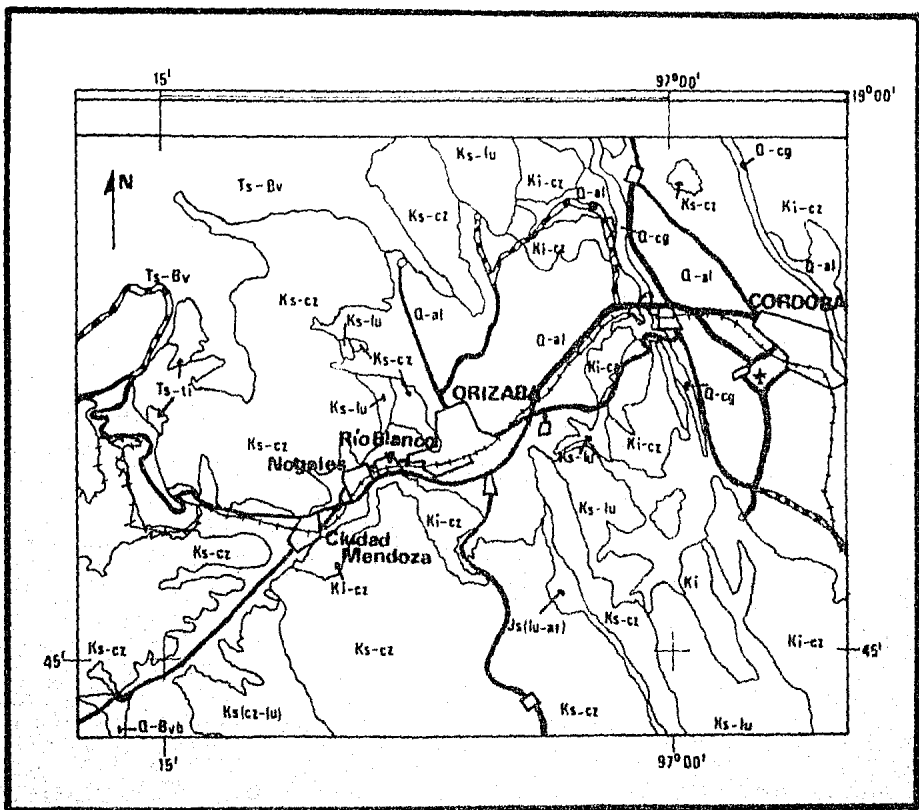
Caña de azúcar



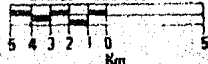
Estercolero

Fig. 2 . Area de estudio .





Escala: 1:250 000



### SIMBOLOGIA

CENOZOICO	Cuaternario	brecha volcánica	Q-Bvb	
		aluvial	Q-al	
		conglomerado	Q-cg	
Terciario	superior	brecha volcánica	Ts-Bv	
		toba intermedia	Ts-ti	
MESOZOICO	Cretácico	superior	caliza	Ks-cz
			caliza lutita	Ks(cz-lu)
			lutita	Ks-lu
	inferior	caliza	Ki-cz	
Jurásico	superior	lutita arenisca	Js(lu-ar)	

AREA DE ESTUDIO

CARRETERA

TERRACERIA (transitable todo tiempo)

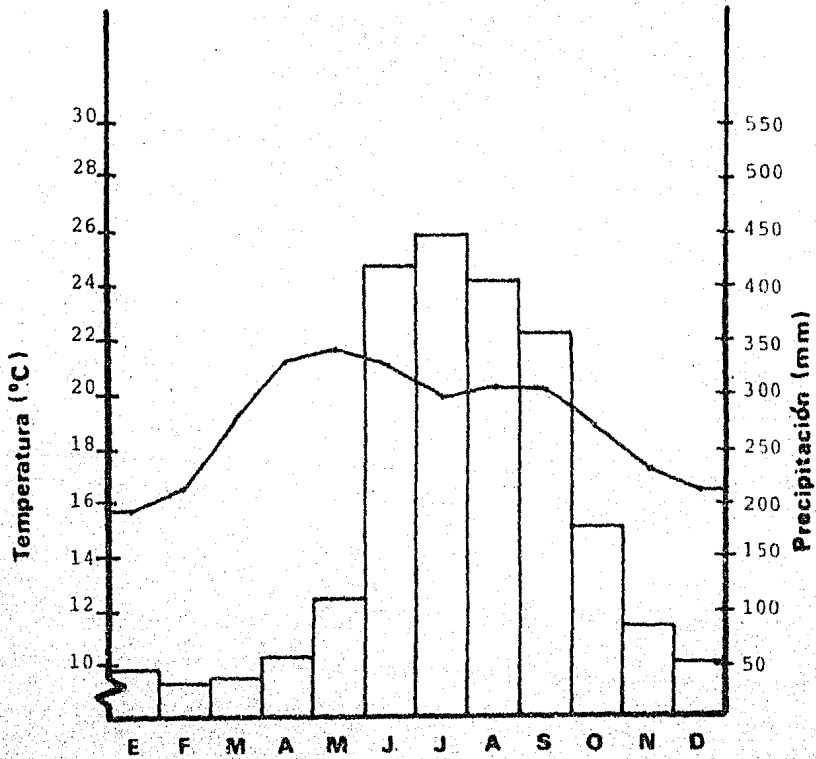
AEROPISTA

FERROCARRIL



Fuente: SPP, Dirección Gen. de Geografía del Territorio Nat. 1983.

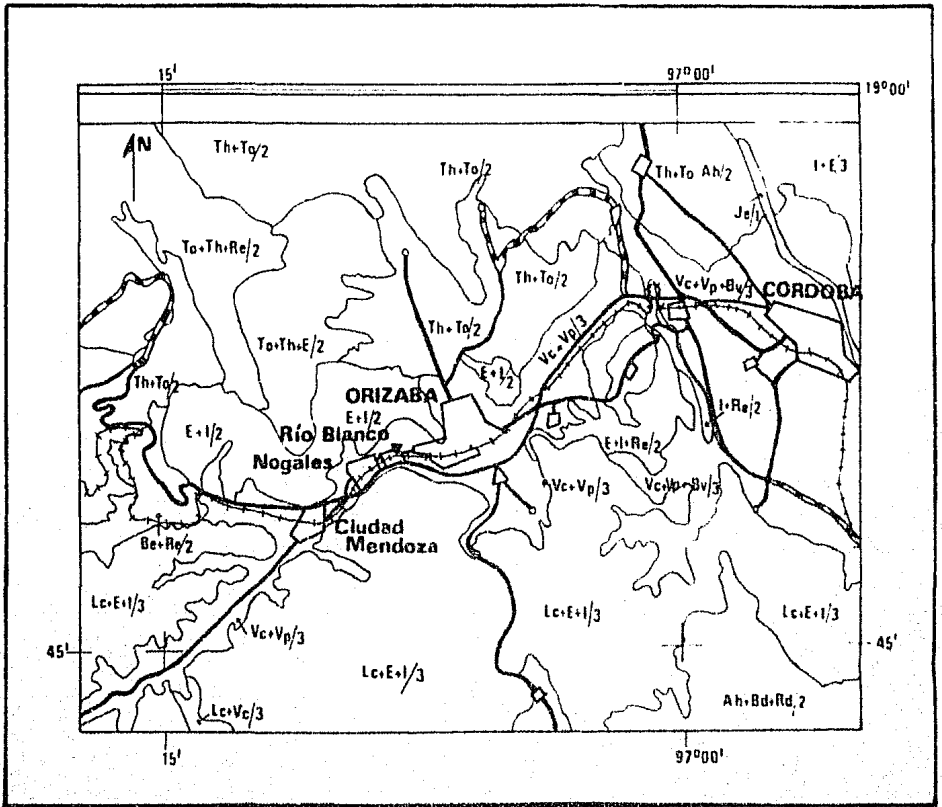
Fig. 3 .Carta geológica.



Temperatura media anual                      19.1  
 Precipitación anual                              2320.1  
 Clima (Köppen mod. por García, 1964) Cwb (1)g

Fig. 4 .Gráfica de Temp. - Precip. de la Estación meteorológica Orizaba - Veracruz.





**SIMBOLOGIA**

Escala: 1:250 000



ACRISOL	HUMICO	Ah
CAMBISOL	DISTRICO	Bd
	EUTRICO	Be
	VERTICO	Bv
RENZINA		E
LITOSOL		I
FLUVISOL	EUTRICO	Ja
LUVISOL	CRONICO	Lc
REGOSOL	DISTRICO	Rd
	EUTRICO	Re
ANDOSOL	HUMICO	Th
	ORTICO	To
VERTISOL	CRONICO	Vc
	PELICO	Vp

**TEXTURA: (30 cm superficiales)**

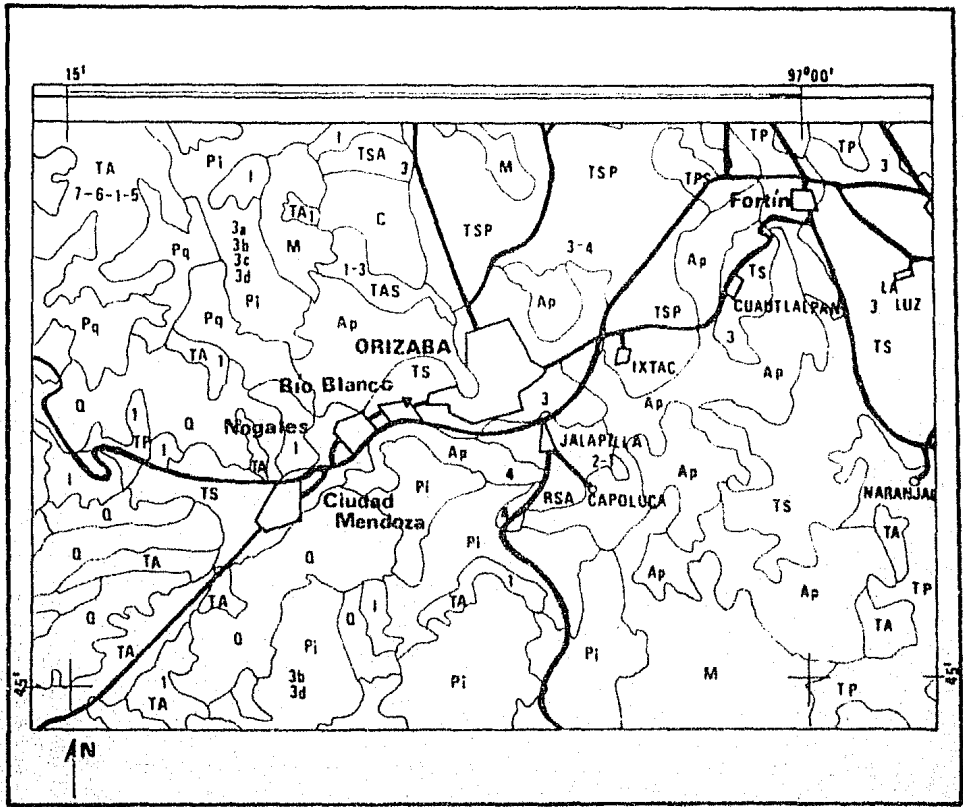
- 1.- Gruesa
- 2.- Media
- 3.- Fina

**AREA DE ESTUDIO**

- CARRETERA
- TERRACERIA
- FERROCARRIL

Fuente: SPP Dirección Genl. del Territorio Nat. 1983.

Fig. 5 Carta edafológica

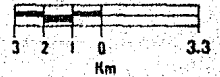


### SIMBOLOGIA

SELVA ALTA-PERENNIFOLIA	Ap	MAIZ	1
BOSQUE CULTIVADO	C	FRIJOL	2
PASTIZAL INDUCIDO	I	CAÑA DE AZUCAR	3
BOSQUE DE PINO	Pi	CAFETO	4
BOSQUE DE ENCINO	Q	CEBADA	5
BOSQUE DE PINO-ENCINO	Pq	HABA	6
BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA	M	PAPA	7
AGRICULTURA DE TEMPORAL	T		
AGRICULTURA DE RIEGO	R	<i>Pinus pseudostrobus</i>	3a
CULTIVOS ANUALES	A	<i>Pinus patula</i>	3b
CULTIVOS PERMANENTES	P	<i>Quercus laurina</i>	3c
CULTIVOS SEMIPERMANENTES	S	<i>Baccharis conferta</i>	3d

AREA DE ESTUDIO  
CARRETERA

Escala: 1: 165 000



Fuente: SPP, Dirección Genl. de Geografía del Territorio Nat. 1984.

Fig. 6 .Carta de vegetación y uso del suelo.

## METODOLOGIA

De campo. El suelo del área de estudio corresponde a un rancho de aproximadamente 20 Ha. Para evaluar los niveles de macronutrientes (N, P, K) las muestras se obtuvieron de pozos que se distribuyeron en el área formando triángulos y en cada vértice se hizo un pozo de 60 cm de profundidad, de cada pozo se tomaron dos muestras; una hasta 30 cm de profundidad y la segunda muestra de los 30 cm a los 60 cm de profundidad - (Fig. 7). También se hicieron perfiles, que fueron caracterizados en el campo y que de acuerdo a los resultados de los análisis se obtuviera la caracterización del suelo, así como su clasificación hasta Gran grupo (E.U.A. Soil Conservation Service, 1975).

Todas las muestras, tanto de los pozos como de perfiles fueron depositadas en bolsas de polietileno para ser transportadas al laboratorio, fueron secadas al aire y tamizadas en tamiz de 2.0 mm de abertura de malla para después realizar los análisis de laboratorio.

De laboratorio. Los análisis físicos realizados fueron:

- Determinación del color del suelo en seco y en húmedo por comparación con las Tablas Munsell (Munsell, 1975).
- Densidad aparente con probeta de 10 cc, por compactación (Baver, 1956).
- Densidad real por el método del picnómetro (Baver, 1956).

- Determinación del porcentaje de espacios porosos por la relación entre densidad aparente y real (Ortíz, 1980).

- Análisis mecánico, textura determinada por el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 1936).

Los análisis químicos fueron:

- Determinación del pH, con potenciómetro Corning y una relación suelo - agua destilada y suelo - sol. de cloruro de potasio 1N pH=7 de 1:2.5 (Ruíz, 1979).

- Materia orgánica, determinación indirecta, por medio del carbono orgánico por combustión húmeda, con calor de dilución del  $H_2SO_4$  y titulando con sulfato ferroso 1N (Walkley, 1935).

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC), por el método de centrifugación, saturando con cloruro de calcio 1N pH=7, lavando con etanol 1:1 y desplazando con cloruro de sodio 1N pH=7, titulando con versenato (cit. por Jackson, 1976).

- Calcio y Magnesio intercambiable, utilizando acetato de amonio 1N pH=7 y titulando con versenato (cit. por Jackson, op. cit.).

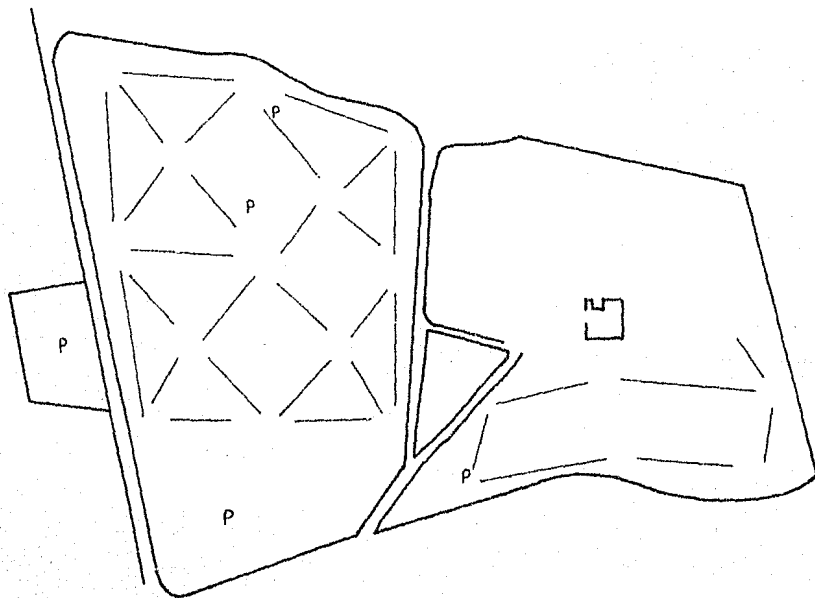
- Carbonatos y Bicarbonatos, por neutralización ácida (cit. por Grande, 1974; Ruíz, op. cit.).

- Fósforo asimilable por el método colorimétrico (Brady, Kurtz, 1945; Olsen, 1954).

- Nitrógeno total, determinado por el método semimicro - Kjeldahl (Soil Conservation Service, 1984).

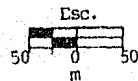
a Orizaba

a Río Blanco ( centro)



P.- Perfil

Fig. 7 . Triangulación del área para muestras de pozos.



## RESULTADOS Y DISCUSION.

Del área de estudio se obtuvieron 21 puntos en donde - hacer los pozos para las muestras de fertilidad; en total fueron 41 muestras, considerando que de cada pozo se obtuvieron - dos muestras (los primeros 30 cm y de 30 a 60 cm), a excepción del pozo 13 donde el suelo somero sólo permitió tomar la muestra de los primeros 30 cm de profundidad.

Se hicieron 5 perfiles (Fig. 8):

Perfil I con 1.50 m de profundidad y 8 horizontes.

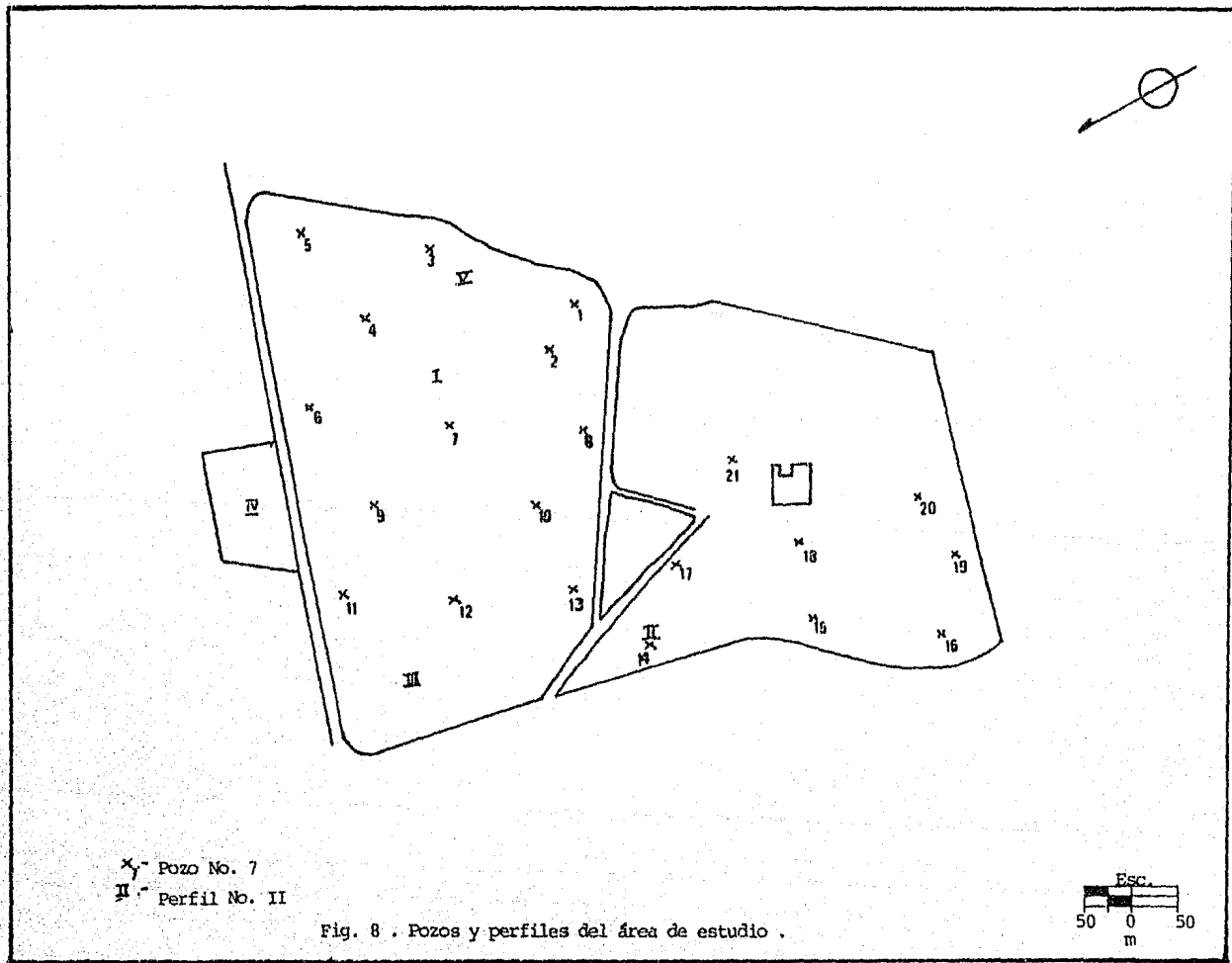
Perfil II con 0.75 m de profundidad y 4 horizontes.

Perfil III con 1.50 m de profundidad y 5 horizontes.

Perfil IV con 1.50 m de profundidad y 6 horizontes.

Perfil V con 1.20 m de profundidad y 5 horizontes.

A continuación se presenta la interpretación y discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de los pozos con las tablas y mapas correspondientes, posteriormente se presentan los resultados de los análisis de las muestras de los perfiles así como su interpretación y discusión, finalmente de acuerdo con lo anterior se presenta la descripción y clasificación de cada perfil.





T A B L A I. Análisis físicos y químicos en muestras de pozos\*

		DENSIDAD		Esp. pocosa N/mm	Arena L/m	Arcilla L	pH	FCI %	M.O. H <sub>2</sub> O Total	Pasado 450	K <sup>+</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	Pasado Kg/ha	K <sup>+</sup> Interc. kg/ha			
Muestra	SECO	ap. g/l	real co														
1-a	10YR 5/2 café gris.	1.26	2.35	46.3	71.8	19.7	6.5	mg. arc.	7.1	6.6	2.6	0.084	7.20	4.1	12.25	22.56	63.55
1-b	10YR 5/2 café gris.	1.35	2.47	45.3	14.2	45.6	20.2	franco	7.6	6.7	1.3	0.168	20.67	4.1	12.25		
2-a	10YR 5/3 café	1.12	2.29	49.1	33.8	54.6	12.7	mg. lim.	7.9	6.7	4.2	0.126	25.11	3.5	9.43	77.94	54.25
2-b	10YR 5/3 café	1.09	2.21	50.6	27.0	52.7	19.5	mg. lim.	7.5	6.7	1.9	0.168	0.38	3.5	10.41		
3-a	10YR 5/3 café	1.15	2.10	45.2	43.3	43.3	13.4	franco	8.0	6.7	3.3	0.210	21.97	3.5	11.77	68.10	54.25
3-b	10YR 5/3 café	1.18	2.36	50.0	40.2	49.6	10.2	franco	7.2	5.6	2.2	0.024	15.69	2.9	10.41		
4-a	10YR 5/3 café	1.07	2.09	48.0	10.6	51.3	38.1	mg. arc. lim.	7.7	6.5	4.2	0.252	0.39	4.4	9.92	1.17	68.20
4-b	10YR 5/2 café gris.	0.99	2.02	51.0	14.6	53.1	32.1	mg. arc. lim.	7.8	6.5	3.1	0.252	1.92	3.2	9.92		
5-a	10YR 4/3 café obsc.	1.08	2.19	54.8	32.9	47.7	19.4	franco	7.7	6.6	5.6	0.252	1.64	4.8	10.55	5.00	74.40
5-b	10YR 5/3 café	1.10	2.27	51.5	42.6	44.0	13.4	franco	7.9	6.6	3.3	0.168	16.64	1.2	10.41		
6-a	10YR 5/3 café	0.96	2.08	53.8	6.6	55.3	6.1	limo	8.2	7.3	6.4	0.136	20.25	3.8	10.90	87.57	58.90
6-b	10YR 5/3 café	1.00	2.20	54.5	24.6	41.6	33.9	mg. arc.	8.1	7.7	6.4	0.336	0.38	3.2	9.43		
7-a	10YR 5/3 café	1.09	2.40	54.5	11.3	83.3	54.4	mg. lim.	7.5	6.6	6.7	0.336	26.84	3.5	9.43	83.20	54.25
7-b	10YR 5/3 café	0.85	2.19	61.1	6.9	77.7	15.3	mg. lim.	7.8	6.5	6.4	0.336	18.05	3.5	10.41		
8-a	10YR 5/3 café	0.92	2.01	50.2	21.3	55.4	17.1	mg. lim.	8.0	7.0	3.7	0.420	95.55	3.8	9.68	265.00	58.90
8-b	10YR 5/3 café	1.01	2.05	50.7	22.9	59.7	17.4	mg. lim.	8.0	6.5	3.4	0.210	17.26	3.5	10.90		
9-a	10YR 5/3 café	1.06	2.01	47.2	34.9	50.0	15.1	mg. lim.	7.7	8.7	2.7	0.336	1.09	3.2	11.52	9.54	49.60
9-b	10YR 5/3 café	0.94	2.05	54.1	27.6	51.3	26.1	mg. lim.	7.9	6.6	2.8	0.252	22.76	3.4	12.01		
10-a	10YR 5/3 café	0.85	2.09	57.5	29.3	32.9	27.9	mg. arc.	7.8	6.7	5.4	0.537	0.49	3.5	15.89	1.51	54.25
10-b	10YR 5/3 café	0.87	2.32	62.7	4.6	71.3	24.1	mg. lim.	7.9	6.8	4.5	0.376	10.05	3.2	13.35		
11-a	10YR 5/3 café	0.94	2.12	53.2	30.3	58.5	6.4	limo	7.8	6.6	6.4	0.420	17.26	1.9	15.80	53.50	60.45
11-b	10YR 5/3 café	1.03	2.17	52.5	8.6	68.0	23.4	mg. lim.	8.1	6.6	4.2	0.236	20.40	2.9	16.39		
12-a	10YR 4/3 café obsc.	1.09	2.08	47.4	19.0	50.0	30.7	mg. arc. lim.	6.2	5.3	6.6	0.370	0.19	7.7	7.16	25.38	119.35
12-b	10YR 4/3 café obsc.	1.15	2.28	49.5	34.2	34.0	31.8	mg. arc.	7.4	6.3	2.7	0.252	1.92	3.2	6.18		
13-a	10YR 4/2 café m. obsc.	1.14	2.40	52.5	14.6	47.3	29.3	mg. arc.	7.6	6.9	7.1	0.462	1.50	3.5	4.73	10.85	54.25
14-a	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.15	2.26	49.1	59.5	14.0	10.5	mg. arc.	7.7	6.4	8.5	0.672	0.38	1.2	4.24	1.17	49.60
14-b	10YR 5/1 gris	1.10	2.35	51.2	57.5	28.0	4.5	mg. arc.	8.2	6.6	4.1	0.370	17.58	1.8	5.70		
15-a	10YR 5/3 café	1.02	2.00	49.0	11.3	28.9	39.9	mg. arc.	6.4	5.8	4.8	0.462	1.64	4.1	4.97	5.00	63.55
15-b	10YR 5/3 café amar.	1.21	2.32	54.8	19.2	33.0	60.2	arcilla	6.5	5.8	6.6	0.292	0.38	3.9	6.54		
16-a	10YR 4/3 café obsc.	1.12	2.21	49.1	24.6	29.3	46.1	arcilla	6.0	5.4	6.7	0.462	1.25	3.8	5.70	1.07	58.90
16-b	10YR 4/3 café obsc.	1.17	2.31	49.3	32.6	34.0	34.4	mg. arc.	6.5	5.4	3.6	0.294	1.92	2.9	7.16		
17-a	10YR 3/1 café obsc.	0.96	1.99	51.5	32.9	53.6	13.5	mg. lim.	7.0	5.9	7.7	0.630	1.50	4.4	7.64	4.65	68.20
17-b	10YR 3/2 café m. obsc.	1.01	2.00	49.2	25.5	4.0	6.5	arc. neg.	6.9	6.2	7.4	0.588	1.22	3.1	6.18		
18-a	10YR 3/3 café obsc.	1.06	2.16	59.0	24.6	31.3	44.1	arcilla	6.6	5.7	6.4	0.462	5.42	9.3	6.67	16.80	144.15
18-b	10YR 4/2 café gris. obsc.	1.17	2.03	42.3	36.2	11.6	32.7	mg. arc.	7.1	6.3	5.9	0.579	1.33	4.4	8.13		
19-a	10YR 4/3 café obsc.	1.20	2.13	50.6	23.4	30.8	45.8	arcilla	6.0	5.4	7.7	0.420	2.55	3.6	7.16	8.02	55.80
19-b	10YR 4/3 café obsc.	1.10	2.17	51.4	15.8	24.0	60.2	arcilla	6.5	5.4	4.8	0.292	1.33	3.2	6.67		
20-a	10YR 4/3 café obsc.	1.14	2.20	48.1	25.1	10.9	43.8	arcilla	6.0	5.2	6.0	0.378	1.64	5.0	5.70	8.07	77.50
20-b	10YR 3/3 café obsc.	1.10	2.10	49.5	26.6	35.3	38.1	mg. arc.	6.5	5.6	6.2	0.378	0.80	3.5	6.67		
21-a	10YR 3/3 café obsc.	1.10	2.10	47.6	42.6	51.3	4.1	mg. lim.	7.6	6.4	6.9	0.505	7.28	15.5	5.70	22.56	240.25
21-b	10YR 4/2 café gris. obsc.	1.14	2.22	49.6	31.6	32.0	36.2	mg. arc.	7.7	6.5	5.8	0.542	3.08	16.6	6.67		

\*Pozos hechos dos profundidades.  
Muestra 1-a: a 30 cm de prof.; b de 30 a 60 cm de prof.

Nota: Los sólidos en kg/ha se hicieron considerando 30 cm de prof.

Análisis físicos en muestras de pozos.

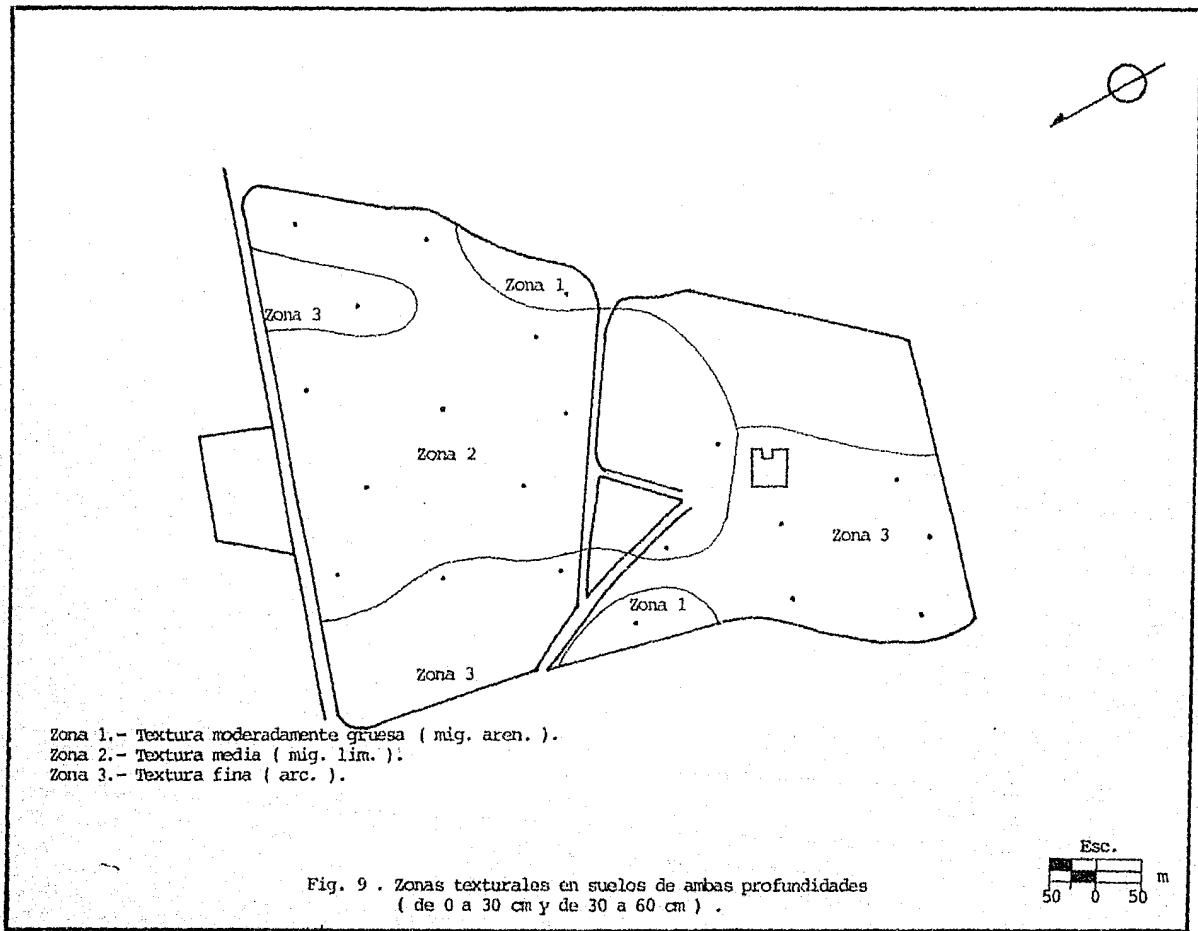
Textura. De acuerdo a las clases texturales determinadas en los 21 pozos y en las dos profundidades (30 y 60 cm), en el área se pueden distinguir 3 zonas: Zona 1. Textura moderadamente gruesa, Zona 2. Textura media y Zona 3. Textura fina, como es evidente estos términos se refieren al tamaño de las partículas minerales, es decir por "textura gruesa" se entenderá que se habla de texturas donde la fracción arenosa predomina y si se trata de "texturas finas" éstas se refieren a suelos donde la fracción arcillosa es abundante (Ortíz, 1980; Brady, 1977) (Fig. 9).

En general las texturas medias fueron abundantes (Zona 2), les siguen las texturas finas y finalmente las texturas moderadamente gruesas. En las texturas medias predomina la clase textural: migajón limoso, en donde el término migajón corresponde al de suelo franco, caracterizado por que las proporciones de arena, limo y arcilla se distribuyen de tal manera que, conjuntamente, alcanzan un equilibrio en sus influencias individuales sobre el suelo (Bonnet, 1968), sin embargo el grupo de partículas que domina en un suelo dado, así como también las proporciones relativas de las otras partículas presentes, fijan las características de ése suelo y tiene gran influencia sobre su fertilidad y sobre el éxito de los culti-

vos (Lyon, 1956) y es el caso del limo, pues si bien esta textura (migajón limoso) puede incluirse en el grupo de los suelos francos, realmente la fracción limosa será la que influya en las características del suelo dada su abundancia en comparación con la fracción de arena y arcilla. Se considera que la fracción limosa son partículas de arena microscópicas, donde el cuarzo es el mineral dominante, poseen alguna plasticidad, cohesión y adsorción (debidas a una película adherente de arcilla), además tiene una velocidad mayor de intemperización, para retener el agua disponible para el crecimiento vegetal, mayor que la arena (Brady, 1977; Millar, 1979).

En la Zona 3 del grupo de las texturas finas (Ortiz, op. cit.), predominan las texturas de arcilla y migajón arcilloso (Fig. 9) en donde la fracción arcillosa tiene gran importancia, Lyon (op. cit.) afirma que la arcilla por su gran estado de división y gran superficie influyen considerablemente sobre la capacidad total de retención de agua en contra de la fuerza de gravedad, por ello actúa como un almacén de reserva de nutrimentos y agua, además de cierta propiedad catalítica que le confiere al suelo.

Y la zona de textura moderadamente gruesa fue la que menor superficie ocupó y en donde la textura de migajón arenoso se caracterizó, al predominar la fracción arenosa, las ca-



racterísticas del suelo estarán ligadas a las características de esta fracción, pues la arena tiene una insuficiente capacidad de imbibición y dados los grandes espacios entre sus partículas el paso del agua filtrante es rápido, facilitando el drenaje y la eficiencia en el movimiento del aire, por esto, suelos donde predomina arena poseen un buen drenaje y aireación y una condición de fácil desmenuzamiento (Brady, op. cit.). Sin embargo, se encuentran sometidos más fácilmente a deficiencias de elementos nutritivos y reservas de agua por tener una capacidad inferior de adsorción en comparación con la arcilla (Bear, 1958).

#### Densidad del suelo.

La expresión del volumen ocupado por una determinada cantidad de suelo es llamada densidad y puede ser de dos tipos: la densidad aparente o también llamada densidad de volumen; - donde se considera a las partículas del suelo y los espacios porosos como parámetros importantes para su evaluación y la densidad real o densidad de partículas en la que sólo se consideran las partículas del suelo, es decir se descarta la influencia de los espacios porosos. Así se tiene que las interrelaciones de porosidad, densidad aparente, aire del suelo y velocidad de sedimentación de las partículas dentro de los fluidos depende de la densidad de las mismas. Por otro lado, ambos va

lores de densidad (real y aparente) se encuentran influenciados por la presencia de materia orgánica, la composición de los minerales, la profundidad y compacidad causada por el peso del suelo de las capas superiores (Bear, op. cit.; Brady, op. cit.). Las densidades aparentes registradas de las muestras del suelo son en general, valores bajos; para la densidad aparente a 30 cm de profundidad el valor mínimo es de 0.85 gr/cc y el máximo es de 1.26 gr/cc, el valor medio es de 1.05 gr/cc, estos valores se obtienen según Brady (op. cit.) cuando los suelos son ricos en materia orgánica y en suelos pesados o de texturas finas, sin embargo, en los suelos analizados el factor determinante es la materia orgánica, ya que debido a su alto contenido disminuye considerablemente la densidad del suelo y es el mismo caso para las muestras del suelo a los 60 cm de profundidad, donde el valor mínimo fue de 0.85 gr/cc y el máximo de 1.35 gr/cc y es que los suelos con partículas finas tienen densidad aparente que oscilan entre 1.0 y 1.3 gr/cc, aquí el valor medio es de 1.10 gr/cc, el rango mencionado es favorecido por el alto contenido de materia orgánica (Brady, op. cit.)

Con respecto a las densidades reales, también tienen valores bajos pues se considera que para muchos suelos minerales, la densidad de las partículas o densidad real tendrá un promedio de aproximadamente 2.65 gr/cc y este valor no varía mucho para diferentes suelos a menos que haya una considerable

variación en el contenido de la materia orgánica o composición mineralógica (Brady, op. cit.), y es que los valores de densidad real a los 30 cm son: el mínimo de 1.98 gr/cc y 2.40 gr/cc el máximo, promedio de 2.14 gr/cc y para los 60 cm de profundidad, el valor mínimo fue de 2.0 y el máximo de 2.47 con un valor promedio de 2.23 gr/cc que también es bajo, atribuido - principalmente a la presencia de materia orgánica (humus) en cantidades considerables (Tabla 1).

#### Espacios porosos.

Los espacios porosos de un suelo son la porción ocupada por aire y agua. La cantidad de estos espacios viene determinada con la densidad aparente y la densidad real, en donde influye la colocación de las partículas sólidas, ya que si éstas tienden a ligarse estrechamente entre sí, como en las arcillas o subsuelos compactos, la porosidad será baja y si se colocan en agregados porosos, como en las texturas medias de los suelos ricos en materia orgánica el porcentaje de espacios porosos será elevado por unidad de volumen (Bear, op. cit.; - Brady, op. cit.).

Así entonces, la importancia de los espacios porosos radica en que se encuentran directamente relacionados con la provisión de agua y oxígeno para el crecimiento de las plantas y su movimiento a través del suelo, ambos relacionados con la

cantidad y tamaño de poros, estos poros pueden ser de dos tipos: macro y microporos, en los macroporos se efectúa un libre movimiento del agua y aire y en los microporos este movimiento casi es nulo, pues se caracterizan en retener y conservar la humedad del suelo. Otro factor importante en los espacios porosos es que el tamaño de éstos es tan importante como la cantidad total, ya que el porcentaje de espacios porosos totales en suelos superficiales arenosos generalmente es bajo, pero una gran proporción de éste se compone de poros grandes - eficientes en el movimiento del agua y aire y su baja proporción de microporos está muy relacionada a su baja capacidad de retención de agua, caso contrario con los suelos superficiales de textura fina que tienen mayor capacidad de retención de agua debido a que abundan los microporos que retardan el movimiento del aire y agua en el suelo (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.; Ortíz, op. cit.).

Los valores calculados de espacios porosos para las muestras de los 21 pozos en las dos profundidades, son valores que corresponden a las texturas medias que predominan en el suelo, pues en las muestras de los primeros 30 cm de profundidad el valor mínimo fue de 45.2% y el más alto de 59%, su valor medio igual a 52.1% y en las muestras de 60 cm de profundidad, el valor mínimo fue de 42.3% y el más alto de 62.5%, el -



valor medio de 52.4%, se podría esperar que la proporción de macroporos y microporos sea equilibrada, aunque se detectaron texturas finas en donde los microporos retardan el movimiento del agua y aire causando marcados problemas, la presencia de altos niveles de materia orgánica contrarrestan tales problemas, pues permite que exista cierta granulación y que el suelo sea poroso y mullido, condición favorable que facilita la aireación, el drenaje y la retención de agua entre las partículas del suelo (Brady, op. cit.; Laird, 1965) (Tabla 1).

También se aprecia que la mayoría de los porcentajes - obtenidos en las muestras de los pozos a los 60 cm de profundidad aumentan con respecto al valor de la muestra superior - (30 cm), ésto de alguna manera indica que a esa profundidad aumenta la proporción de partículas finas (limo y arcilla) que - permiten que los espacios porosos aumenten y con ellos también la proporción de microporos y la conservación de humedad, así como la posible reserva de nutrimentos para los vegetales.

#### Color del suelo.

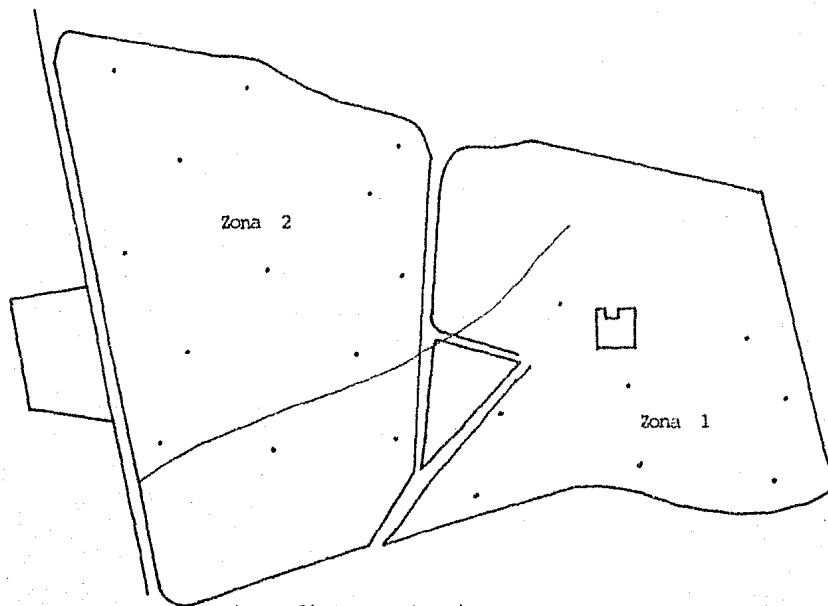
Los minerales que ocurren en cantidades apreciables en la mayoría de los suelos son de color claro, por tanto, los - suelos serían de un color gris claro si estuvieran compuestos de minerales disgregados que hubieran sufrido poco cambio químico, sin embargo el color oscuro de un suelo se debe a la ma-

teria orgánica descompuesta que contiene, el color también indica las condiciones de drenaje en el suelo pues los suelos - mal drenados tienen acumulación de materia orgánica en las capas superiores dando un color muy oscuro, suelos con drenaje - intermedio tiene el subsuelo color gris con moteados amarillos y suelos con buen drenaje permiten condiciones de humedad y - temperatura favorables para la actividad química, así el hierro es oxidado e hidratado formando compuestos rojos y amarillos. Otro factor que influye en algunos suelos es el color - del material de origen porque puede ser heredado por el suelo (Bear, op. cit.; Brady, op. cit.; Millar, op. cit.; Ortiz, - op. cit.).

Los colores registrados de los 21 pozos y a las dos - profundidades forman dos zonas: Zona 1, con colores más oscuros localizada en los pozos 12 al 21 y la Zona 2, de tonos - más claros que incluye los pozos 2 al 11 excepto el pozo 1 y 5 (Fig. 10). Esto es, los tonos más oscuros corresponden principalmente al color 10YR 3/3 Café oscuro en seco y 10YR 2/1 Negro y 10YR 2/2 Café muy oscuro en húmedo y en la zona de tonos más claros predomina el 10YR 5/3 Café en seco y 10YR 3/2 Café grisáceo muy oscuro en húmedo. Ambas zonas están estrechamente relacionadas con las zonas texturales que se distinguen en el área de estudio, es decir la zona de colores más - oscuros (Zona 1) viene correspondiendo a la zona de texturas

finas y la zona de colores más claros (Zona 2) con la zona de texturas medias, son evidentes los efectos de las partículas finas, donde la acumulación de la materia orgánica es considerable, en comparación con las texturas medias donde se tiene cierta acumulación, ya que los tonos son oscuros, pero aquí - las condiciones de drenaje, aireación, espacios porosos, permiten que la materia orgánica y sus productos de descomposición penetren y se filtren al subsuelo con mayor facilidad dando así colores más claros que los del suelo en la Zona 1.

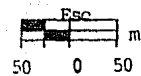
En la mayoría de los pozos (de las dos zonas; 1 y 2) - no existe variación entre el color de los primeros 30 cm de profundidad y el color de la segunda muestra (30 a 60 cm de prof.), esto refleja que las condiciones físicas del suelo permiten - que exista un drenaje favorable, contribuyendo también la presencia de materia orgánica, de lo contrario se tendría acumulación de materiales orgánicos en los primeros 30 cm, que darían al suelo tonalidades muy oscuras y contrastantes con las tonalidades claras de los 60 cm de suelo subyacente. Donde sí se tienen ciertos cambios en el color de una y otra profundidad - es en los pozos 14, 15, 17, 18 y 21 ya que de los tonos cafés que se presentan en los primeros 30 cm pasan a café amarillento y grisáceo en los siguientes 30 cm (30 a 60 cm de prof.), - en estos pozos puede influir principalmente un factor; del po-



Zona 1.-Color muy oscuro : predomina café oscuro (seco) y café muy oscuro (húmedo).

Zona 2.-Color oscuro : predomina café (seco) y café grisáceo muy oscuro (húmedo).

Fig. 10 . Zonas de acuerdo al color del suelo .



zo 13 al pozo 21 el suelo no llega a 1 m de profundidad y la cercanía con el material de origen provoca que el suelo tenga tonos más claros.

#### Análisis químicos en muestras de pozos.

pH del suelo. El agua en el suelo es retenida dentro de los poros con grados variables de intensidad, según la cantidad de agua presente y junto con las sales disueltas, el agua forma la llamada "solución del suelo" importante como medio para abastecer de principios nutritivos a las plantas que en él se desarrollan. Un aspecto de importancia en la solución del suelo es su reacción ( esto es, si es ácida, neutra o alcalina) esta reacción es valorada en términos de la concentración de iones de hidrógeno, expresada generalmente como pH (Brady, op. cit.; Ortega, 1978).

El pH del suelo influye en la solubilidad de los diversos nutrimentos y en la facilidad con que los elementos nutritivos disueltos son absorbidos y utilizados por las plantas (Teuscher, 1980). Por ello, al pH se le considera una propiedad química importante.

El concepto de pH de un suelo, o más bien de una suspensión de suelo, no es tan simple como el pH de una solución acuosa, pues en el pH de un suelo las partículas llevan iones unidos a ellas, por tanto estos iones no están distribuidos -

uniformemente en la solución. Si se considera una partícula - de suelo cargada negativamente y rodeada de agua, esta carga - negativa se neutraliza con los cationes que a ella se unan y - parte se disocia en el medio de dispersión formando así una ca - pa difusa de cationes llamada "capa doble difusa" ya que existe una carga negativa en la superficie de la arcilla, la cual está equilibrada con la nube difusa de cargas positivas, donde el espesor de esta capa se mide con la distancia desde la superficie hasta que la concentración catiónica se hace inapreciable (Russell, 1968).

Ahora bien, considerando que existen sales disueltas - en el agua, los cationes y aniones de estas sales se entremez - clan con los cationes de cambio en la capa doble y la hacen me - nos difusa o más compacta, reduciendo la diferencia de concen - tración catiónica entre las proximidades de la superficie de la arcilla y la masa de la solución. Este efecto de las sales es de valor significativo en cuanto a las limitaciones inheren - tes al concepto de pH del suelo. La concentración del ión hi - drógeno en la solución que rodea a las partículas de suelo es menor - o mayor el pH - que el próximo al de las mismas partí - culas del suelo debido al gradiente de concentración de ión H (Hidrógeno) en la capa doble. Pero como la capa doble se hace más compacta al añadir un electrolito (KCl) al sistema suelo-

agua, el gradiente de concentración de ión H a través de la capa doble se reduce y el pH de la solución baja hasta llegar a ser casi igual al de la superficie de las partículas del suelo.

El pH del suelo -afirma Russell (1968)- depende no sólo de la concentración salina de la solución, sino también de la cantidad de agua adicionada para completar la suspensión, -pues cuanto mayor es la proporción de agua en el suelo, mayor es el pH aparente del mismo, efecto que se aprecia más en los suelos que no contienen sales o yeso y que es una consecuencia tanto de la suspensión más diluida como de las capas dobles difusas. Así se tiene, que el pH de un suelo medido en una solución es más constante, y depende mucho menos de la razón suelo-agua, y se aproxima presumiblemente más al pH de la solución que rodea las raíces de las plantas, que el pH medido en una suspensión de agua.

Si un suelo está destinado al cultivo, el valor de pH es importante, ya que con él se conocen las condiciones en que se encuentran los nutrimentos para ser aprovechados por las plantas, y si bien la medición de este parámetro presenta ciertas limitaciones, no por ello, deja de ser un criterio para dilucidar las posibles condiciones químicas del suelo.

De acuerdo a los valores obtenidos en las muestras de los pozos, en el área de estudio se distinguen dos zonas: Zona 1; la más grande formada por los pozos número 1 al pozo 14,

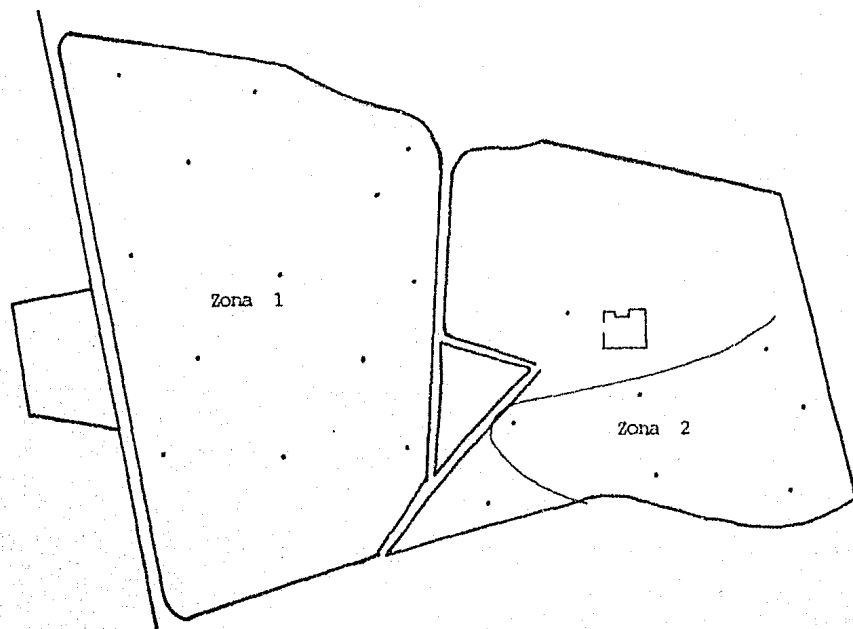
y además el pozo 21, en esta zona el pH con KCl oscila de 6 a 7 y con agua de 7 a 8, según Brady (op. cit.) son débilmente ácidos y débilmente alcalinos respectivamente y la Zona 2 más pequeña, formada por los pozos 15 al pozo 20, (Fig. 11), donde los valores para el pH con agua oscilan de 6 a 7, débilmente ácidos y con KCl de 5 a 6 moderadamente ácidos.

Estos valores registrados de pH reflejan cierta disponibilidad de nutrimentos asimilables:

En la zona 1, donde existe cierta alcalinidad, es probable que el hierro, manganeso y zinc tiendan a ser menos asimilables y el molibdeno aumente su asimilabilidad, el fósforo es un nutrimento difícilmente soluble parece adquirir menor firmeza en un pH=6.5 (Ortega, op. cit.). El aprovechamiento del nitrógeno se espera sea considerable en este rango de valores de pH, ya que los valores ligeramente alcalinos estimulan la actividad de los microorganismos y a su vez la descomposición de la materia orgánica fuente principal del nitrógeno (Brady, op. cit.). El calcio y magnesio se encontrarán activos en este rango de pH.

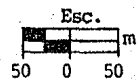
En la zona 2 donde los valores antes mencionados son ligeramente ácidos, se espera se incremente la actividad del hierro, manganeso, cobre y zinc, aquí los fosfatos tienden a formar compuestos insolubles con hierro y aluminio principal-





Zona 1.- pH (H<sub>2</sub>O) = 7 a 8 ; pH (KCl) = 6 a 7 .  
 Zona 2.- pH (H<sub>2</sub>O) = 6 a 7 ; pH (KCl) = 5 a 6 .

Fig. 11 . Zonas de acuerdo al pH del suelo de ambas profundidades.



mente. El calcio y el magnesio son menos activos en esta condición ácida, igualmente sucede con el potasio y el nitrógeno. - En cuanto a los organismos del suelo, en condiciones ácidas la actividad de las bacterias y actinomicetos se reduce, los hongos sin embargo, son facultativos desarrollándose más o menos en todas las reacciones del suelo, así la descomposición de materia orgánica no se verá reducida y la nitrificación y fijación del nitrógeno son posibles en valores superiores a 5.5 - (Brady, op. cit.).

Materia orgánica. Todos aquellos minerales de origen vegetal o animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición constituyen parte importante como materia orgánica del suelo. Este material acumulado se encuentra en un estado activo de desintegración y sujeto al ataque por parte de los microorganismos (Brady, op. cit.; Laird, op. cit.).

Brady (op. cit.) afirma que la principal fuente originaria de la materia orgánica en el suelo es el tejido vegetal. En los suelos cultivados, parte del tallo, hojas y raíces de las plantas son abandonadas en el suelo cuando éstas se cosechan y estos materiales son descompuestos y digeridos por los organismos del suelo, llegando a constituir una parte de los horizontes subyacentes ya sea por la infiltración o por incorporación física. Los animales son considerados fuentes secun-

darias de materia orgánica, al atacar los tejidos vegetales - originarios, contribuyen al gasto de los productos y dejan - sus propios cuerpos cuando sus ciclos vitales terminan.

Kononova (1961), Lych (1956) y muchos otros autores, coinciden en que el material orgánico acumulado en el suelo ya como parte constitutiva llega a influir de manera definitiva en las propiedades de este y por tanto de toda forma viviente que en él se encuentre, al respecto existe toda una gama de - ventajas que adquiere el suelo al poseer materiales orgánicos:

- Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua.

- Tiene un efecto sobre el color del suelo (marrón o negro).

- Funciona como granulador de las partículas minerales, siendo responsable en gran parte del desmenuzamiento de los - suelos productivos, pues la descomposición de la materia orgánica produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura del suelo.

- Por su efecto en la estructura del suelo, tiende también a aumentar la cantidad de agua que el suelo pueda contener y la proporción de ésta, utilizable por las plantas.

- Facilita el laboreo por su bajo grado de cohesión y -

plasticidad, afloja los suelos de textura fina al compensar la alta cohesión y plasticidad de la arcilla, mejorando así la condición estructural tanto de los suelos arenosos como arcillosos.

- Por su naturaleza coloidal con cargas negativas tiene una capacidad de adsorción de cationes de 2 a 3 veces mayor a la de los minerales coloidales.

- Constituye por ello un abastecimiento y asimilación de nutrimentos, por el fácil reemplazamiento de cationes, además los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición de la materia orgánica ayudan a disolver minerales y hacerlos disponibles a las plantas.

- Es la principal fuente de energía para los microorganismos del suelo, sin ella la actividad bioquímica sería prácticamente nula.

Kononova (op. cit.) y Ortiz (op. cit.) coinciden en que la cantidad total de materia orgánica contenida en un suelo consta de dos fracciones:

a) La fracción que permanece sin descomponer o que está en proceso de descomposición y por influencias químicas y biológicas continuas se transforma gradualmente en humus.

b) La fracción llamada humus, es la fracción activa de la materia orgánica del suelo que ha sufrido una descomposición extensiva formando una mezcla resistente de color oscuro

o negruzco, amorfo y en estado coloidal.

Los resultados de las muestras de los pozos del área de estudio, manifiestan dos zonas importantes: la zona 5 con suelos realmente muy ricos en materia orgánica (porcentajes superiores a 5) y la zona 4 con suelos ricos (porcentajes que oscilan de 3 a 5) (según Ortega, op. cit.; Kononova, op. cit.) (Fig. 12).

Estos niveles altos de materia orgánica se encuentran relacionados con varios factores, como época de muestreo, clima, vegetación, uso del suelo y condiciones físicas del mismo, entre las más importantes, todos ellos interactuando, influyen en la riqueza de materia orgánica en este suelo, es decir, por un lado se tiene que el muestreo fue realizado en verano, época en que las lluvias son abundantes y que por tanto influyen en la actividad de los microorganismos, pues los espacios porosos estarán ocupados por el agua y la actividad disminuirá ligeramente, mientras vuelve a filtrarse y percolarse el agua, así como también el oxígeno que los microorganismos respiran empieza a circular. Por otro lado la vegetación del área de estudio ocupa un lugar muy importante, ya que son pastos bajos, éstos tienen la peculiaridad de que se reintegran al suelo rápidamente convirtiéndose en materiales orgánicos, además, estos niveles altos de materia orgánica registrados se ven favo-

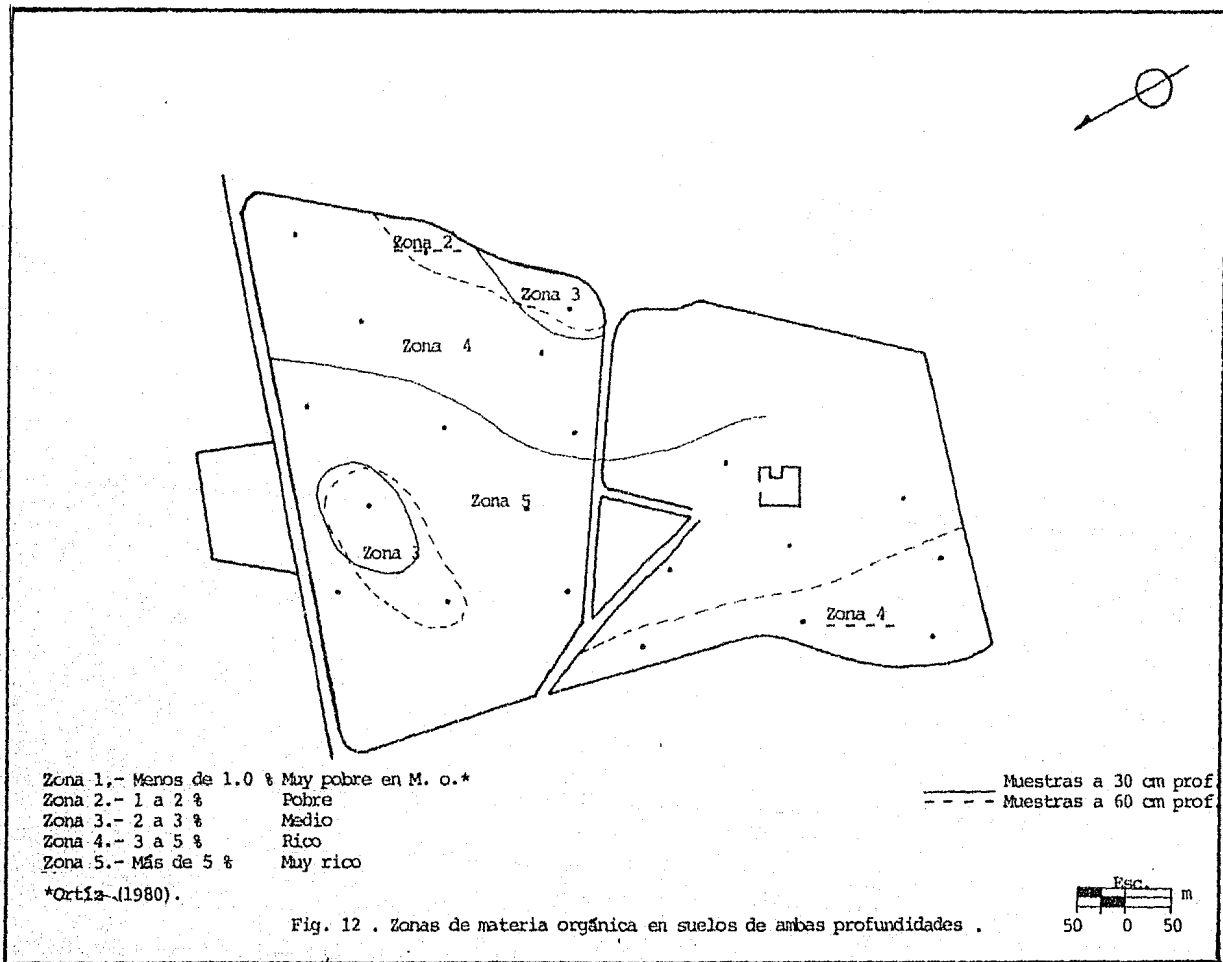


Fig. 12 . Zonas de materia orgánica en suelos de ambas profundidades .

recidos por que en el suelo predominan las texturas medias y - después las finas, como arcillas y limo, sucede lo contrario - en un suelo arenoso donde los espacios porosos o entre las partículas se pierde la materia orgánica con el fácil movimiento del agua a niveles inferiores del suelo. Finalmente, el clima del lugar al corresponder a subhúmedo templado, la temperatura no es precisamente un factor determinante en acelerar la descomposición de la materia orgánica como en los climas tropicales, es entonces posible que todos estos factores actuando juntos justifiquen la riqueza en materia orgánica de este suelo.

Comparando el contenido de materia orgánica entre las dos profundidades de los pozos (0 a 30 cm y 30 a 60 cm) se observa que disminuye en las muestras de 30 a 60 cm de prof., esta diferencia no es marcada, ya que en ambas se siguen presentando valores altos, esto indica que el drenaje y filtración de partículas orgánicas a niveles inferiores es adecuado, siendo potencialmente un medio que favorecerá el crecimiento de raíces y abastecimiento de agua y nutrimentos (Fig. 12).

Nitrógeno. El nitrógeno en el suelo se encuentra muy relacionado con el contenido de materia orgánica que éste tenga, puede encontrarse en diversas formas, ya sea en su forma elemental ( $N_2$ ), en la atmósfera del suelo y disuelto en el agua del mismo o combinado como óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico ( $NO$ ),

ambos gases, por último las formas iónicas en la solución del suelo:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , éstas son realmente importantes por ser absorbidas por las plantas (Ortega, Op. cit.).

El nitrógeno es un elemento que se necesita en grandes cantidades y con frecuencia está en deficiencia para la producción de cultivos, este elemento procede esencialmente de la atmósfera y la mayor parte penetra al suelo como resultado de la fijación biológica del nitrógeno llevada a cabo principalmente por dos grupos de bacterias: las simbióticas (del género Rhizobium) y asimbióticas (Azotobacter y Clostridium) (Millar, op. cit.).

Por ser el nitrógeno elemental el principal constituyente del aire (79% en volumen) cabría esperar en correspondencia una abundancia de compuestos nitrogenados en la superficie de la tierra, pero éste no es el caso, y es que las sales del nitrógeno tienen extrema solubilidad, ésto las hace susceptibles al lavado e impide su acumulación salvo aquellas zonas donde la lluvia es muy escasa (Teuscher, op. cit.).

En suelos vírgenes, tanto las sustancias orgánicas como los microbios que las descomponen y modifican, son los principales reguladores de la economía del nitrógeno, en suelos cultivados el nitrógeno incorporado procede de materiales como restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes



comerciales y sales amónicas y nitratos producidos por precipitación, aparte de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Las pérdidas de nitrógeno en el suelo ya sea en forma elemental o en compuestos amónicos se deben a la remoción de cultivos, al drenaje, a la erosión y la pérdida en condición gaseosa (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.).

Los porcentajes obtenidos en las muestras de los pozos corresponden en general a valores altos de nitrógeno total, en el área de estudio forman principalmente dos zonas; la zona 2 con porcentajes altos (0.2 a 0.4%) y la zona 3 con porcentajes muy altos (superiores a 0.4%) (según Brady, op. cit.) (Fig.13).

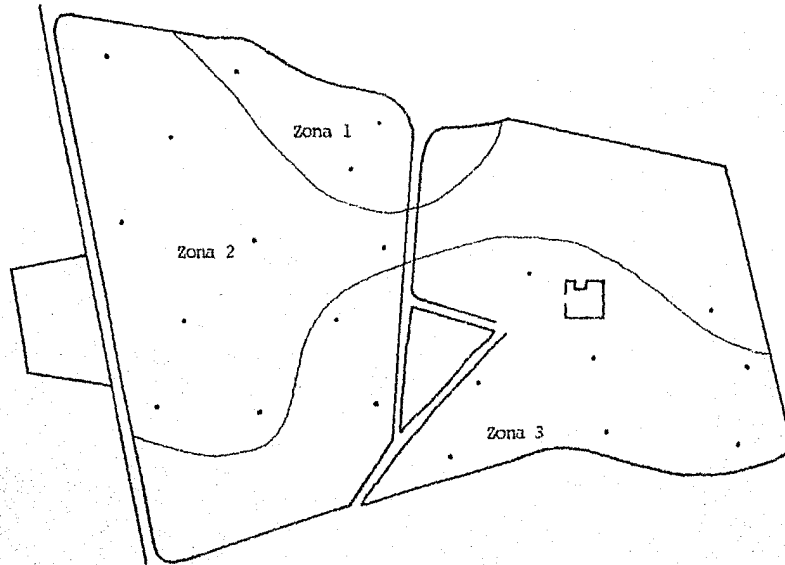
Comparando la Fig. 12, donde se tienen registrados los porcentajes de materia orgánica con la Fig. 13 en la que aparecen los porcentajes de nitrógeno total, se tiene que la zona donde los porcentajes de materia orgánica son más altos coincide con la zona donde están los pozos con los porcentajes más altos de nitrógeno total (es decir la zona 5 y 4 de materia orgánica con la zona 3 de nitrógeno total).

La zona de porcentajes medios de materia orgánica (zona 3) corresponde a la de valores medios de nitrógeno (zona 1), como se ve la cantidad de nitrógeno en el suelo se encuentra directamente relacionada con la cantidad de materia orgánica, coincidiendo con lo que afirma Brady (op. cit.). Comparando -

los valores en un mismo pozo, en la mayoría, los porcentajes - más altos se tienen en los primeros 30 cm y disminuye de los - 30 a 60 cm de prof., aunque la diferencia entre uno y otro porcentaje no es grande, indican que en la superficie existe cierta acumulación de materia orgánica y sin embargo existen tales condiciones de drenaje y percolación que permiten - y facilitan - la presencia de partículas orgánicas. Otra importante - relación con el nitrógeno es la textura del suelo que afecta - al crecimiento vegetal por el suministro de agua y de nitróge- no, entre más fina sea la textura mayor proporción de nitróge- no retendrá, debido a las características de las partículas finas; aireación, retención de agua y tendencia a combinarse con la materia orgánica (Ortega, op. cit.) aunque se puede añadir que las condiciones del drenaje influyen directamente en la relación textura-nitrógeno.

Los valores más altos de nitrógeno se tienen en los pozos 14, 17 y 21 que corresponden a los valores más altos de ma- teria orgánica y aunque las texturas de estos pozos no son fi- nas, se debe considerar que en estos 3 pozos la profundidad del suelo es pequeña y las condiciones de drenaje y cercanía con - el material de origen favorecen la acumulación de materiales - orgánicos (Tabla 1).

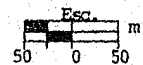
Haciendo una comparación entre la Fig. 9 en la que apa



Zona 1.- De 0.02 a 0.2% .Medio en N total.\*  
Zona 2.- De 0.2 a 0.4% .Alto  
Zona 3.- Más de 0.4% .Muy alto

\*Brady (1977).

Fig. 13 . Zonas de nitrógeno total en suelos de ambas profundidades.



recen las texturas del suelo de cada pozo y la Fig. 13 donde se tiene registrados los porcentajes de nitrógeno, se tiene que en donde se encuentran los porcentajes ricos en nitrógeno se tienen texturas finas y en donde aparecen porcentajes altos de nitrógeno se tienen texturas medias, reflejándose así, una estrecha relación entre la textura fina y retención de nitrógeno, señalada anteriormente.

El contenido de nitrógeno total en los suelos, además de guardar relación con otros parámetros, provee una medida de la cantidad de sustrato sujeto a descomposición (Brady, op. cit.) y de acuerdo a los niveles de nitrógeno que el suelo analizado posee, tendrá de reserva proporciones considerables de material que provea al suelo no sólo de nutrimentos para los vegetales, sino también de un mejoramiento en las condiciones físicas del suelo.

Fósforo. Otro macronutriente importante es el fósforo, cuyo abastecimiento para la demanda de las plantas, depende de otras fuentes: (1) Fertilizantes comerciales; (2) Estiércol de granjas; (3) Residuos vegetales incluyendo plantas enterradas en verde; (4) Compuestos naturales de estos elementos, tanto orgánicos como inorgánicos ya presentes (Brady, op. cit.) y (5) Las micorrizas que no sólo asimilan el elemento sino que también lo hacen soluble en gran porción, liberándolo en canti

dades superiores a sus propias demandas nutricionales (Alexander, 1980).

El fósforo ocupa el segundo lugar en importancia, en cuanto a cantidad, después del nitrógeno en el crecimiento de las plantas, de mucha importancia es también el hecho de que gran parte del fósforo presente en los suelos normalmente no es aprovechable para las plantas. Por un lado se tiene que el fósforo elemental no se encuentra en estado libre en la naturaleza, porque su elevada facilidad de oxidación no lo permite, por ello el problema del fósforo es triple (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.):

- (1) Una pequeña cantidad total en los suelos.
- (2) La falta de aprovechamiento del fósforo natural.
- (3) Una fijación marcada de los fosfatos solubles añadidos.

Existe por tanto una serie de factores que afectan al fósforo en el suelo, ellos son: el pH, la presencia de hierro, aluminio y manganeso, calcio, además la cantidad de materia orgánica y la actividad de los microorganismos.

Así, el aprovechamiento del fósforo en las plantas está determinado en alto grado por la forma iónica de este elemento y ésta a su vez viene determinada por el pH de la solución en que dicho elemento se encuentre. En soluciones muy

ácidas se tiene el ión  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ , si el pH aumenta predomina el ión  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$  y luego el  $\text{PO}_4^{3-}$ . En los niveles intermedios de pH dos de los iones fosfato pueden estar presentes simultáneamente. En solución con pH de 6 se tienen los iones  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  y  $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ . Esta relación sin embargo, se ve afectada por la presencia o ausencia de otros compuestos o iones, como el hierro o aluminio en condiciones muy ácidas son solubles y en condiciones alcalinas el calcio predomina y afectan en ambas condiciones la asimilación del fósforo (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.).

El ión  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  también reacciona con los óxidos hidratados insolubles de hierro, aluminio y manganeso, así la cantidad real de fósforo fijado por estos elementos en suelos ácidos excede a la precipitada químicamente por los iones de hierro, aluminio y manganeso y al parecer ocurre la formación de varios fosfatos minerales básicos con los elementos antes citados. Es evidente que la reacción ácida del suelo que hace posible la formación de  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$  conduce al mismo tiempo a una vigorosa fijación o precipitación del fósforo por el Fe, Al y Mn (Brady, op. cit.).

Cuando el pH se acerca a 6 comienza la precipitación como compuestos de calcio y al pH 6.5 la formación de sales insolubles de calcio es ya un factor determinante en el aprovechamiento del fósforo. Al parecer, esto indica que el máxi

mo aprovechamiento del fósforo se tiene cuando el pH se mantiene entre 6 y 7, aún en este límite la asimilación es bastante baja (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.).

En relación a todo lo anterior, los valores de pH en la mayoría de los pozos oscila entre 6 y 7 se esperaría entonces un favorable aprovechamiento de fosfatos por las plantas. En los pozos que tienen valores de pH más ácidos -entre 5 y 6- (pozos 13, 15, 16, 17, 19, 20 y 21) se detectaron valores muy bajos de fósforo asimilable, porque en estos suelos el rango de valores de pH ácidos provoca que el fósforo forme compuestos insolubles con el hierro y aluminio (Fig. 14) y aunque estos pozos pertenecen a la zona rica en materia orgánica (Zona 4) la que por su carácter aniónico se esperaría que compitiera con el fosfato y esto provocara una disminución en la fijación de fósforo; no se debe subestimar el pH ácido y la influencia de que el suelo clasificado como -Rendol lítico- (Perfil II), donde el calcio es el catión más abundante, intervenga en la fijación del fósforo de una manera directa, formando compuestos insolubles.

En varios pozos se registran valores bajos de fósforo asimilable, no sólo en concentraciones de ppm sino también en Kg/ha calculados para los primeros 30 cm de profundidad, estos pozos forman la Zona 1, correspondiente a valores muy bajos -

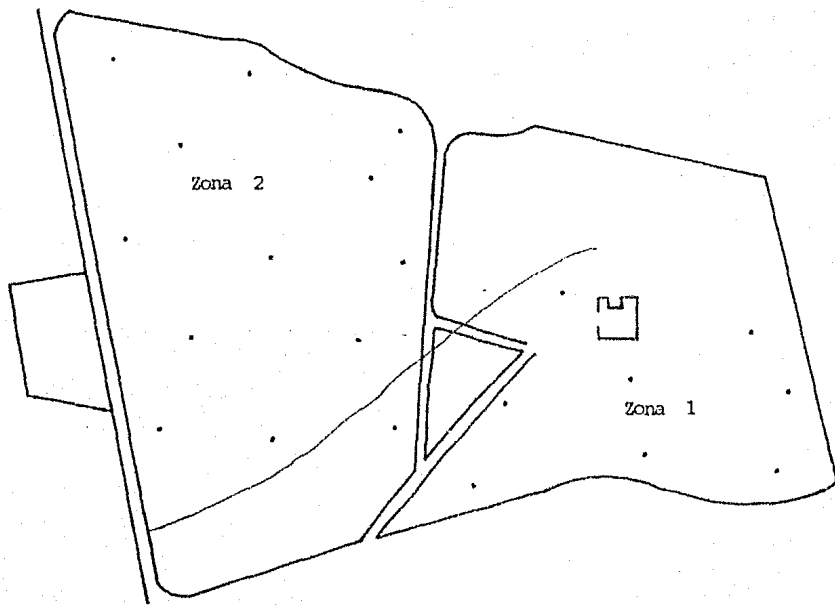
de fósforo asimilable (de 1 a 17 Kg/ha) (Ortiz, op. cit.) - (Fig. 14), en esta zona se tiene el pozo 14 en donde se registra en la muestra de 30 a 60 cm de prof. un valor correspondiente a suelo fértil (17.58 ppm) (Jackson, 1976), este valor coincide con el porcentaje de materia orgánica registrado a la misma profundidad (8.5%), que también es muy elevado y aunque en este pozo el valor de pH se acerca a 7.0, se esperarían fosfatos de calcio, sin embargo considerando que la técnica utilizada se basa en las reacciones de adsorción ya sea con el calcio, aluminio o hierro, la materia orgánica disminuye la proporción de fósforo fijado por el medio ácido que ésta provoca, además de que también es fuente de fósforo, es probable que todo influya a que se registre un valor alto de fósforo asimilable.

Donde se encuentran los pozos 1 al 12, se tienen valores medios altos y moderadamente bajos de fósforo asimilable - en Kg/ha (Ortiz, op. cit.), formando así la zona 2 (Fig. 14) - (de 18 a 265 Kg/ha), haciendo notar que la concentración de fósforo encontrada en las muestras de la segunda profundidad (30 a 60 cm) es en la mayoría de los pozos alta (pozos 1, 3, 5, 9, 10, 11) (Tabla 1).

Es posible que de los 30 a 60 cm de prof., los valores de fósforo se encuentren relacionados con la descomposición de la materia orgánica, que propicie ciertas condiciones químicas,



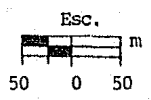
es decir, los ácidos orgánicos y humus resultado de la descomposición de la materia orgánica, toman parte activa en la formación de complejos de Fe y Al, esta unión de Fe y Al reduce la fijación de fosfatos inorgánicos, pues el humus y lignina son muy activos en dejar en libertad el fósforo fijado como fosfato básico de Fe. Otro factor que puede influir en registrar valores más altos de fósforo aprovechable en la segunda muestra de los pozos (30 a 60 cm) es que en esta profundidad la proporción de arcilla aumenta (en la mayoría de los pozos) y es posible la fijación del fósforo por arcillas silíceas bajo condiciones ácidas moderadas por una reacción superficial entre los grupos  $\text{OH}^-$  de los cristales minerales y los iones  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ , así al extraer el fósforo de suelos con mayor proporción de arcillas, habrá más fósforo fijado por éstos y se registrarán concentraciones más altas de este elemento en forma aprovechable. Además otro factor que puede influir es la materia orgánica, dado que estos suelos son ricos en ella, en el humus casi siempre existen fosfatos de amonio, y aunque se encuentren en cantidades relativamente pequeñas, su elevada solubilidad y casi completa disociación a diferentes valores de pH, no deja lugar a dudas su contribución en la nutrición de las plantas (Teuscher, op. cit.).



Zona 1.- De 1.0 a 17.0 Kg/ha . Bajo a Bajo medio.\*  
Zona 2.- De 18.0 a 265 Kg/ha . Medio alto a alto.

\*Brady (1977).

Fig. 14 . Zonas de fósforo asimilable en suelo de la capa arable  
( a 30 cm de prof. ) .



Potasio. El tercer macronutriente de importancia es el potasio, su contenido en los suelos generalmente es mucho mayor que el nitrógeno o fósforo y una adecuada cantidad de potasio utilizable tiene mucha relación con el tono general y el vigor del crecimiento de las plantas, además de frustrar los efectos nocivos de un exceso de nitrógeno y retrasando la madurez de las plantas, el potasio actúa contra las influencias de un efecto excesivo del fósforo, en general ejerce un efecto compensador sobre el nitrógeno y el fósforo (Brady, op. cit.); Ortega, op. cit.).

Desde el punto de vista químico el potasio se divide en 3 categorías; no-intercambiable, intercambiable y soluble. El primero abunda en la mayoría de los suelos, comprende la mayor parte de este nutriente, siguiéndole el intercambiable y por último el soluble (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.).

La cantidad de potasio en los suelos analizados corresponde a las dos últimas fracciones que son extraídas simultáneamente con la solución salina, sin embargo la fracción de potasio soluble llega a ser tan insignificante que se incluye en la fracción de potasio intercambiable, fracción de mayor interés (Ortega, op. cit.).

En los pozos se registraron cantidades bajas de potasio intercambiable, para los valores en ppm y por lo tanto también para los calculados en Kg/ha, contemplando los primeros 30 cm de prof. del suelo; el valor mínimo a esta profundidad fue de 16 ppm y en los siguientes 30 cm (la segunda muestra fue -

de 9.0 ppm, el valor máximo en los primeros 30 cm fue de 77.5 ppm y en la segunda profundidad (30 a 60 cm) fue de 83 ppm - (Tabla 1), de esta manera no se manifiesta alguna zona con mayor o menor cantidad de potasio, ya que en general se registraron niveles bajos de potasio intercambiable, sólo en el pozo 21 se tienen en ambas muestras niveles ricos, según la escala de Teuscher (1980).

Esta pobreza en potasio se justifica si se considera que la mayor parte de este elemento está sujeto rígidamente como parte de los minerales primarios o bien está fijada en formas que son, en el mejor de los casos un almacén que lentamente proporciona este elemento en forma asimilable para las plantas. Ahora, el potasio en el suelo se encuentra formando un sistema de equilibrio entre tres estados: no aprovechable, rápidamente asimilable y lentamente asimilable, la mayor parte de este elemento se encuentra en el primer estado, siendo los feldespatos y micas los que contienen gran cantidad de esta forma no aprovechable, estos minerales son muy resistentes a la intemperie y proporcionan cantidades insignificantes de potasio durante una estación, sin embargo existe una contribución acumulativa, además el potasio se libera gradualmente en formas más aprovechables mediante la acción de disolventes como el agua carbonatada (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.).

Se desconocen los mecanismos exáctos de fijación y liberación del potasio, sin embargo se conoce la influencia de algunos factores como el de la fracción coloidal, que es responsable de la fijación del potasio, considerando el tipo de arcilla, por ejemplo la caolinita fija poco potasio, en cambio arcillas como la montmorillonita e illita lo fijan con mucha avidéz y en grandes cantidades (Brady, op. cit.). Suelos con minerales primarios ricos en potasio y sujetos a un intemperismo prolongado, estarán provistos de cantidades considerables de este elemento, en cambio, en suelos poco intemperizados las micas y feldespatos son los minerales potásicos más comunes. Por otro lado, el pH también influye, cuando éste aumenta, también aumenta el grado de fijación del potasio, igualmente al agregar calcio al suelo se aumenta la fijación, ya que existe el reemplazamiento del ión calcio por el ión potasio en los sitios de intercambio (Ortega, op. cit.; Teuscher, op. cit.).

Finalmente, los resultados obtenidos se encuentran influenciados por los factores arriba anotados, específicamente cabe señalar la influencia del calcio en abundancia, ya que los sitios de intercambio se encontrarán en su mayoría ocupados por el calcio, provocando que los niveles de potasio intercambiable sean muy bajos, por otro lado considerando que los mecanismos de liberación y fijación de potasio no son del todo conocidos, se podría deducir que esta pobreza en potasio no es

absoluta, ya que al considerar el equilibrio entre las tres formas de este elemento es posible que en el momento de ser absorbido, la reacción de equilibrio tendrá que reestablecerse permitiendo así la existencia de una fuente si no inmediata por lo menos segura de potasio asimilable para las plantas, de tal modo que la deficiencia de potasio será menos severa si se considera que en estos pozos muestreados y analizados se tiene textura migajón limosa y cantidades considerables de materia orgánica que facilitarán la retención de tal elemento, evitando que el movimiento del potasio hacia abajo sea rápido.

Sodio. El sodio no se incluye en la lista de los elementos esenciales para la nutrición vegetal, su esencialidad queda reducida a ser aprovechado por algunas especies vegetales, sin embargo la importancia de este elemento aumenta cuando su concentración en el suelo es igual o supera el 15% de saturación con sodio del complejo intercambiante (Ortega, op. cit.), afectando así las condiciones físicas y químicas del mismo, ya que el exceso de sodio produce la alcalinización y tiene un efecto disgregador en las partículas coloidales; es decir, aumenta el pH de la solución del suelo, disminuyendo la actividad de muchos microorganismos y la permeabilidad de las células radicales en contacto con el suelo. Al aumentar las sales en la solución del suelo aumenta la presión osmótica de la solución y la planta no puede absorber el agua porque no hay un gradien

te adecuado. Un exceso de sodio compite con los demás cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) y baja la absorción de éstos por la planta, por ello se dice que estorba en la nutrición normal de las plantas, llegando a veces a alcanzar niveles tóxicos para éstas. El sodio intercambiable en altas concentraciones causa defloculación de los coloides y por tanto una destrucción de las unidades estructurales del suelo. Esta condición de defloculación vuelve al suelo más o menos impermeable y retarda la entrada del agua impidiendo así el drenaje. En suelos de textura fina la penetración de raíces puede ser restringida por la densidad de la zona defloculada. La aireación se ve también reducida, causando condiciones anaerobias, en las que se forman compuestos de reducción que son tóxicos para las plantas - (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.; Russell, op. cit.).

Como se observa, la importancia de analizar cantidades de sodio en el suelo es significativa, en este caso, los suelos analizados no presentan altas cantidades de sodio intercambiable, al contrario su concentración es realmente baja (Tabla 1), el valor mínimo fue de 2.54 ppm y el máximo 16.38 ppm, esto va relacionado con el hecho de que el  $\text{Na}^+$  es uno de los cationes más fácilmente desplazados de los sitios de intercambio, sobre todo por el  $\text{H}^+$ , es posible dadas las condiciones de precipitación pluvial (Fig. 4) y drenaje del suelo, que el  $\text{Na}$  sea

iluvado, por otro lado las concentraciones suficientes de calcio no permiten que el suelo retenga grandes cantidades de sodio, todos estos factores en conjunto e interactuando, contribuyen a que el suelo no tenga el riesgo de concentrar altas - cantidades de sodio (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.).

En general, los análisis físicos y químicos realizados en los suelos de todos los pozos manifiestan ciertas relaciones que no pueden pasar inadvertidas, de acuerdo a las figuras donde se muestra cierta zonificación según sea el análisis, se tiene una zona que ocupa la mayor parte del terreno (aproximadamente del pozo 1 al pozo 10) en ella sucede que la zona 2 de la Fig. 10 donde se tienen los colores del suelo analizado y - que corresponde a colores oscuros (el más abundante fue café en seco 10YR 5/3 y café grisáceo muy oscuro en húmedo 10YR - 3/2) coincide por un lado con la zona de texturas medias y por otro lado con las zonas 5 y 4 de la Fig. 12 que indica los porcentajes de materia orgánica, que son zonas ricas (valores superiores a 3%), además con la zona 2 de la Fig. 13, donde están los valores de nitrógeno, que corresponde a valores altos (superiores a 0.2%) y con la zona de rangos de pH débilmente - ácidos -de 6 a 7- (Fig. 11), finalmente con la zona 2 de los valores de fósforo asimilable medios bajos y altos (Fig. 14), sobre todo en las muestras de 30 a 60 cm de profundidad.



Es decir, las condiciones físicas del suelo están muy relacionadas con las químicas, ambas sometidas a su vez a la influencia de los factores ambientales que también son determinantes, en este caso los resultados de un análisis además de proporcionar por sí solo cierta información siempre estará relacionado con otros análisis o aspectos del suelo, esto es evidente:

Las tonalidades oscuras del suelo, se relacionan con el contenido alto de materia orgánica, que en su proceso de descomposición, la fracción humificada da al suelo colores oscuros, este contenido se encuentra a su vez apoyado por la textura del suelo donde fracciones finas como el limo y arcilla contribuyen a retener las partículas orgánicas, con ello la reacción del suelo tenderá a ser ligeramente ácida. Los niveles altos de nitrógeno igualmente están relacionados con los niveles de materia orgánica y a la vez con los valores medios y altos de fósforo asimilable, finalmente los cambios ligeros de una a otra profundidad revelan que la fracción limosa colabora o facilita el drenaje y percolación a niveles inferiores del suelo mostrando así condiciones favorables para el crecimiento de los vegetales.

La otra zona manifestada corresponde a una menor área (del pozo 13 al 21 aproximadamente), en donde las texturas fi-

nas principalmente de la zona 3 de la Fig. 9 de texturas, se relaciona con la zona 1 de la Fig. 10 de colores muy oscuros; café oscuro en seco 10YR 4/3 y café muy oscuro en húmedo 10YR 2/2 y negro también en húmedo 10YR 2/1 y con la zona 2 de la Fig. 11 de pH que tiene valores moderadamente ácidos -de 5 a 6-, además, también se relaciona con la zona 4 y 5 de materia orgánica (Fig. 12) que corresponde a zonas ricas en materia orgánica y la zona 3 de nitrógeno total (Fig. 13) que es una zona con valores muy altos en nitrógeno total, finalmente con la zona de valores bajos y muy bajos de fósforo asimilable (Fig. 14).

Las tonalidades muy oscuras del color del suelo son resultado de los altos niveles de materia orgánica y valores altos de nitrógeno, su efecto se vislumbra en la reacción ácida del suelo y sobre los niveles altos de nitrógeno total, por otro lado aquí los niveles de fósforo asimilable son bajos, posiblemente por la existencia de fosfatos de calcio (que en esta área es el catión predominante).

TABLA 2. Análisis físicos y químicos en muestras de perfiles.

Perf. I	Prof. cm	Seco	COLOR	Húmedo	Densidad	Esp.	Textura		pH		CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CIC	M.O.	Ntotal	P asim.	
					ap. real gr/cc	por. %	Are. %	Lin. Arc. %	H <sub>2</sub> O KCl 1:2.5	areq/lit	meq / 100 gr suelo	meq / 100 gr suelo	meq / 100 gr suelo	meq / 100 gr suelo	meq / 100 gr suelo	meq / 100 gr suelo					
Ap1	0 - 10	10YR 5/2 café gris.	10YR 2/2 café m. obsc.	0.92	2.23	58.7	21.5	60.0	18.5	mig. lim.	8.2	7.4	0.8	53.4	5.9	0.78	0.37	42.0	2.7	0.126	14.28
Ap2	10 - 30	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	0.95	2.38	60.0	23.5	60.0	16.5	mig. lim.	8.3	7.7	0.7	57.4	6.9	0.34	0.24	43.6	2.6	0.042	14.91
Al2	30 - 42	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.00	2.30	56.5	11.5	76.0	12.5	mig. lim.	8.1	7.2	0.9	53.1	3.9	0.52	0.24	41.0	3.9	0.042	12.24
C1	42 - 65	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	0.92	2.21	59.2	21.5	64.0	14.5	mig. lim.	8.3	7.5	0.9	64.3	0.9	0.39	0.23	42.4	4.2	0.025	13.02
C2	65 - 80	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.00	2.40	59.3	33.5	52.0	14.5	mig. lim.	8.4	7.6	0.5	71.2	10.8	0.41	0.17	37.0	5.2	0.042	12.87
C3	80 - 100	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	0.94	2.32	59.4	37.5	58.0	14.5	mig. lim.	8.2	7.5	0.6	72.2	1.9	0.41	0.17	40.6	5.3	0.252	14.75
C4	100 - 115	10YR 5/2 café gris.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.00	2.44	59.0	45.5	44.0	10.5	franco	8.4	7.6	1.5	47.5	6.9	0.47	0.14	36.8	5.1	0.067	14.75
C5	115 - 150	10YR 5/4 café amar.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.12	2.22	49.3	58.4	46.0	12.6	mig. are.	8.0	7.3	0.3	20.7	13.8	0.44	0.34	32.4	1.6	0.231	13.10
Perf. II																					
Ap11	0 - 19	10YR 3/3 café obsc.	10YR 2/1 negro	1.10	2.36	53.3	51.5	36.0	12.5	franco	7.8	7.2	0.6	41.5	24.7	1.60	0.52	39.0	2.1	0.042	13.18
Ap12	19 - 31	10YR 3/2 café gris.	10YR 2/1 negro	0.95	2.10	54.7	55.5	39.0	6.5	mig. are.	7.9	7.2	0.4	52.4	7.9	0.86	0.33	49.0	10.1	0.714	18.68
Ac	31 - 59	10YR 6/2 gris café	10YR 6/3 café pálido	1.15	2.08	44.7	73.5	29.0	6.5	mig. are.	8.6	8.0	0.4	76.2	26.7	0.67	0.25	20.0	2.7	0.042	18.21
C	59 - 75	10YR 8/3 café m. pdl.	10YR 6/4 café amar. pdl.	1.30	2.52	48.4	69.5	24.0	6.5	mig. are.	8.9	8.1	0.4	53.4	21.7	0.58	0.11	12.4	3.2	0.235	17.58
Perf. III																					
Ap1	0 - 17	10YR 4/3 café obsc.	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.02	2.42	57.8	50.6	29.6	19.8	franco	6.0	5.2	0.2	13.8	15.8	0.52	0.48	30.6	7.7	0.042	1.50
Ap2	17 - 32	10YR 4/4 café amar. o.	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.00	2.50	56.8	54.6	24.6	20.8	mig. are. arc. 6.3	5.3	5.3	0.3	9.9	41.5	0.52	0.29	28.6	3.2	0.336	0.91
B2	32 - 63	10YR 5/4 café amar.	10YR 3/4 café amar. obsc.	1.12	2.00	44.0	40.6	27.6	31.8	mig. are.	6.4	5.4	0.3	17.8	10.8	0.52	0.35	25.2	2.3	0.042	0.73
C1	63 - 82	10YR 5/6 café amar.	10YR 3/6 café amar. obsc.	1.10	2.31	52.3	48.6	23.6	27.8	mig. are. arc. 6.5	5.5	5.5	0.3	14.8	19.8	0.58	0.35	27.8	1.7	0.042	1.50
C2	82 - 150	10YR 5/6 café amar.	10YR 3/6 café amar. obsc.	1.05	2.34	57.9	49.6	22.6	27.8	mig. are. arc. 6.6	5.6	5.6	0.4	19.7	8.3	0.35	0.34	25.3	0.7	0.029	3.70
Perf. IV																					
Ap1	0 - 22	10YR 5/3 café	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	0.95	2.12	55.1	30.6	41.6	27.8	mig. are.	6.7	6.1	0.8	35.6	9.2	0.47	0.66	37.8	6.5	0.529	4.58
Ap2	22 - 43	10YR 4/3 café obsc.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.10	2.27	51.5	44.6	29.6	25.8	franco	6.6	5.9	0.3	35.6	14.6	0.34	0.44	35.0	4.4	0.407	1.22
Al2	43 - 80	10YR 4/4 café amar. o.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.05	2.38	55.8	50.6	27.6	21.8	mig. are. arc. 6.7	5.9	5.9	0.5	23.7	18.8	0.41	0.35	32.4	3.6	0.218	4.58
B2	80 - 103	10YR 5/4 café amar.	10YR 3/4 café amar. obsc.	1.04	2.47	57.9	54.6	19.6	25.8	mig. are. arc. 6.7	5.9	5.9	0.5	14.8	26.7	0.52	0.35	29.6	3.2	0.016	7.77
C1	103 - 132	10YR 5/4 café amar.	10YR 3/4 café amar. obsc.	1.13	2.27	50.2	56.6	23.6	19.8	mig. are. arc. 6.9	5.8	5.8	0.5	13.8	10.8	0.52	0.24	22.8	1.4	0.134	3.67
C2	132 - 150	10YR 5/6 café amar.	10YR 3/6 café amar. obsc.	1.17	2.45	52.2	48.6	31.6	19.8	franco	7.1	5.9	0.3	6.9	16.8	0.47	0.26	19.6	0.6	0.008	6.31
Perf. V																					
Ap11	0 - 25	10YR 5/4 café amar.	10YR 3/3 café obsc.	1.16	2.41	51.8	44.6	19.6	35.8	mig. are.	7.3	6.2	0.8	12.0	25.7	0.58	0.43	33.4	4.1	0.336	4.27
Ap12	25 - 35	10YR 4/3 café obsc.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.24	2.25	44.8	36.6	29.4	34.0	mig. are.	7.1	6.1	0.3	19.0	8.9	0.84	0.37	36.0	3.2	0.266	3.57
C1	35 - 75	10YR 4/2 café g. o.	10YR 3/2 café gris. m. obsc.	1.27	2.15	41.0	76.6	18.4	5.0	are. mig.	7.8	6.6	0.4	23.0	15.3	0.44	0.17	23.2	2.0	0.184	28.00
C2	75 - 110	10YR 5/1 gris	10YR 4/1 gris obsc.	1.43	2.38	40.1	84.6	10.3	5.1	are. mig.	8.0	6.8	0.3	24.0	11.8	0.49	0.20	29.6	1.7	0.012	13.40
C3	110 - 120	10YR 5/2 café gris.	10YR 2/2 café m. obsc.	1.42	1.90	25.2	76.2	11.6	12.2	ndy. are.	7.4	6.4	0.7	26.0	17.8	0.47	0.16	27.7	2.2	0.016	15.15

## Resultados y Discusión de Perfiles.

### Perfil I

Los resultados obtenidos del análisis mecánico, de acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla corresponde hasta los 100 cm de profundidad al tipo migajón limoso, en el horizonte C4 hay un ligero cambio al tipo franco y ya en el último horizonte el C5 con el aumento de la fracción de arena, la textura cambia a migajón arenosa. Todas estas clases texturales corresponden al grupo de texturas medias, es decir, presentan una mezcla más o menos favorable de arena, limo y arcilla, pero el porcentaje de limo es superior al de arena y arcilla, al menos en los primeros horizontes (hasta los 100 cm de prof.) ello representa una condición favorable para las plantas (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.). En el horizonte C4 al ser la textura franco se tiene aquí una proporción equilibrada de arena-arcilla y limo, se esperaría una mejor proporción de macroporos y microporos aunque es probable que influya el peso de los estratos superiores del suelo y en el último horizonte C5 aunque la proporción de arena aumenta se tiene el mismo efecto de los estratos superiores (Fig. 15).

Del aumento gradual en la proporción de arena, con el aumento de la profundidad, a partir del horizonte Apl2 se espera también un aumento en la proporción de macroporos en el suelo, a su vez ésto favorece un mejor drenaje y/o avenamiento

y con ello una circulación de aire favorable, por otro lado la presencia de un alto porcentaje de limo (de 60 a 64% en los primeros 65 cm) permite que el agua percolada y nutrimentos solubles puedan ser retenidos y disponibles para los vegetales. Sin embargo el verdadero almacén de agua y nutrimentos corresponde a la fracción arcillosa, la cual viene siendo adecuada a lo largo del perfil, ya que en la superficie se tienen 18.5% de arcilla, en la parte media 14.5% y en la parte inferior 12.6%, esta proporción relativa de arcilla con respecto a la del limo y arena, es importante por considerarse un buen almacén y poseer propiedades catalíticas en las reacciones químicas efectuadas en el suelo (Bear, op. cit.; Brady, op. cit.).

Los valores de densidades aparentes a lo largo del perfil corresponden a valores bajos, Brady (op. cit.) reporta que para suelos de texturas finas como margas calcáreas, margas arcillosas y arcillas tienen densidades aparentes de 1.0 a 1.3 gr/cc y aquí los resultados oscilan entre 0.90 y 1.0 gr/cc sin presentar un cambio gradual con la profundidad, el valor más alto se tiene en el último horizonte C5 con 1.12 gr/cc, este valor muestra que el material original es más denso (Millar, op. cit.), otro factor importante es la profundidad del suelo que influye en la compacidad causada por las capas superiores de suelo. Igualmente los valores de densidad real son bajos -

ya que el término medio de la densidad de partículas en un suelo superficial arable es de 2.65 gr/cc (según Brady, op. cit.), y en el valor obtenido en el suelo de los primeros 10 cm se tiene 2.23 gr /cc el valor más alto corresponde al horizonte C4 con 2.44 gr/cc. Estos valores bajos se encuentran muy relacionados con los factores antes mencionados, es decir, por la textura del suelo se puede decir que son suelos sueltos y la presencia de materia orgánica (2.7% en A1, en la parte media 5.2% en C1 y en último horizonte C5 se tiene 1.6% de materia orgánica) tiende a una forma mullida y porosa que provoca que los valores sean bajos, los últimos horizontes influyen la disminución de materia orgánica y el peso de los horizontes superiores, por eso aumentan levemente ambos valores de densidad aparente y real en el último horizonte (C5: densidad ap. 1.12 gr/cc, densidad real 2.22 gr/cc) (Fig. 15) (Tabla 2).

Los porcentajes de espacios porosos en este perfil no varían gradualmente a lo largo del perfil, la mayoría oscila alrededor del 60%, con excepción del último horizonte C5 que tiene el valor más bajo 49.3%, estos porcentajes corresponden a suelos de textura fina, sin embargo, la textura determinada es tipo media pertenece al grupo de suelos francos, esto es efecto de la materia orgánica. En el caso del último horizonte se tienen factores como: disminución en materia orgánica,

el peso de las capas superiores de suelo, los cuales no ayudan a la formación de agregados porosos como en los primeros centímetros superficiales. Considerando que con el aumento de la profundidad la proporción de arena también aumenta, la presencia de macroporos aumenta la eficiencia del movimiento del aire y agua (Fig. 15).

El color del suelo en un perfil es el resultado de la interacción de varios factores, como la materia orgánica, el drenaje, aireación, algunos minerales específicos, etc. Incluso muchos suelos han heredado sus colores de las rocas que los originaron, sin contemplar algún cambio notable en el mismo a través de su formación, es decir, en ocasiones la influencia de un factor es determinante.

En el horizonte A<sub>pl</sub> el color en seco fue café grisáceo y en húmedo café muy oscuro, en la parte media del perfil el color fue café en seco y en húmedo café grisáceo muy oscuro y no cambia hasta el horizonte C<sub>4</sub> donde aparece el café grisáceo en seco y café muy oscuro en húmedo y en C<sub>5</sub> el color es café amarillento y en húmedo café muy oscuro; estas tonalidades de café se encuentran relacionadas con la presencia de materia orgánica pues es la que imprime coloraciones oscuras como el gris oscuro, café y negro (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.), ya en el último horizonte aparecen coloraciones amarillas, es-

te color se relaciona con los estados de oxidación del hierro y las condiciones de drenaje; si el suelo presenta coloraciones rojizas, amarillas o pardas prueban que los compuestos de hierro están siendo oxidados al estado férrico y su drenaje es intermedio. En ausencia de un buen drenaje, el subsuelo es gris verdoso o vetado, indicando la presencia de formas reducidas de hierro (Bear, op. cit.; Brady, op. cit.; Millar, op. cit.).

El color café en seco y café grisáceo muy oscuro que prevalecen a lo largo del perfil manifiesta la presencia y distribución de la materia orgánica a través del suelo, esto es, no hay un horizonte de acumulación que limite la percolación de agua y sobre todo de nutrimentos para los vegetales (Tabla 2).

Los valores obtenidos de pH se encuentran afectados por varios factores, como la lluvia, el drenaje, las partículas minerales, la fertilización, etc. (Ortega, op. cit.). De acuerdo a la escala de valores de pH de Brady (op. cit.) los valores registrados del suelo analizado fueron: con sol. de KCl se consideran débilmente alcalinos (7.2 a 7.7) y los valores de suelo-agua son moderadamente alcalinos (8.0 a 8.4) (Tabla 2).

Si se tiene presente que el pH del suelo representa -



sólo una parte del conjunto de condiciones que le son características y su importancia aumenta cuando se considera en asociación con los restantes factores que influyen en el desarrollo de las plantas, es posible entonces hacer una relación de los valores obtenidos, con las posibles condiciones químicas -en lo que se refiere a nutrimentos- que se esperarían en el suelo; así, entonces el Fe, Mn, Cu y Zn tienden a ser menos asimilables en valores alcalinos, en cambio el Mo tiende a una asimilación favorable, es poco probable que existan efectos tóxicos del Aluminio, sólo abunda en suelos que tienen un pH muy bajo (menor a 5). Ya que los valores se acercan a la alcalinidad en todos los horizontes, es posible que la asimilación del ión fosfato sea limitada, dada la facilidad que tiene de convertirse en compuesto inasimilable, y en estas condiciones de pH, es muy probable que se encuentre formando fosfatos de calcio. Por otro lado, con valores altos de pH se acelera la decomposición de la materia orgánica, a través de la actividad de los microorganismos que se ve estimulada (sobre todo de bacterias y actinomicetos) (Ortega, op. cit.). Se espera que existan cantidades apreciables de nitrógeno asimilable y que el potasio se encuentre en condiciones semejantes.

A través de los horizontes no existe una gran variación en los valores de pH, se puede relacionar con las condiciones

de drenaje que imperan en el suelo sin provocar cambios bruscos de un horizonte a otro.

Relacionando los valores de pH y las cantidades encontradas de ión bicarbonato existe cierta concordancia, pues con estos valores moderadamente alcalinos se esperaría que predominaran los iones bicarbonato (Brady, op. cit.) y en cambio no se registran carbonatos posiblemente a que éstos tienden a combinarse con Ca y Mg y se precipitan (Millar, op. cit.) además, se considera que el suelo está perdiendo continuamente bicarbonato cálcico con la percolación del agua (Russell, op. cit.), las cantidades registradas corresponden a valores muy bajos - pues oscila de 0.5 a 1.5 meq/lt a lo largo del perfil.

Por los valores de pH registrados se espera que el calcio sea activo, así como el magnesio y molibdeno, teniendo altos porcentajes de saturación de bases (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.). Los valores de calcio intercambiable encontrados son realmente altos (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.; - Ortiz, op. cit.), oscilan de 20.7 meq/100 gr suelo en el último horizonte a 83.1 meq/100 gr suelo en el tercer horizonte; - estos suelos son ricos en calcio y la mayoría de éste se encuentra en condición fácilmente reemplazable e intercambiable en las fracciones coloidales del suelo (Teuscher, op. cit.) y en esta forma es totalmente asimilable por las plantas, excediendo en mucho a cualquier otro macronutriente del suelo.

El magnesio después del calcio es el catión intercambiable más abundante, en la gran mayoría de los suelos (Ortega, op. cit.; Ortíz, op. cit.), las cantidades de magnesio intercambiable son menores que las del calcio en el suelo analizado, el valor más alto fue de 13.8 meq/100 gr suelo en el último horizonte y el valor más bajo de 10.8 meq/100 gr suelo en el horizonte C2.

El calcio y el magnesio son fácilmente lixiviados y se nota en el perfil que los valores más altos de calcio se encuentran en la parte media de éste (horizontes A12, C1, C2 y C3) a su vez en estos horizontes se tienen los porcentajes más altos de materia orgánica y también mínima variación en el porcentaje de la fracción arcillosa, juntos actúan reteniendo al calcio lixiviado dada su naturaleza coloidal, tanto orgánica como mineral (Tabla 2) (Fig. 16).

Una pequeña proporción de potasio y una alta de calcio, presentes en los suelos es retenida en las superficies de los coloides como cationes adsorbidos, las cantidades encontradas de  $K^+$  intercambiable en los horizontes de este perfil son bajas (Ortega, op. cit.), oscilan de 0.17 meq/100 gr suelo en la parte media del perfil y 0.37 meq/100 gr suelo en el horizonte superficial Apl, así el potasio va disminuyendo con la profundidad del perfil, sólo en el último horizonte la cantidad registrada vuelve a ser mayor, este valor se puede deber a que el -

potasio es fácilmente lixiviable. En los horizontes medios donde la materia orgánica se encuentra en mayor proporción tienen valores bajos de potasio, es posible que el catión calcio al encontrarse en cantidades altas, predomine en los sitios de intercambio y desplaze al potasio.

Con el sodio intercambiable también se tienen concentraciones bajas, el valor más elevado corresponde a 0.78 meq/100 gr suelo en el primer horizonte (A<sub>1</sub>), en los siguientes horizontes los valores son menores pero no disminuyen gradualmente, los valores más bajos se encuentran en la parte media del perfil (0.41 meq/100 gr suelo) y en el horizonte C<sub>5</sub> se encuentran registrados 0.44 meq/100 gr suelo. El lavado del sodio es fácil por su débil atracción con los sitios de intercambio (Russell, op. cit.), su presencia en este perfil corresponde a concentraciones muy bajas sin acumulación, disminuyendo así, el riesgo de alcalinización, apoyado además por la alta proporción de calcio intercambiable.

La máxima cantidad de cationes que cualquier suelo puede tener en forma intercambiable, esto es, adsorbidos por los coloides, constituye su capacidad de intercambio, sin olvidar que las arcillas y coloides orgánicos exponen de 40 a 800 m<sup>2</sup> de área superficial por gramo y por consiguiente son las porciones más activas del suelo tanto física como químicamente, -

entre más alto sea el contenido de arcilla y de humus en el suelo, mayor será la capacidad de intercambio. Se observa que los valores de capacidad de intercambio de cationes del suelo en este perfil caen en los valores encontrados usualmente en suelos minerales (Brady, op. cit.), son menores de 50 meq/100 gr suelo. Los valores varían de un horizonte a otro sin seguir cierta tendencia, así el valor más bajo corresponde al horizonte C5 con 32.4 meq/100 gr suelo y el valor más alto de 43.6 meq/100 gr suelo en el segundo horizonte Ap2, en el último horizonte la proporción de arcilla y la materia orgánica han disminuido y en cambio en la parte media del perfil la proporción de arcilla es más o menos constante (14.5%) y la materia orgánica es abundante (4.2 a 5.3%) sin embargo la proporción de arena aumenta y con ella los sitios de intercambio disminuyen, por ello es posible que no exista cierta relación con los valores de la capacidad de intercambio en estos horizontes (C1, C2, C3) con la presencia de materia orgánica (Tabla 2).

La importancia de la materia orgánica en un perfil, refleja condiciones como el drenaje y almacenamiento de nutrientes, ambas influyen en el desarrollo de los vegetales.

Los porcentajes de materia orgánica para este perfil corresponden a niveles ricos, en la parte superior del perfil se tienen valores altos de materia orgánica (2.6 a 3.9%), en

los horizontes C1, C2 y C3 se tienen porcentajes ricos; 5.2, 5.3 y 5.1 respectivamente (Ortiz, op. cit.), la presencia de materia orgánica en el subsuelo no sólo representa un almacén de nutrimentos sino también refleja que las condiciones físicas para el desarrollo de raíces vegetales son favorables, ya que la materia orgánica también influye en las condiciones de agregación y granulación del suelo evitando mayor compactación con el aumento de la profundidad, facilitando la penetración y elongación de las raíces y favoreciendo también la presencia de microorganismos ya que se alimentan de los materiales orgánicos y el  $\text{CO}_2$  con agua forma el ácido carbónico el cual en solución del suelo se tendrían iones carbonatos y bicarbonatos, pero como existe abundancia de calcio, éste se unirá a estos radicales y entonces los valores del pH no serán menores a 6.0 (Teuscher, op. cit.), probablemente por esta razón el pH en los horizontes no disminuye. En relación a la textura, también favorece la acumulación de materia orgánica ya que las partículas finas son las que abundan a lo largo del perfil (predominando el limo) (Tabla 2) y es posible que la fracción arcillosa y limosa ayuden a retener los materiales orgánicos.

A los valores altos de materia orgánica encontrados en las muestras de suelo, se tienen en correspondencia valores medios y altos de nitrógeno total, en el primer horizonte el -

valor encontrado fue de 0.126% que corresponde a un valor medio y el valor más alto 0.252% se encuentra en el horizonte C3, este valor concuerda con el valor más elevado de materia orgánica (5.3%) a lo largo del perfil no existe un cambio gradual, así como ocurre con los porcentajes de materia orgánica (Fig. 16). La fracción limosa es la que predomina en el suelo analizado, es muy probable que influya al obtener porcentajes altos de nitrógeno, siendo los niveles medios y altos, representan una reserva de nitrógeno para las plantas, no sólo en los primeros horizontes sino también en el subsuelo.

Por otro lado, los valores moderadamente alcalinos de la reacción del suelo aumentan la capacidad de fijación de amonio y los suelos de textura fina fijan más amonio que los de textura gruesa; éstos a su vez adsorbidos tenazmente por los coloides del suelo, están poco expuestos a perderse por lixiviación, representando una reserva con la que puede compensar rápidamente la pérdida de nitratos por lixiviación, esperando un aprovechamiento real de nitrógeno (Brady, op. cit.) (Tabla 2).

Los valores de fósforo asimilable también son altos (Jackson, op. cit.) a lo largo del perfil, en el primer horizonte se tienen 14.28 ppm, en el horizonte A12 se tiene el valor más bajo 12.24 ppm y en el último horizonte (C5) 13.1 ppm (Tabla 2). La materia orgánica puede ejercer algún efecto en

la fijación de fósforo, pues por su carácter aniónico es de esperarse que compita con el ión fosfato y esto provocaría una disminución en la fijación de fósforo, pero por otro lado se tiene la abundancia de calcio, el cual también puede influir en la fijación de fosfatos pero de una manera tal que disminuya la asimilabilidad del fósforo, formando compuestos más o menos insolubles, porque comparándolos con los fosfatos de aluminio o fierro, éstos últimos son todavía más insolubles (Teuscher, op. cit.).

Con los valores altos de materia orgánica es posible que existan fosfatos de amonio, por su elevada solubilidad y casi completa disociación a diferentes valores de pH contribuyen sin lugar a dudas a la nutrición de las plantas (Teuscher, op. cit.).

La distribución de fósforo asimilable en el perfil no es homogénea, presenta ligeros cambios de un horizonte a otro, esta condición puede relacionarse con la distribución de materia orgánica.



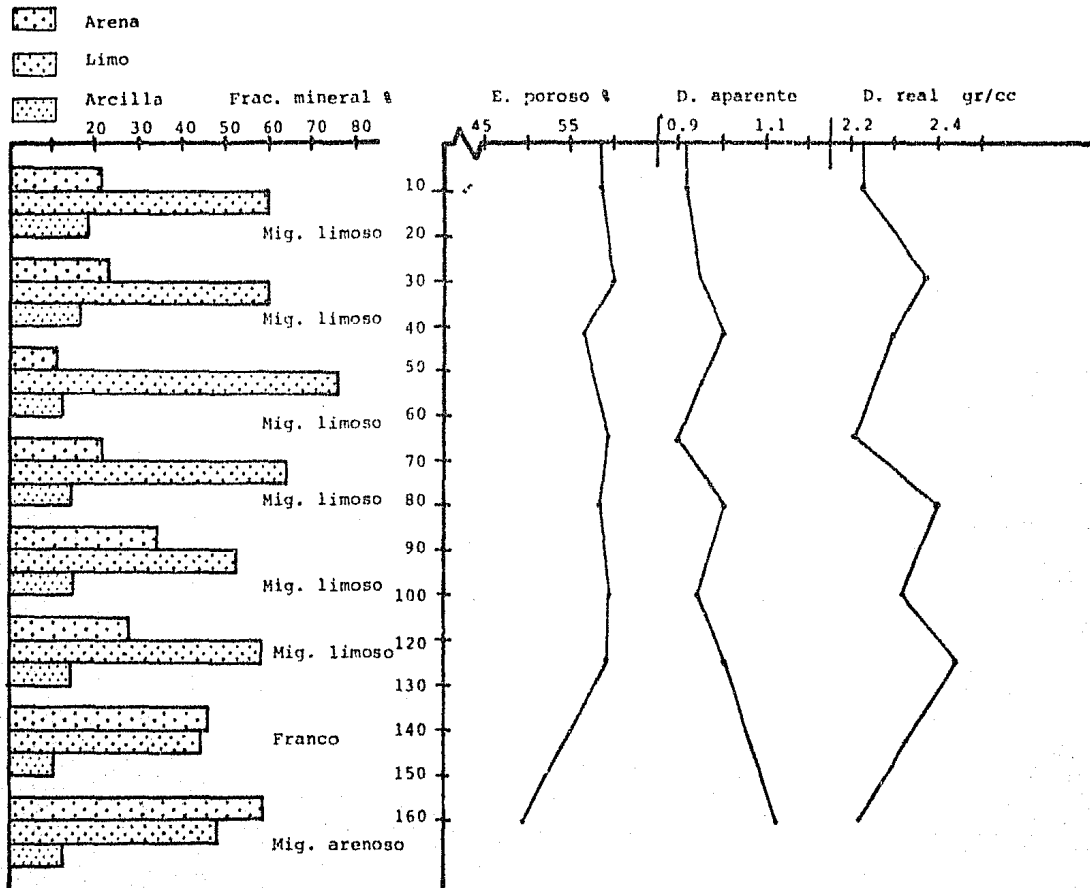
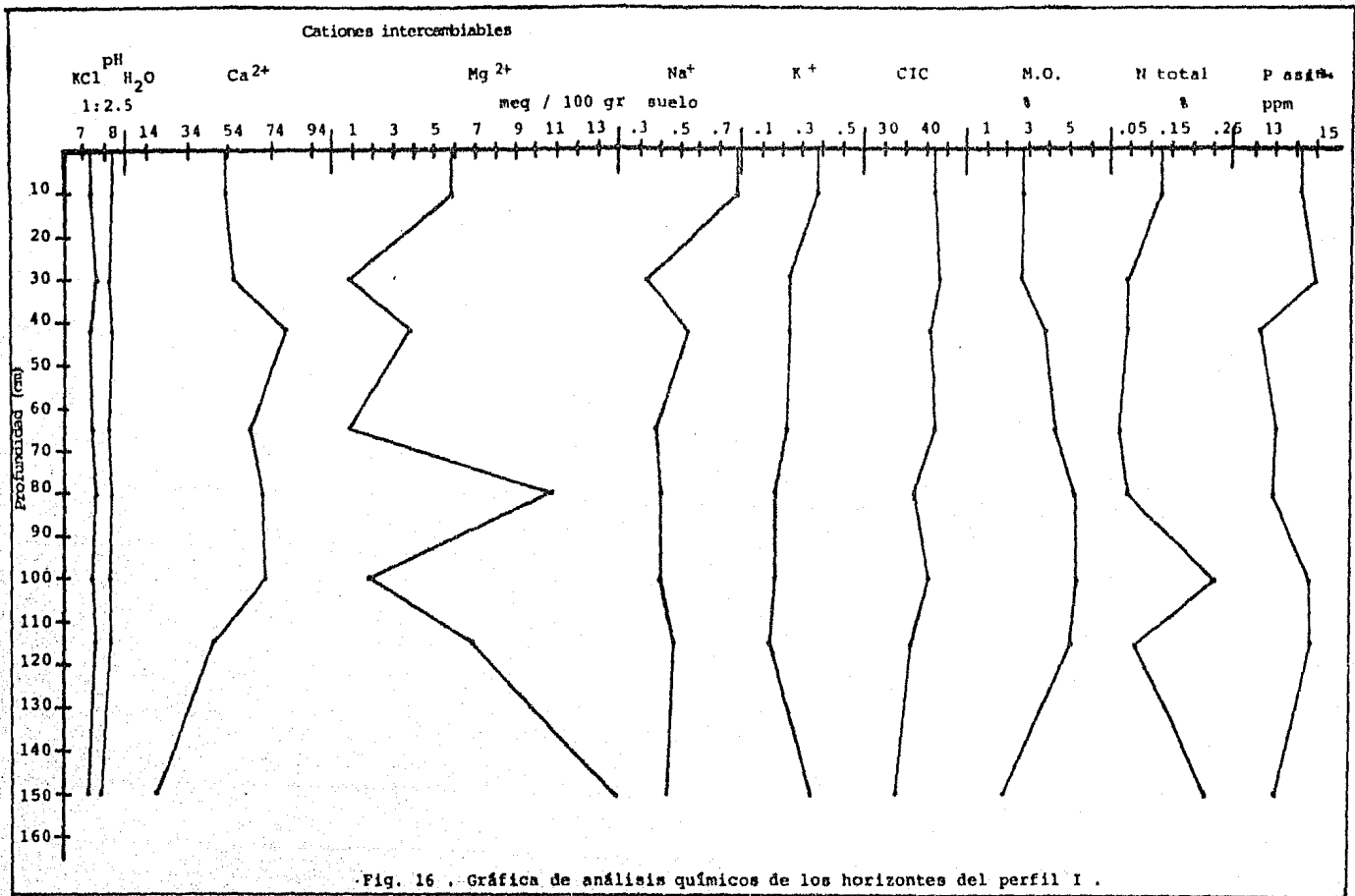


Fig. 15 . Gráfica de análisis físicos de los horizontes del perfil I .



## PERFIL II

La textura determinada para el primer horizonte fue de suelo franco y para los horizontes subyacentes de migajón arenoso, en el primer caso se espera que exista un equilibrio entre las influencias individuales (de cada fracción mineral) sobre las propiedades físicas del suelo (Brady, op. cit.), también es posible que la proporción de macro y microporos está equilibrada debido a la buena proporción entre las tres fracciones minerales (arcilla, limo y arena) (Fig. 17). En los siguientes tres horizontes, la proporción de limo y arcilla disminuyen conforme aumenta la profundidad, se esperaría que el drenaje y aireación fueran adecuados, sin embargo por las características propias del perfil (poca profundidad) la posibilidad de que exista un drenaje extenso son mínimas y es posible entonces que exista acumulación en algún horizonte del perfil, por otro lado las partículas de arena tienen poca imbibición y la superficie que exponen es pequeña comparada con la de limo y arcilla por tanto su capacidad de adsorción es mínima, por eso Brady (op. cit.) considera que es una fracción inactiva químicamente.

En el primer horizonte (Apl1) la densidad aparente tiene un valor bajo, 1.1 gr/cc, no es mayor probablemente por el contenido de materia orgánica, este efecto resalta en el hori-

zonte Ap12, donde disminuye a 0.95 gr/cc siendo la más baja del perfil, aquí la fracción arenosa aumenta y se esperaría un valor mayor, sin embargo no sucede, ya que el porcentaje de materia orgánica en este horizonte es de 10.1%. En el siguiente horizonte AC, al aumentar aún más la fracción de arena, la densidad aparente aumenta y disminuye la materia orgánica, favoreciendo en menor proporción la granulación y como las partículas de arena se encuentran en estrecho contacto se tendrán valores mayores de densidad aparente (1.15 gr/cc). En el último horizonte C existen diversos factores que afectan a la densidad del suelo, como la profundidad que provoca compacidad, la poca cantidad de materia orgánica, la alta proporción de arena y además la presencia de partículas de material de origen.

En el mismo contexto se encuentran los valores de densidad real, en general son valores bajos a excepción del último horizonte C (2.52 gr/cc), estos valores bajos se atribuyen a los altos niveles de materia orgánica y en el último horizonte es probable que exista alguna influencia del material parental, que hace que el suelo de este horizonte sea más denso.

El porcentaje de espacios porosos en el primer horizonte (Ap11), además de relacionarse con los valores de densidad, también se relaciona con la textura (franco), por eso se obtiene un valor aceptable (53.3%), en el siguiente horizonte (Ap12) se tiene un ligero aumento del porcentaje de espacios porosos

(54.7%) teniendo aquí la influencia directa del alto porcentaje de materia orgánica, que por su efecto de agregación aumenta la proporción de poros, por ello se tiene el valor más alto (Tabla 2) (Fig. 17).

En el horizonte AC el porcentaje de espacios porosos disminuye, y es que en areniscas o subsuelos compactos la porosidad es baja, porque las partículas tienden a ligarse entre sí y esto provoca que los poros disminuyan (Teuscher, op. cit.), aquí la fracción arenosa tiene al valor más alto (73.5%), por ello se tiene el valor más bajo de espacios porosos (44.7%). Por último, en el horizonte C se tiene un ligero aumento en el porcentaje de espacios, atribuidos a que la fracción arenosa disminuye a 69.5% y aumenta la fracción limosa (Fig. 17), esto es, la presencia de partículas finas aumentan los poros, además de que el porcentaje de materia orgánica en este horizonte aún es considerable (3.2%) principalmente por su efecto en la granulación del suelo.

El color que tienen los horizontes superficiales Ap11 y Ap12 corresponde a tonalidades oscuras: en Ap11 café obscuro en seco (10YR 3/3) y negro en húmedo (10YR 2/1), en Ap12 - café grisáceo muy oscuro en seco (10YR 3/2) y negro en húmedo (10YR 2/1); es indudable la influencia de los niveles altos de materia orgánica en ambos horizontes. Por otro lado el siguen

te horizonte AC, también de color oscuro (café grisáceo claro), se encuentra influenciado por la cercanía con el material de origen (calizas), finalmente en el último horizonte C se tiene el color café muy claro en seco (10YR 8/3) y café amarillento claro en húmedo (10YR 6/4) aquí ya existe la influencia directa del material parental (Tabla 2).

La reacción del suelo en este perfil con KCl es débilmente alcalina y con agua también, esto es en los primeros dos horizontes y en los dos últimos, la reacción es moderadamente alcalina -según escala de Brady (op. cit.)- (Tabla 2), en los últimos horizontes el pH aumenta, esto se atribuye al material de origen, que contiene elevada proporción de carbonatos de calcio y magnesio.

Considerando únicamente los valores de pH en Apl1 y en Apl2, que se acercan a la neutralidad, se esperarían las condiciones señaladas en el perfil I. La alcalinidad de los siguientes dos horizontes, marca ciertas condiciones; primero, - que el suelo se encuentra completamente saturado de bases, la población de cationes es muy probable que se encuentre dominada por el calcio y magnesio (Brady, op. cit.) y segundo, con la abundancia del calcio, el fósforo en ambos horizontes estará fijado como fosfatos de calcio insolubles y por tanto no asimilables para las plantas, igualmente sucede con el boro, -

que con el calcio se precipita.

Se registraron carbonatos únicamente en los dos últimos horizontes, en concentraciones bajas (0.4 meq/lt), en cambio, los iones bicarbonato sí se registraron en todos los horizontes y también con valores bajos, el más alto fue de 1.0 meq/lt en el horizonte AC, su presencia apoya los valores alcalinos - de pH así como la influencia del material parental, Brady - (op. cit.) opina que es posible que estos iones pueden ser absorbidos por las plantas verdes. La importancia de tales iones estriba en que tienen la tendencia a unirse con los cationes - calcio y magnesio y precipitarlos.

De los cationes intercambiables, el calcio es el primero en abundancia y le siguen en orden decreciente el magnesio, potasio y sodio, los niveles de calcio son muy altos, el máximo valor se registra en el horizonte AC con 76.2 meq/100 gr - suelo y desciende a 53.4 en el horizonte C, el origen de tal - proporción de calcio en el perfil, se encuentra directamente - relacionado con el material parental, a su vez la mayor concentración de calcio en AC se puede relacionar con la movilidad - del calcio a través del suelo y con la presencia de coloides - minerales y orgánicos que retienen los cationes, es decir, las proporciones de arena en el perfil facilitan el drenaje, así - la movilidad de los cationes a través del suelo será más eficiente pero con la limitación de la profundidad del suelo -

(aquí el suelo no llega a 1 m de profundidad), relacionando la movilidad de los cationes en el suelo con la presencia de materia orgánica, se tiene que la presencia de ácido carbónico es favorecida en todo suelo que contenga materia orgánica, en este caso en el horizonte Apl<sub>2</sub>, adquiere importancia adicional por su participación en el proceso de hidrólisis, es decir al ácido carbónico en presencia de carbonato de calcio forman el bicarbonato de calcio, que a su vez se disocia en  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , iones que pueden ser lixiviados a estratos inferiores - donde permanecen en mayores proporciones (horizonte AC) (Teuscher, op. cit.).

Idéntica situación existe con el magnesio, presente en concentraciones menores que el calcio, pero en cantidades apreciables por sí mismo, teniendo el valor más alto en el horizonte AC (26.7 meq/100 gr suelo) es posible que su relativa abundancia se encuentre relacionada con el material parental y su máximo valor en AC se vea relacionado con los mismos factores de movilidad y lixiviación del calcio.

En el caso del sodio intercambiable, también se presentan concentraciones bajas y por eso es poco probable que se tengan los efectos adversos que provocan cantidades excesivas de sodio ya mencionadas anteriormente, además sus bajas concentraciones en el suelo analizado indican que no es el que con-



tribuye a obtener valores alcalinos de pH.

Los niveles de sodio intercambiable descienden conforme aumenta la profundidad, se observa que en el primer horizonte se tiene el valor relativamente más alto de sodio (1.6 meq/100 gr suelo) (Tabla 2), pero también se tiene el valor más bajo de calcio, si bien el sodio es un catión fácilmente desplazable y lixiviable, la presencia de concentraciones suficientes de calcio no permite que el suelo retenga grandes cantidades de sodio (Teuscher, op. cit.) esto es posible relacionarlo con las grandes concentraciones de calcio intercambiable en los últimos horizontes en comparación con las concentraciones de sodio.

Con el potasio intercambiable se observa una descendencia gradual con la profundidad, su concentración corresponde a niveles bajos, si bien la cantidad total de este elemento en general es mayor que la de cualquier otro elemento nutritivo, la cantidad existente en condición fácilmente cambiante, es casi siempre muy pequeña (Teuscher, op. cit.). Además, en esta situación concreta del perfil II, la condición del potasio intercambiable se encuentra afectada por la saturación del material intercambiable con el calcio y magnesio, por reemplazamiento del ión calcio con el ión potasio principalmente, se presentan concentraciones bajas de potasio intercambiable en los horizontes AC y C del perfil.

Es innegable la relación que se manifiesta en este perfil entre los valores de capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno y fósforo asimilable, tratando de analizar cada factor se presenta que:

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) registrada en los suelos analizados, tiene valores que según Brady (op. cit.), Ortega (op. cit.) y Teuscher (op. cit.), entre otros, corresponden a valores comunes, es decir cercanos a 50 meq/100 gr suelo, lo importante estriba en que el segundo horizonte (Apl2) se podría considerar como un horizonte de reserva potencial de nutrimentos, el valor de CIC en este horizonte es el mayor, esto indica que existe un gran número de sitios de intercambio, así como grandes cantidades de cationes intercambiables por unidad de peso del suelo y en base a esto, ser el horizonte químicamente más activo.

En los horizontes inferiores el valor decrece notablemente, esto es relacionado por un lado con la textura: la fracción arenosa aumenta, su capacidad de intercambio es mínima, por otro lado, la proporción de materia orgánica en estos dos últimos horizontes es también menor y por tanto la proporción de coloides orgánicos como centros activos de adsorción e intercambio también disminuyen, además de que la cercanía con

el material de origen no proporciona partículas meramente finas que faciliten las condiciones de retención de cationes.

Los valores de materia orgánica en el perfil se consideran medios, sólo en el horizonte Apl2 se encuentra una proporción muy rica (10.1%) y aunque la materia orgánica en el primer horizonte corresponde a un valor medio (2.1%), en el segundo, por efectos de filtración y drenaje llega a constituir un horizonte de acumulación, ya que en los siguientes, los valores disminuyen a 2.7% y 3.2%, ambos también son valores medios (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.), debidos al drenaje existente en el suelo, favorecido por la fracción arenosa (Fig.18).

Considerando que la fracción de materia orgánica en un suelo es fuente de nitrógeno y fósforo (Brady, op. cit.), cuando el contenido de materia orgánica aumenta, los contenidos de nitrógeno y fósforo aumentan también, puesto que son importantes constituyentes de dicha materia orgánica (Millar, op. cit.), así en el horizonte Apl2 al presentarse una gran acumulación de materia orgánica, la fracción de nitrógeno también será grande: en el primer horizonte el valor registrado de nitrógeno total es medio, el segundo extremadamente rico, el siguiente es medio y el último es alto en nitrógeno total (Brady, op. cit.).

Estos valores (Tabla 2) son proporcionales a los de la materia orgánica y los factores que influyen en la presencia -

de materia orgánica en los últimos horizontes también influyen en la proporción de nitrógeno encontrado en estos horizontes.

De igual forma sucede con el fósforo, a través del perfil se encuentran valores máximos en los horizontes Apl2 y en AC, todos corresponden a niveles altos de fósforo asimilable, sin embargo su acumulación en los dos horizontes mencionados - se encuentra muy relacionado con la presencia de materia orgánica, en el tercer horizonte AC el porcentaje de materia orgánica disminuye, pero el calcio intercambiable aumenta, es posible que exista una relación con la presencia del calcio en exceso, pues el fósforo tiene gran facilidad de entrar en combinación con otros elementos (entre ellos el calcio) que lo convierten en formas no solubles, aquí el calcio llega a ser - - tal que lo "fija" y al determinar el fósforo asimilable (se extrae el fósforo más fácilmente reactivo) éste será el que quedó unido en parte con el calcio. Otro factor que influye son los ácidos producidos por la materia orgánica que crean un medio ácido, el cual solubilizará cantidades mayores de fosfatos y por el carácter aniónico de la materia orgánica es de esperarse que compita con el ión fosfato disminuyendo su reacción (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.) (Tabla 2) (Fig. 18). En el último horizonte el fósforo registrado es el que se encuentra relacionado también con la materia orgánica que corresponde a valores medios, además de considerar los factores arriba mencionados con el calcio del material parental.

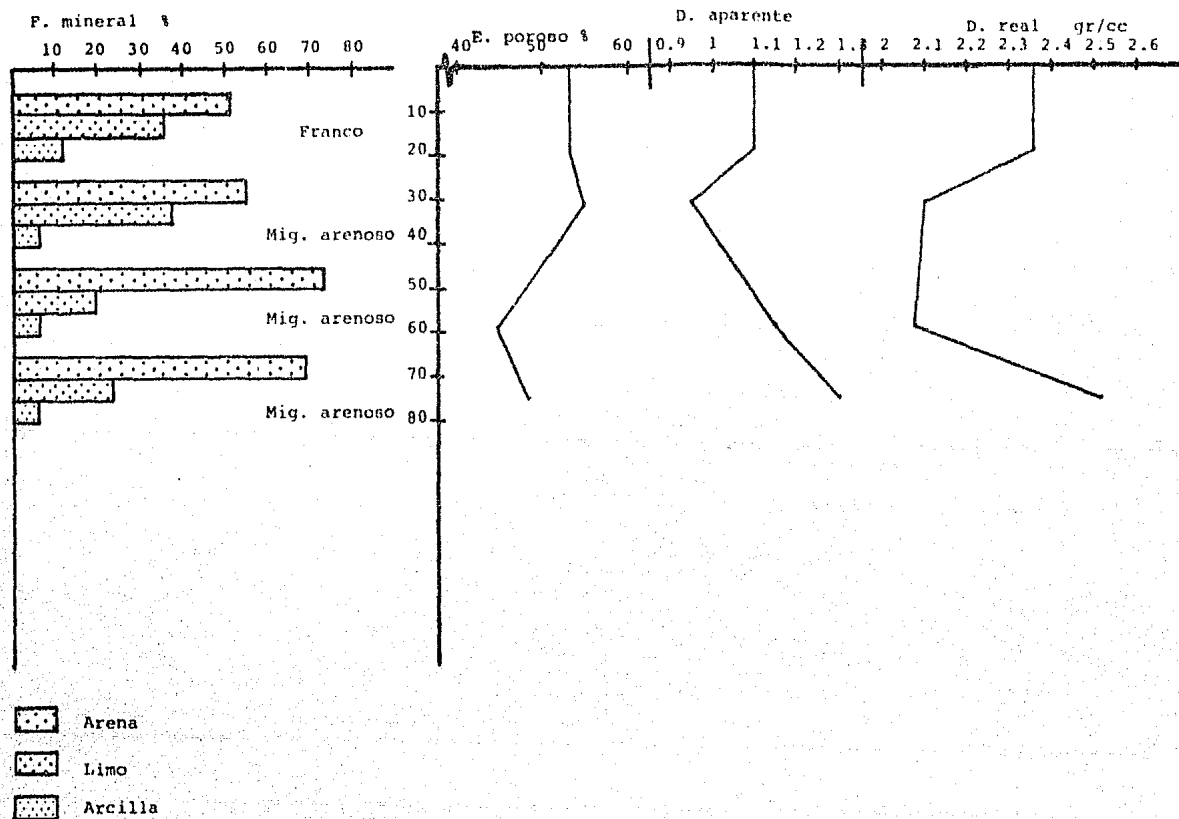


Fig. 17 . Gráfica de análisis físicos de los horizontes del perfil II .

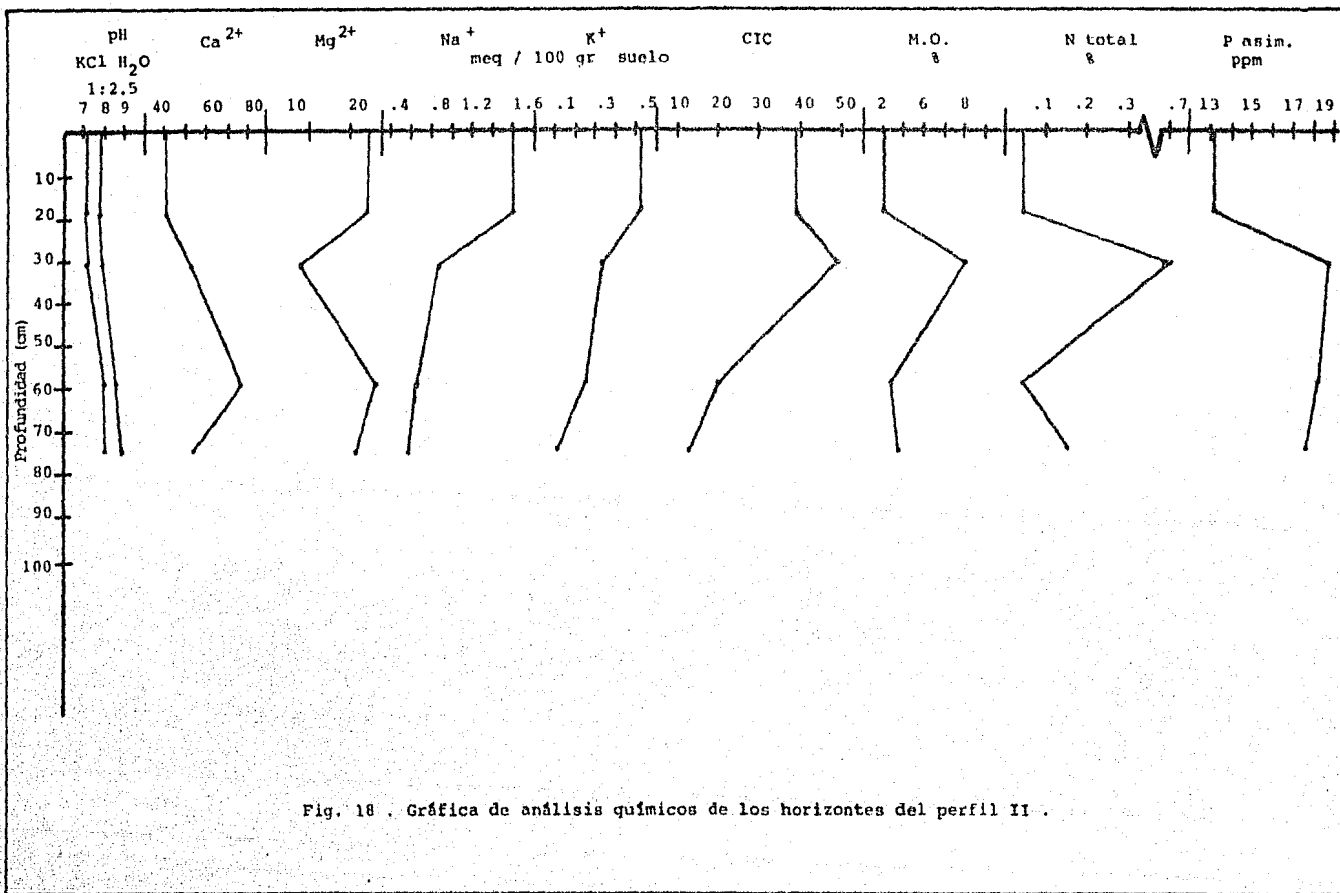


Fig. 18 . Gráfica de análisis químicos de los horizontes del perfil II .

### PERFIL III

Siendo el primer horizonte de textura franca, Bonnet - (op. cit.) afirma que estos suelos son "medios", es decir ni - ligeros (arenosos) ni pesados (arcillosos), esta condición tex tural facilita su cultivo y productividad mientras no sean muy arenosos. En el siguiente horizonte la textura cambia a migajón arcillo-arenoso, aquí la fracción arcillosa aumenta pero sigue siendo mayor la fracción de arena y en cambio la de limo dismi nuye, por tanto se esperan cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo pues la fracción de arcilla sigue aumentando y en el tercer horizonte (B2) la textura es migajón arcillosa, aquí es donde se tiene el valor más alto del porcentaje de arci lla la cual inducirá a una marcada capacidad de retención y ab sorción de elementos nutrientes para las plantas, además le con fiere al suelo cierta capacidad catalítica directamente relacio nada con la velocidad de reacción, por otro lado abundarán los microporos en los que se retiene y conserva la humedad del sue lo (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.). En los últimos horizon tes la textura de nuevo es migajón arcillo-arenoso en donde la arena vuelve a predominar y disminuye la fracción arcilla, esta fracción de arcilla seguirá proporcionando las características anteriores aunque en menor grado pues aquí el movimiento del ai re y agua será mayor dada la presencia de la fracción arenosa

que hace más eficiente el drenaje contrarrestando los efectos de los microporos (Fig. 19).

La acumulación de arcilla en los espacios porosos a lo largo del perfil ocasiona que los valores de densidad aparente aumenten con la profundidad (Fig. 19) y es que al estar ocupados los poros con la arcilla hacen al suelo más denso, alcanzando el valor más alto en el horizonte donde se reporta mayor porcentaje de arcilla (B2), después decrecen los valores en los horizontes subyacentes y conforme aumenta la profundidad, los valores de densidad no aumentan, tal vez por que los porcentajes de arcilla proporcionan un buen porcentaje de espacios porosos, a su vez el arreglo de partículas es tal que no reflejan una gran compactación (Fig. 19).

Con la densidad real se observa en el horizonte superficial (Apl) un valor que corresponde a texturas medias (2.42 gr/cc) además este valor se relaciona con la presencia de materiales orgánicos que tienden a disminuir este valor, en el siguiente horizonte la densidad aumenta a 2.5 gr /cc y disminuye a 2.0 gr/cc en el horizonte B2 posiblemente por la presencia de materia orgánica, que pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales (Brady, op. cit.) en los últimos horizontes los valores de densidad aumentan por efectos de profundidad (compacidad) y disminución de materiales orgánicos.



El porcentaje de espacios porosos en el horizonte Apl se encuentra directamente relacionado e influido por la presencia y acumulación de materia orgánica (57.8%). En el segundo horizonte Apl2, disminuye ligeramente este porcentaje (56.8%) posiblemente porque la fracción de arena aumenta y la de limo disminuye. En el horizonte B2 el porcentaje disminuye de nuevo (44.0%) teniendo aquí el valor más bajo del perfil, aquí el factor decisivo es la arcilla, su acumulación tendió a llenar los espacios porosos e hizo al suelo más denso, este incremento en la cantidad de arcilla en el subsuelo aumenta la cantidad de agua y de nutrimentos almacenados en la zona, pues habrá una reducción ligera de la velocidad en el movimiento de agua a través del suelo y por tanto disminuirá la velocidad de pérdida de nutrimentos por lixiviación, esto es favorable mientras no exista una capa de arcilla endurecida que restrinja severamente el movimiento de agua y aire, así como la penetración de raíces (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.).

En los siguientes horizontes los porcentajes de espacios porosos son mayores que en el horizonte anterior, la textura cambia a migajón arcillo-arenosa y la fracción arcillosa sigue siendo considerable ya que proporciona un gran porcentaje de espacios en C2 (57.9%) casi idéntico al valor del primer horizonte (57.8%), además considerando la profundidad del su

lo se esperaría que los porcentajes decrecieran y no sucede, - es decir el subsuelo no manifiesta gran compactación.

En lo que se refiere al color del suelo, en Ap1 y Ap2 se tienen coloraciones oscuras, debido principalmente a la - acumulación de materiales orgánicos en el primer horizonte y a infiltraciones de los mismos en Ap2; así en Ap1 el color en se - co es café oscuro (10YR 4/3) y café grisáceo muy oscuro en - húmedo (10YR 3/2), en el horizonte Ap2 en seco es café amari - llento (10YR 4/4) y en húmedo café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2). El color en los tres horizontes siguientes no cambia - (B2, C1 y C2): en seco café amarillento (10YR 5/6) y en húme - do café amarillento oscuro (10YR 3/6), de acuerdo al color se deduce que existe cierta influencia del estado de oxidación del hierro, pues en condiciones de buena oxidación se presentan co - lores como el amarillo, rojo o pardo rojizo (Brady, op. cit.) y por otro lado el efecto de obscurecimiento por la materia or - gánica no es igualmente intenso ya que disminuye conforme au - menta la profundidad.

Los valores de pH de los horizontes, con solución de - KCl son moderadamente ácidos (5 a 6) y con agua débilmente áci - dos (6 a 7) (Brady, op. cit.), esta condición de acidez en la reacción del suelo refleja que la abundancia de iones hidróge - no es mayor que la de iones calcio y magnesio, esta acidez -

afecta la solubilidad de muchos de los nutrimentos esenciales para las plantas y de sustancias que le son tóxicas (Cajuste, 1977).

Elementos como el Al, Fe y Mn tienden a ser solubles a valores bajos de pH, al igual que el boro, el cobre y el zinc, en cambio el calcio, el magnesio y potasio disminuyen en su solubilidad, es posible que la asimilación del fósforo se encuentre restringida ya que por la acidez del suelo los fosfatos solubles son fijados como compuestos complejos e insolubles. La degradación, aminización y amonificación aunque limitados son posibles a valores bajos de pH, pues aunque la actividad de bacterias y actinomicetos se reduce, la acción de los hongos continúa permitiendo así el aprovechamiento del nitrógeno (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.; Teuscher, op. cit.).

La acidez del suelo también refleja la lixiviación de bases intercambiables, de los niveles superiores del suelo, al perderse metales como el calcio y magnesio, por lavado, la acidez del suelo aumenta en la superficie (Brady, op. cit.) y por tanto, los valores de pH en el perfil analizado aumentan ligeramente con el aumento de la profundidad y a su vez el aumento de bases intercambiables (Tabla 2).

Por registrarse valores de pH ácidos se espera que los iones bicarbonato y carbonato se presenten en cantidades muy bajas, dado que estos iones abundan en suelos salinos o donde

el pH es alcalino (Russell, op. cit.), las sales que forman son fácilmente solubles y pueden perderse por drenaje o ser usadas por las plantas superiores (Ortega, op. cit.). En el perfil se tienen valores bajos de iones bicarbonatos y no se registran carbonatos, los iones bicarbonato aumenta con la profundidad y es que estos iones son fácilmente lixiviables.

El calcio intercambiable se encuentra en niveles muy bajos, a través del perfil, aumenta con la profundidad, principalmente a partir del horizonte B2, y en el último horizonte se tiene el valor más alto de calcio intercambiable (19.7 meq/100 gr suelo) esto es posible debido a que es un catión que se percola fácilmente así, a niveles inferiores del suelo.

Con el magnesio se tienen valores moderadamente altos, en el horizonte Ap2 se tiene el valor más alto (41.5 meq/100 gr suelo) y el valor más bajo en el último horizonte C2 (8.3 meq/100 gr suelo), parte del magnesio llega directamente de los minerales del suelo por meteorización (de dolomita, biotita, olivina, etc.) y es posible que en este caso se tenga una aportación similar (Brady, op. cit.; Ortega, op. cit.), materiales como la dolomita contiene grandes proporciones de magnesio, además es un mineral que no presenta mucha resistencia a la meteorización (FitzPatrick, 1984), es posible que durante la lixiviación de sales el complejo de cambio adquiera cierta

proporción de magnesio cambiabile, por otro lado, el valor elevado de magnesio en el segundo horizonte (Ap2) puede también relacionarse con la presencia de materia orgánica en el primer horizonte, la cual como coloide orgánico adsorbe los cationes como calcio, magnesio, potasio, etc. y como el magnesio es más fácilmente desplazable de los sitios de intercambio en comparación con el calcio, es posible que se percole al horizonte subyacente.

Ya se había mencionado anteriormente que con el valor de pH se podían deducir condiciones químicas del suelo y el caso del sodio no será la excepción, los valores ácidos de pH indican que la presencia de sodio se encuentra limitada a pequeñas concentraciones y en realidad los valores de sodio intercambiable son muy bajos, a través del perfil se observa que estos valores aumentan conforme aumenta la profundidad.

El potasio intercambiable se presenta en valores moderadamente bajos y en el perfil el valor más alto se encuentra en el primer horizonte con 0.48 meq/100 gr suelo, disminuye en el siguiente y vuelve a aumentar en el horizonte B2 y C1 y de nuevo disminuye ligeramente en el C2 (Fig. 20), el valor más bajo en el segundo horizonte (0.29 meq/100 gr suelo) se puede atribuir a que el potasio intercambiable en condiciones ácidas se retiene más fuertemente (Russell, op. cit.) y en el horizonte subyacente el potasio intercambiable es mayor, apoyado por la textura, pues la fracción arcillosa en este tercer horizonte aumenta y retiene mayor proporción de potasio este efecto sucede

con los últimos dos horizontes donde la fracción arcillosa sigue siendo considerable (27.8%) (Fig. 19). El valor más alto de potasio intercambiable en el primer horizonte se encuentra - relacionado con el alto contenido de materia orgánica (7.7%) la cual como materia coloidal adsorberá con efectividad gran cantidad de cationes, entre ellos el potasio.

En el primer horizonte donde se tienen materiales orgánicos acumulados y en proceso de descomposición se registra el valor más alto de CIC (30.6 meq/100 gr suelo) que en términos - generales se encuentra bajo ligeramente, entre los valores comunmente encontrados - 50 meq/100 gr suelo - (Brady, op. cit.; - Ortega, op. cit.), a partir de este horizonte (Apl) el valor disminuye y sólo aumenta ligeramente en el horizonte C1 para después disminuir en el último horizonte C2. Este ligero aumento en la CIC puede deberse a que la reacción del suelo es menos - ácida, ya que el pH en este perfil aumenta con la profundidad, es en el horizonte C1 donde se acerca a la neutralidad y a estos valores de pH el aluminio y el hierro tienden a ser menos asimilables y la posibilidad de que interfieran en el CIC es - menor, es decir, la CIC se encuentra con valores bajos, es posible que se encuentre disminuida por la condición ácida del - suelo ya que el aluminio o hierro fuertemente adsorbidos en algunas arcillas bloquean algunos sitios con cargas negativas reduciendo así la CIC (FitzPatrick, op. cit.), por otro lado la disminución de la CIC coincide con la disminución gradual de - la materia orgánica a través del perfil (Tabla 2).

De acuerdo a esta disminución de materia orgánica, se deduce que el drenaje es adecuado, dicha disminución es gradual, no es heterogénea ni presenta acumulaciones, de acuerdo a su distribución en el perfil correspondería a suelos de pastizal (Millar, op. cit.; Ortiz, op. cit.) (Fig. 20), y es que la presencia de arcilla en este perfil es considerable (de 31.8 a 19.8%) la proporción de arena también es adecuada y contrarresta las posibles complicaciones en el drenaje si la fracción arcillosa predominara.

En el porcentaje de nitrógeno en el primer horizonte corresponde a un nivel medio y en el segundo se presenta una cantidad tal que el porcentaje registrado fue de 0.336%, esto es posible por el lavado o migración de partículas orgánicas y humus del horizonte superficial a niveles inferiores, en los horizontes subyacentes los porcentajes corresponden a niveles medios, disminuyendo en el último horizonte a 0.029%, igual que la materia orgánica disminuye a través del perfil, teniendo en el último horizonte 0.7% de materia orgánica.

La presencia de fósforo asimilable en el suelo se encuentra afectada por una gama de factores que van cambiando de acuerdo a las condiciones que prevalezcan, ya mencionadas en las pags. 50 y 51. En este perfil se encuentran valores bajos de fósforo asimilable en el primer horizonte (A<sub>1</sub>) se tienen 1.5 ppm, este valor declina hasta B<sub>2</sub> y a partir de éste aumenta con la profundidad (Fig. 20). Considerando los factores antes mencionados, se tiene que los valores ácidos del suelo en los primeros horizontes coinciden con los valores bajos de

fósforo registrados, es probable que esta condición de acidez - provoque que los fosfatos sean fijados por el hierro y/o aluminio formando compuestos muy insolubles, el valor encontrado en el primer horizonte es posible por la presencia de materia orgánica: los ácidos orgánicos y humus resultado de la descomposición toman parte activa en la formación de complejos con compuestos de hierro y aluminio, reduciendo así la fijación de fosfatos inorgánicos (Teuscher, op. cit.).

En el horizonte B2 la fracción de arcilla aumenta ligeramente, se esperaría por su textura (migajón arcillosa) abundancia de fósforo asimilable, sin embargo esto no sucede, al contrario, se tiene el valor más bajo (0.73 ppm) posiblemente a que bajo condiciones ácidas moderadas los silicatos minerales fijan fósforo y aunque el proceso no se conoce, se sabe que los fosfatos se fijan entre los grupos OH de los cristales minerales, tal vez por ello se detecten bajas cantidades de fósforo en este horizonte (Brady, op. cit.).

En los últimos horizontes (C1 y C2) la concentración de fósforo aumenta y este aumento coincide con el aumento del pH (cercano a la neutralidad) al parecer en este rango de pH (6.5 a 7) es donde se espera mayor aprovechamiento de fosfatos por sus formas iónicas fácilmente asimilables (Brady, op. cit.; Teuscher, op. cit.), pues aunque el fósforo se encuentre unido con el calcio, existen fosfatos que presentan mayor solubilidad como el dicálcico (Teuscher, op. cit.).



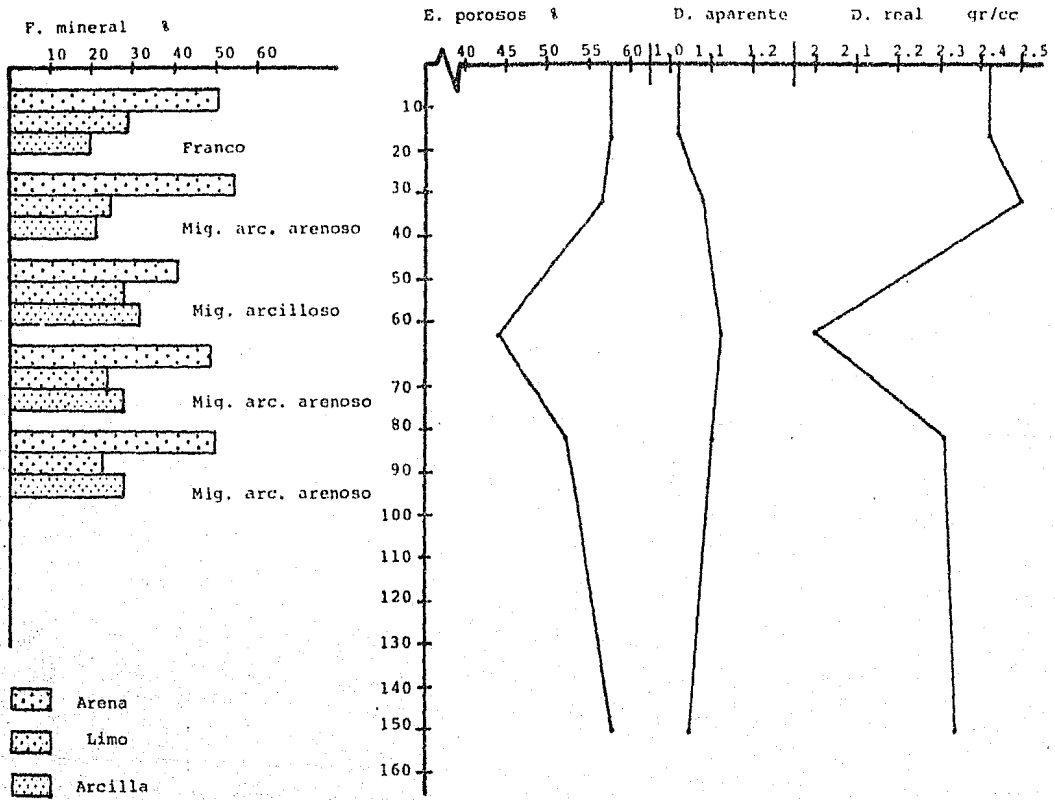


Fig. 19 . Gráfica de análisis físicos de los horizontes del perfil III .

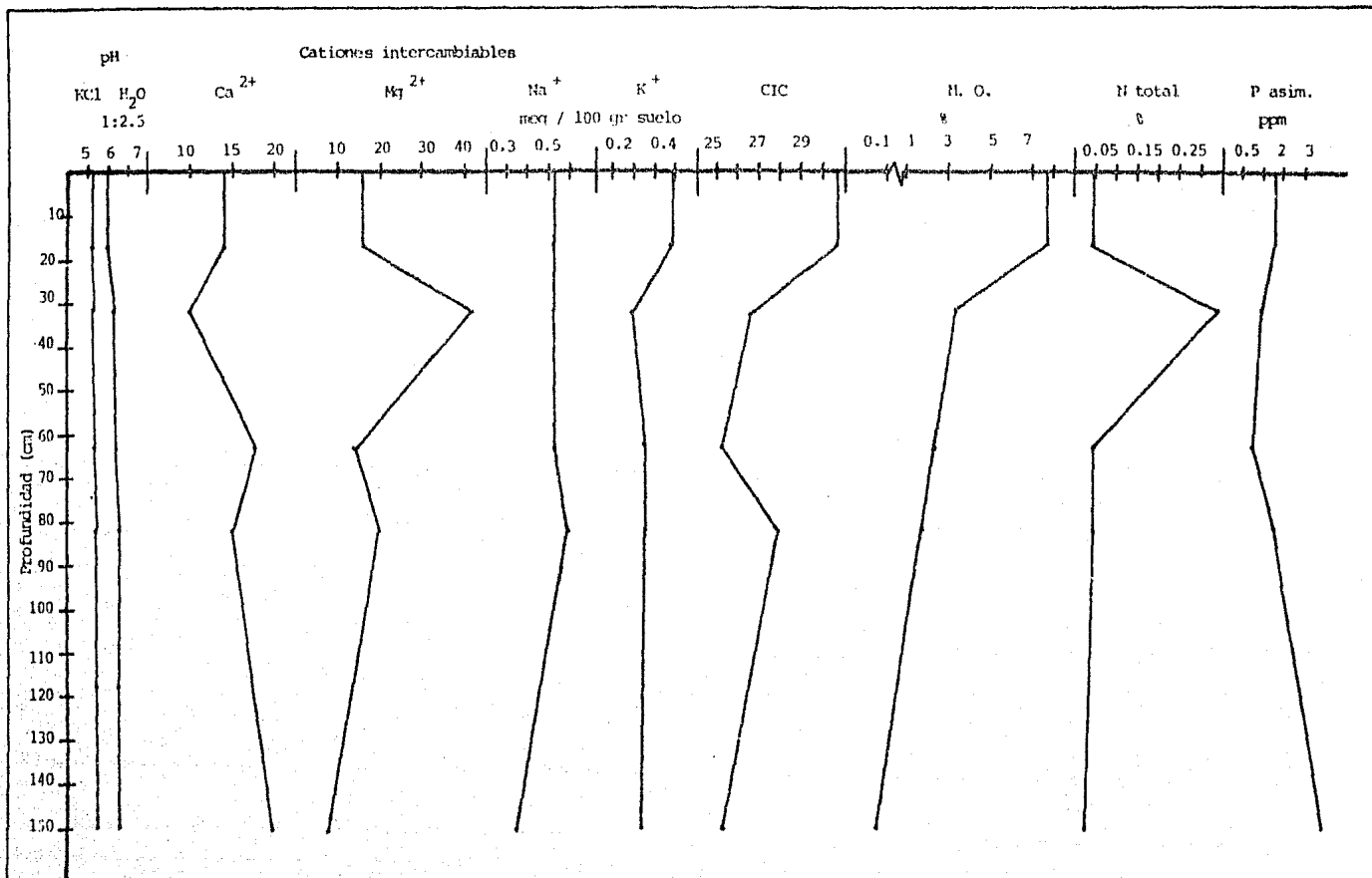


Fig. 20 . Gráfica de análisis químicos de los horizontes del perfil III .

#### PERFIL IV

La fracción de arcilla en el primer horizonte (Ap1) es la más alta en todo el perfil (27.8%) y de acuerdo a las proporciones de arena y limo se obtiene una textura donde predominan las partículas finas: migajón arcilloso, las partículas de arcilla por sus características proporcionarán al suelo cierta capacidad de adsorción y retención de elementos nutritivos. En el siguiente horizonte (Ap2) la fracción arenosa aumenta y la de limo disminuye haciendo que la textura sea franca.

En A12, B2 y C1 la textura es migajón arcillo-arenosa porque la fracción arenosa aumenta y la arcillosa disminuye, principalmente en A12 y en B2 aumenta mostrando un efecto de depositación de arcilla, este ligero aumento en la fracción arcillosa provoca condiciones similares a las mencionadas en el perfil III.

En el siguiente horizonte C1 la fracción arcillosa disminuye y la de arena aumenta teniendo aquí su más alto porcentaje (56.6%), este aumento en arena facilita el drenaje y aireación del suelo y en C2 la fracción arenosa disminuye y aumenta la de limo, dando la textura de suelo franco y las características esperadas por la misma, además del efecto del peso de las capas superiores de suelo que posiblemente influyan en cierta compactación del mismo (Fig. 21).

Los suelos de partículas finas, como margas arcillosas y arcillas no están tan unidas entre sí, esto resulta porque los suelos superficiales están bien granulados, esto es favorecido por el alto contenido de materia orgánica en este horizon-

te superficial (Apl) donde se registraron valores bajos de densidad del suelo y un alto contenido de materia orgánica (6.5%). En el siguiente horizonte aumenta el valor de ambas densidades (real y aparente) ya que disminuye el porcentaje de materia orgánica y la fracción arenosa aumenta y sus partículas en estrecho contacto darán altos valores de densidades. En A12 y B2 la densidad aparente disminuye, posiblemente a que la fracción arcillosa aumenta y aunque la materia orgánica disminuye este porcentaje aún es considerable (3.6% y 3.2% para A12 y B2 respectivamente), en C1 y C2 la densidad aparente aumenta, ya que los porcentajes de materia orgánica disminuyen y por tanto la agregación también; adicionando además el efecto de compacidad debido a la profundidad. Los valores de densidad real aumentan con la profundidad a excepción de C1 donde el valor disminuye tal vez por la influencia del material del cual proviene y en C2 aumenta ligeramente pues aquí la compacidad del suelo es un factor determinante (Fig. 21).

La proporción de poros es alta en el horizonte superficial (55.1%) y considerando que la fracción arcillosa tiene el más alto valor en el perfil, serán los microporos los que abundan en este horizonte, por otro lado se tiene la influencia de la materia orgánica (6.5%) que aumenta la porosidad al facilitar la granulación. El porcentaje disminuye en el siguiente horizonte ya que la fracción arenosa aumenta, además la materia orgánica disminuye (4.4%) y los macroporos facilitarán el movimiento del agua y aire, apoyados por la porosidad que también provoca la materia orgánica.

En los horizontes A12 y B2 el porcentaje de espacios porosos aumenta teniendo en B2 el porcentaje más elevado (57.9%) posiblemente porque la fracción de arcilla también aumenta en este horizonte, debido a que las partículas no estarán tan estrechamente unidas, por la presencia de materiales orgánicos, en el horizonte C1 la materia orgánica disminuye y la arcilla también, en cambio la fracción arenosa tiene el porcentaje más alto del perfil, todo esto provoca que los espacios disminuyan también, ya que en el horizonte C2 aumenta ligeramente el porcentaje de espacios porosos, probablemente a que la fracción arenosa disminuye y la limosa aumenta dando así una alternativa para la existencia de microporos, a pesar del bajo contenido de materia orgánica (0.6%) y la profundidad a la que se encuentra el horizonte (1.50 m).

En este perfil la variación del color en los horizontes no es muy marcada, en el primer horizonte Apl se tiene que el color en seco es café (10YR 5/3) y en húmedo es café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), colores como el café y el gris oscuro se encuentran muy relacionados con la presencia de materia orgánica (Brady, op. cit.), es posible que en el segundo horizonte la descomposición de la materia orgánica provoque un tono más oscuro que en el primer horizonte. En el siguiente horizonte A12 el color en seco es café amarillento oscuro 10YR 4/4, y en húmedo, café muy oscuro (10YR 2/2), este color se atribuye a la presencia de materia orgánica aunque ésta haya disminuido, las

tonalidades amarillas se deben a la oxidación del hierro, dichas coloraciones abundan en los siguientes horizontes B2, C1 y C2 donde para los tres horizontes el color en seco es café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR - 3/4), el color amarillento refleja las condiciones de drenaje, esto es las condiciones de aireación y humedad en las capas inferiores, permiten que el hierro sea oxidado e hidratado formando compuestos rojos y amarillos (Millar, op. cit.), los óxidos de hierro fuertemente hidratados son amarillos, pero al reducirse la hidratación, los colores rojos sustituyen a los amarillos.

El pH registrado con solución de KCl oscila entre 5.8 y 6.1 y con agua se tienen valores de 6.6 a 7.1, ésto se traduce en que la reacción del suelo es ligeramente ácida (Brady, op. cit.) y conforme aumenta la profundidad la acidez disminuye, acercándose a la neutralidad.

Ante estos valores de pH se espera que agentes químicos y biológicos se encuentren en equilibrio y que la asimilación de nutrimentos y actividad de los microorganismos sea más satisfactoria (Brady, op. cit.).

El fósforo se encuentra en el mejor rango de pH para que sea asimilable, el potasio también se encuentra en posibilidad de ser asimilable, en cuanto el nitrógeno, su aprovechamiento aumenta en pH alcalino, el Fe y Mn puede disminuir mientras aumente el valor de pH, el cobre y zinc se encuentran en posibilidad de ser asimilables al igual que el boro y azufre - así como el calcio y magnesio (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.).

No se detectaron carbonatos, y los bicarbonatos se encuentran en cantidades muy bajas que disminuyen en los horizontes inferiores, sus bajas concentraciones se atribuyen a que el pH no es alcalino, además son iones que al formar sales se lixivian fácilmente, con la presencia de materia orgánica en descomposición, forma  $\text{CO}_2$ , que con agua forma el ácido carbónico el cual al disociarse puede formar bicarbonatos de calcio o magnesio y precipitarlos, por ello se encuentran bajas cantidades de iones bicarbonato (Brady, op. cit.; Millar, op. cit.).

El calcio intercambiable se presenta en valores medios, sigue siendo el catión más abundante y disminuye conforme aumenta la profundidad, su poca lixiviación se puede relacionar con la textura del suelo; en el primer horizonte por tener un predominio de partículas finas (migajón arcilloso) éstas retendrán mayor efectividad los cationes, por ello aquí se tiene el máximo valor de calcio intercambiable (35.6 meq/100 gr suelo) y la misma situación parece repetirse en el siguiente horizonte donde se tiene el mismo valor de calcio intercambiable, a partir de este horizonte la textura es más ligera (migajón arcillo-arenoso) en donde la fracción de arena empieza aumentar y su capacidad de retención de cationes disminuye, la facilidad de que se lixivien bases aumenta, sólo en el último horizonte cambia la textura a franco y aquí es donde por efecto de profundidad y retención del calcio en los primeros horizontes, se

tiene el valor más bajo de calcio intercambiable (Tabla 2) - (Fig. 22).

El magnesio intercambiable aumenta gradualmente con la profundidad, en el horizonte B2 se tiene el valor más alto - (26.7 meq/100 gr suelo) y después en los dos últimos horizontes se tienen valores menores y es que el magnesio es más fácilmente desplazable de los sitios de intercambio que el calcio, y lo mismo sucede con el sodio intercambiable que tiende a aumentar en el horizonte B2 y se presenta en cantidades bajas.

El potasio es otro nutrimento que tiene por la solubilidad de sus formas asimilables el problema de grandes pérdidas por drenaje, de los cationes intercambiables ocupa el tercer lugar en abundancia, dejando al sodio en último lugar y al igual que con el calcio, el potasio tiende a disminuir conforme aumenta la profundidad, el valor más alto de potasio se encuentra en el primer horizonte donde la textura y coloides orgánicos favorecen la adsorción de cationes, ya que en los horizontes subyacentes la materia orgánica disminuye y la textura es gruesa.

La CIC -capacidad de intercambio catiónico- disminuye ligera y gradualmente con la profundidad, sus valores son moderadamente bajos (menores de 50 meq/100 gr suelo), este valor se encuentra muy relacionado con coloides minerales y orgánicos,



se tiene que el valor más alto en este perfil de materia orgánica corresponde al primer horizonte y el de mayor porcentaje de arcilla también en el primer horizonte, de igual forma el valor más alto de CIC se tiene en el primer horizonte, su comportamiento a través de los horizontes es similar al de la materia orgánica, conforme aumenta la profundidad ambos disminuyen (Fig. 22).

La acumulación de materia orgánica en el horizonte superficial es tal que su contenido es realmente alto (6.5%) - (Ortiz, op. cit.), disminuye en el segundo horizonte (Ap2) pero sigue siendo rico, en la parte media del perfil los valores corresponden a niveles medios hasta llegar al último horizonte donde se encuentra una proporción pobre en materia orgánica, - su distribución a través del perfil indica que las condiciones de drenaje no son muy adecuadas, es decir en los primeros horizontes existe cierta acumulación, que puede funcionar como reserva potencial de nutrimentos, después en la parte media y con la fracción arenosa facilita la presencia de niveles medios de materia orgánica, mejorando las condiciones de drenaje.

En cuanto a la cantidad de nitrógeno total, una vez más concuerda con la fracción de materia orgánica a través del perfil, el valor en el primer horizonte es muy alto, en Ap2 y A12 son altos, en B2 el valor es medio y también en C1, finalmente

el porcentaje de nitrógeno en C2 es muy bajo o pobre (Tabla 2) (Fig. 22), de acuerdo a la profundidad a la cual se presente - el nitrógeno estará de acuerdo a la presencia de materia orgánica (Ortega, op. cit.).

El fósforo también se encuentra relacionado con la materia orgánica, sus concentraciones en general son bajas, se tiene la cantidad más alta en el horizonte B2 (7.7 ppm), en los demás horizontes su cambio es gradual (Tabla 2) (Fig. 22). Con relación al pH del suelo es probable que el fósforo se encuentre en formas fácilmente asimilables, ya que entre valores de 6 y 7 las condiciones permiten aunque en mínima parte la - asimilación del fósforo por las plantas (Brady, op. cit.; - Teuscher, op. cit.).

La variación en la concentración del fósforo asimilable a través de los horizontes en este perfil se encuentra relacionada con dos factores: la proporción de partículas finas y el pH del suelo.

En los horizontes Ap1 y Ap2 se tienen los valores más ácidos del suelo en el perfil, por otro lado, la abundancia de partículas finas en el primer horizonte permiten que se detecte cierta cantidad de fósforo (4.58 ppm), en el Ap2 la proporción de partículas finas disminuye, el pH sigue siendo ácido, la materia orgánica disminuye y la concentración de fósforo dig

minuye también. En A12 la fracción de partículas finas va aumentando y la concentración de fósforo aumenta de nuevo, siendo su valor muy similar al del primer horizonte, en el horizonte B2 la fracción arcillosa aumenta, la materia orgánica sigue siendo considerable y la concentración de fósforo asimilable - también aumenta, a partir de este horizonte el pH se acerca a la neutralidad y la proporción de arcilla y limo disminuye poco y la cantidad detectada de fósforo también, en este horizonte se tiene el valor más alto de arena, en el último horizonte la fracción arenosa disminuye y aumenta la fracción de partículas finas con ello se detecta un aumento de fósforo (Tabla 2).

De acuerdo a lo anterior, sucede que cuando existe una proporción de partículas finas, la retención de fósforo asimilable aumenta y en texturas gruesas o donde predomina la fracción arenosa la fijación de fósforo disminuye (Ortíz, op. cit.).

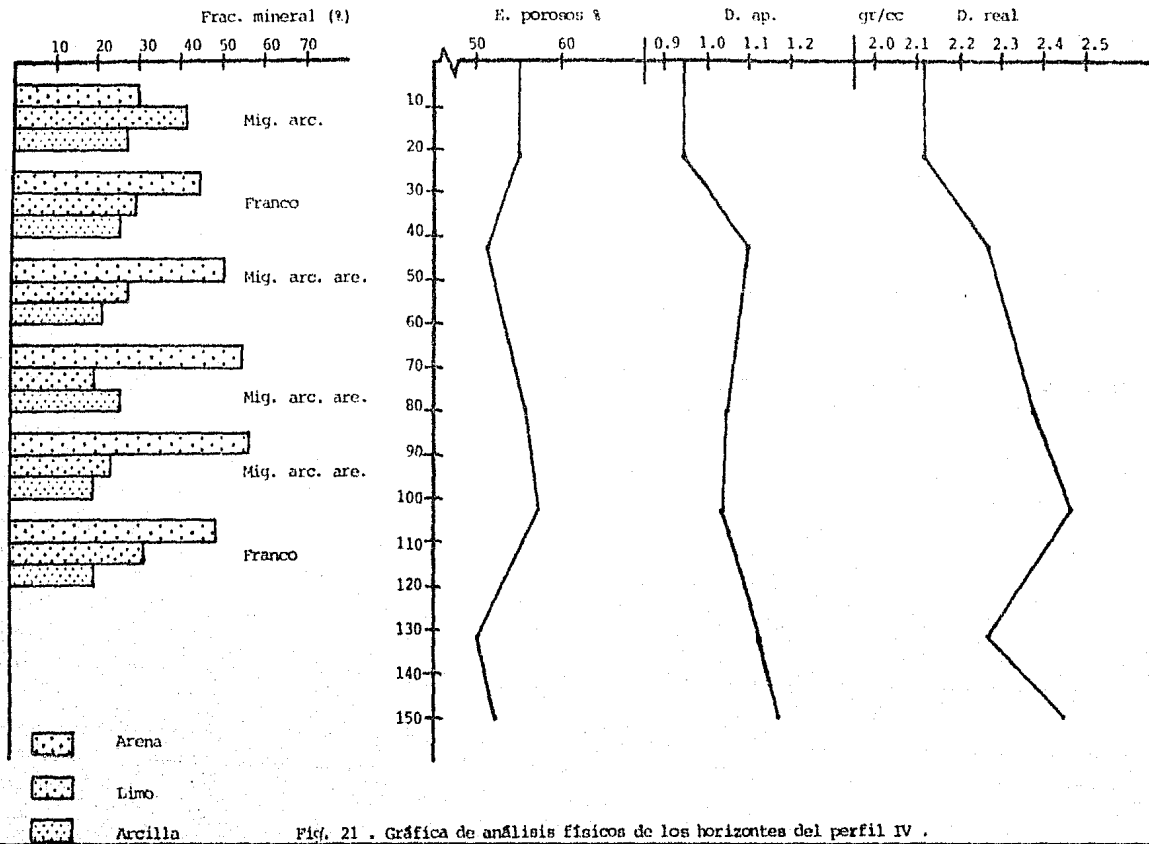
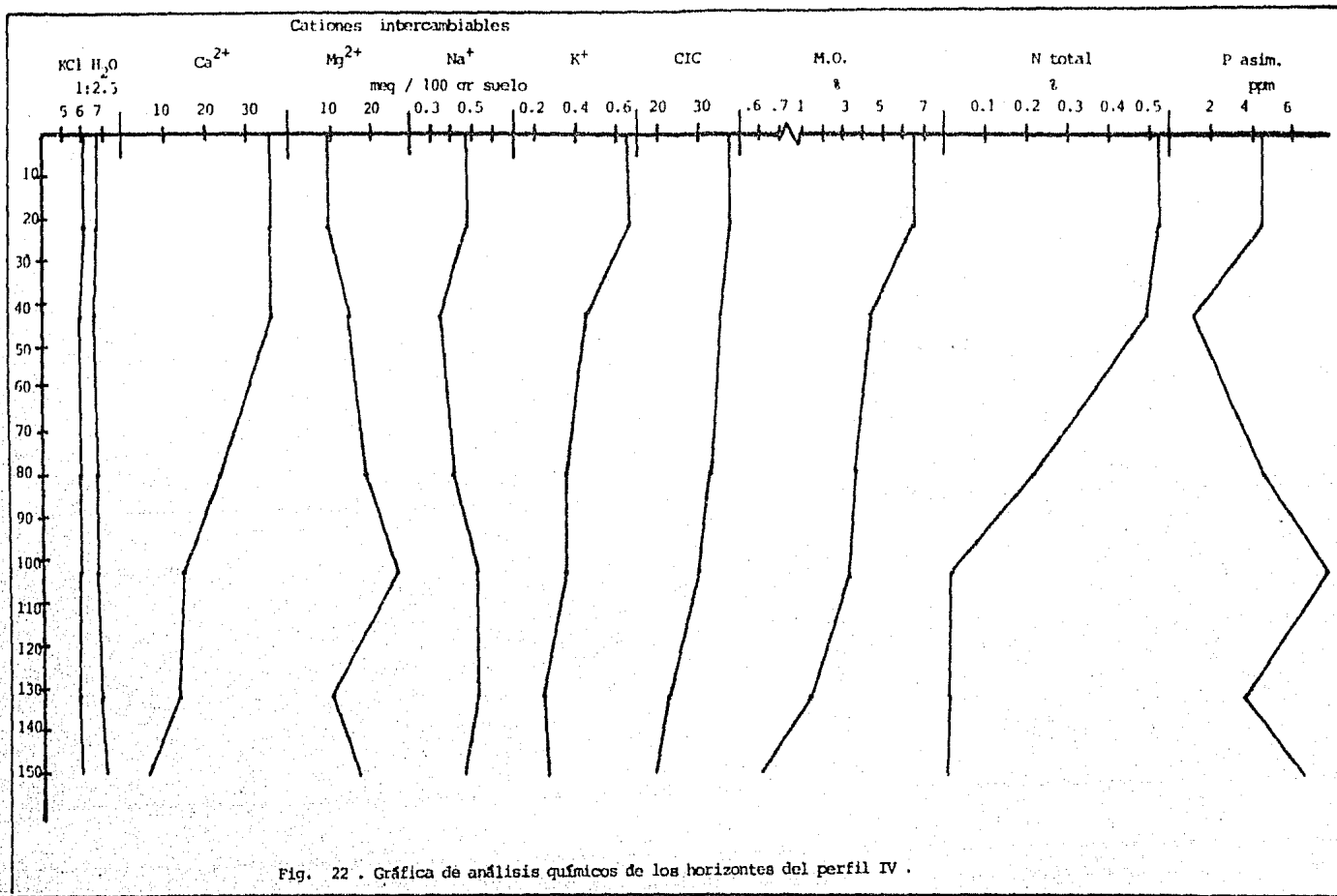


Fig. 21 . Gráfica de análisis físicos de los horizontes del perfil IV .



PERFIL V

En Ap11 y Ap12 la textura es migajón arenosa, corresponde al límite entre las texturas medias y finas pues la fracción de arcilla es elevada (35% en Ap11 y 34% en Ap12) y la fracción de arena no es menor de 40% (44.6%). Esta fracción de arcilla representa condiciones físicas y químicas ya citadas en todos los perfiles anteriores. En el horizonte C1 y en C2 la fracción arcillosa decrece notablemente (a 5.0 y 5.1% respectivamente) y la fracción de arena es elevada (76.6% y 84.6%) y la clase textural corresponde a suelos de arena migajosa, esta proporción elevada de arena provocará una gran pérdida de agua y nutrimentos. En el horizonte C3 la fracción arcillosa aumenta ligeramente a 12.2% y la textura cambia a migajón-arenosa, en este horizonte puede existir cierta acumulación de sustancias e inclusive de materia orgánica proveniente de capas superiores (Tabla 2) (Fig. 23).

La densidad aparente en Ap11, Ap12 y C1 corresponde a suelos que tienen partículas finas abundantes (Brady, op. cit.) sus valores son 1.16, 1.24 y 1.27 gr/cc respectivamente, sin olvidar que la presencia orgánica influye también en obtener valores bajos por su efecto de granulación y porosidad que disminuyen la densidad del suelo. Ya que en el horizonte C2 la fracción arenosa tiene el más alto valor y el porcentaje de materia orgánica disminuye al igual que la condición porosa, así las partículas de arena al estar en estrecho contacto aumentan el valor de la densidad, es el mismo caso para el horizonte C3 donde además influye el peso de las capas de suelo suprayacente, -

favoreciendo el aumento en la densidad del suelo.

Con la densidad real se tienen valores medios porque para suelos superficiales arables la densidad real es cercana a 2.65 gr/cc y la densidad de Ap11 es 2.41 gr/cc. El valor de densidad real en los horizontes varía irregularmente, es decir no hay una disminución o aumento gradual, tal vez por el irregular contenido de materia orgánica mineralizada (orgánica y arcillas), finalmente en el horizonte C3 se tiene el valor más bajo 1.90 gr/cc es posible que influya la cercanía con el material parental que puede ser menos denso que el suelo de las capas suprayacentes.

La proporción de espacios porosos en Ap11 y en Ap12 se atribuye principalmente a la abundancia de arcilla, pues suelos con esos porcentajes de arcilla tienen un porcentaje de espacios porosos que oscila entre 40 y 60% (Ortiz, op. cit.). En estos horizontes se tienen 51.8 y 44.8% de espacios porosos respectivamente, es posible que los microporos sean abundantes debido a la arcilla, sin embargo la presencia de materia orgánica ayudará a que agua y nutrimentos tengan mayor movilidad en el suelo. En los siguientes horizontes C1 y C2 el porcentaje de espacios porosos disminuye por el aumento de la fracción arenosa se considera que para un suelo arenoso el porcentaje de poros oscila entre 35 y 50% (Ortiz, op. cit.) aclarando que son los macroporos los que abundan, con sus consecuencias anotadas anteriormente. En el horizonte C3 la fracción de arena sigue siendo alta y la fracción arcillosa aumenta ligeramente, sin embargo la presencia de fragmentos del material parental -

(grava) disminuyen el porcentaje de poros a 25.2%.

En los horizontes superficiales se presentan coloraciones oscuras, para Apl1 el color en seco es café amarillento y café oscuro en húmedo, en Apl2, el color en seco es café oscuro y en húmedo es café muy oscuro, estos colores se atribuyen a la acumulación y descomposición de los materiales orgánicos. - En los siguientes horizontes el tono grisáceo aparece: en C1 - el color en seco es café grisáceo oscuro y en húmedo café grisáceo muy oscuro, en C2 el color en seco es gris y en húmedo - gris oscuro y en C3 el tono oscuro de nuevo aparece, en seco café y en húmedo café muy oscuro (Tabla 2), ahora bien, en el horizonte C1 y en C2 la abundancia de la fracción arenosa influye en las coloraciones grises y en el último horizonte C3 por existir cierta acumulación de partículas orgánicas de los horizontes suprayacentes el suelo toma color oscuro.

En este perfil la variación de los valores de pH es marcada, mientras en los dos primeros horizontes los valores corresponden a un suelo débilmente ácido (6.2 con KCl), en los dos siguientes horizontes los valores corresponden a un suelo débilmente alcalino y en C3 vuelve a ser débilmente ácido (Brady, op. cit.) (Tabla 2) (Fig. 24).

Esta situación también refleja diferentes condiciones - para los nutrimentos, mientras en Apl1, Apl2 y C3 se espera que por ser débilmente ácidos se tenga cierto equilibrio entre agentes químicos y biológicos y donde la asimilación de nutrimentos y actividad de microorganismos es satisfactoria, en los horizontes



tes C1 y C2 por ser débilmente alcalinos se tendrán las condiciones señaladas en el perfil I.

No se registraron carbonatos y los bicarbonatos en general son muy bajos y varían irregularmente en el perfil, teniendo las cantidades más bajas en los horizontes medios, estos iones se encuentran entre los productos simples más comunes como resultado de la actividad de los microorganismos del suelo y también los más fácilmente lixiviables por drenaje, el valor más alto se encuentra en el primer horizonte con 0.8 meq/lt en los siguientes horizontes el valor disminuye a 0.3 y 0.4 meq/lt y en el último horizonte se tiene 0.7 meq/lt debido a la lixiviación de los niveles superiores de suelo, favorecido por la abundancia de arena.

El calcio intercambiable aumenta con la profundidad, en parte concuerda con los valores de pH que se vuelven alcalinos en los horizontes inferiores, es uno de los cationes que se percolan fácilmente sobre todo en condiciones ácidas (en los primeros horizontes) por ello su movilidad en el suelo es apreciable, en C1 y C2 se tienen valores altos de calcio y el pH es alcalino, sin embargo dada la textura (arena) este sigue percolandose por ello se tiene el valor más alto en el horizonte C3.

En el caso del magnesio éste presenta mayor variación entre uno y otro horizonte, en donde se tiene texturas finas se presenta mayor cantidad de magnesio intercambiable y en los horizontes medios disminuye, en el último horizonte donde la fracción arcillosa aumenta también aumenta ligeramente el magnesio (Tabla 2).

Las cantidades de sodio intercambiable registradas en general son bajas, sobre todo en el primer horizonte (0.58 meq/100 gr suelo) y en el segundo horizonte se tiene el valor más alto (0.84 meq/100 gr suelo), en los siguientes horizontes los valores son menores (Tabla 2). La importancia de este catión ya ha sido citada en perfiles anteriores.

El potasio intercambiable es el catión que se encuentra en menor cantidad relativa, aunque sus valores corresponden a los de regiones húmedas (menores de 0.5 meq/100 gr suelo) (Ortega, op. cit.), en los horizontes de la parte media del perfil se registran las concentraciones más bajas, y es que también aquí es donde abunda el calcio y el pH aumenta, es posible que el calcio influya en los sitios de intercambio. Los valores más altos se tienen en los primeros horizontes donde contribuye la textura con partículas finas que retienen con mayor eficacia iones de potasio, en el último horizonte C3, se tiene el valor más bajo (0.16 meq/200 gr suelo), mostrando que no existe gran percolación de este catión a través del perfil.

Ya que la fracción de arcilla y materia orgánica son considerables en los primeros horizontes, los valores de CIC corresponden por igual y donde la fracción arenosa domina la capacidad de intercambio catiónico disminuye considerablemente (C1 y C2) (Tabla 2), esto es por las características y efectos propios de la arena.

La materia orgánica en los dos primeros horizontes corresponde a niveles ricos, en los siguientes horizontes son pobres y en el último horizonte es medio (Tabla 2) (Brady, op. -

cit.), como tal existe con la textura (Fig. 23), en los primeros horizontes (Ap11 y Ap12) por efectos de acumulación natural y abundancia de partículas finas se tienen altos porcentajes de materia orgánica, en cambio en los horizontes donde la fracción gruesa o arenosa predomina, la materia orgánica disminuye y por efectos de drenaje y migración de partículas orgánicas se tiene un valor medio de materia orgánica en el último horizonte. Su distribución en el perfil muestra que el drenaje es inadecuado porque después de 35 cm de profundidad la fracción arenosa predomina a tal grado que, aunque no represente problema para el desarrollo de las raíces, provocará pérdidas de nutrimentos y agua, condición inadecuada para los vegetales.

El nitrógeno total registrado en los horizontes se encuentra relacionado con la materia orgánica (Tabla 2) pues son valores altos, en el horizonte C1 se tiene un valor medio y en C2 y C3 son valores bajos, las texturas finas retienen mayor cantidad de nitrógeno, principalmente como amonio (Brady, op. cit.; Ortíz, op. cit.), en comparación con las texturas gruesas el horizonte donde predomina la fracción arenosa se tiene el valor más bajo, en el horizonte C3 esa proporción de nitrógeno corresponde a la presencia de materia orgánica que en él se encuentra.

El fósforo asimilable presenta cierta variabilidad en el perfil, en cuanto a sus cantidades registradas, en los primeros horizontes se tienen valores bajos, en C1 el valor es alto o adecuado y en C2 y C3 son valores medios (Jackson, op. cit.).

La situación del fósforo asimilable en un suelo depende de muchos factores, siendo los primeros horizontes ligeramente

ácidos, es posible que el fósforo se encuentre combinado en su mayor parte con hierro, aluminio y calcio, por otro lado los coloides minerales tienden a fijarlo entre los cristales, sobre todo en texturas finas, en suelos con pH alcalino tiende a combinarse con calcio; en el horizonte C1 se tiene el valor más alto, considerando que el análisis se basa en reacciones de superficie, al predominar fosfatos de calcio, la proporción de desplazamiento del fósforo será mayor y se registrará un valor mayor, este factor puede influir también en los últimos horizontes donde el calcio intercambiable abunda y es posible que la mayor parte del fósforo sea fijado por combinaciones con este metal. Estos fosfatos de calcio son más aprovechables que los fosfatos de hierro o aluminio, en especial los fosfatos dicálcicos sirven como principal fuente de fósforo para la nutrición vegetal. Su solubilidad relativamente baja asegura a la planta una provisión satisfactoria de fósforo (Teuscher, op. cit.).

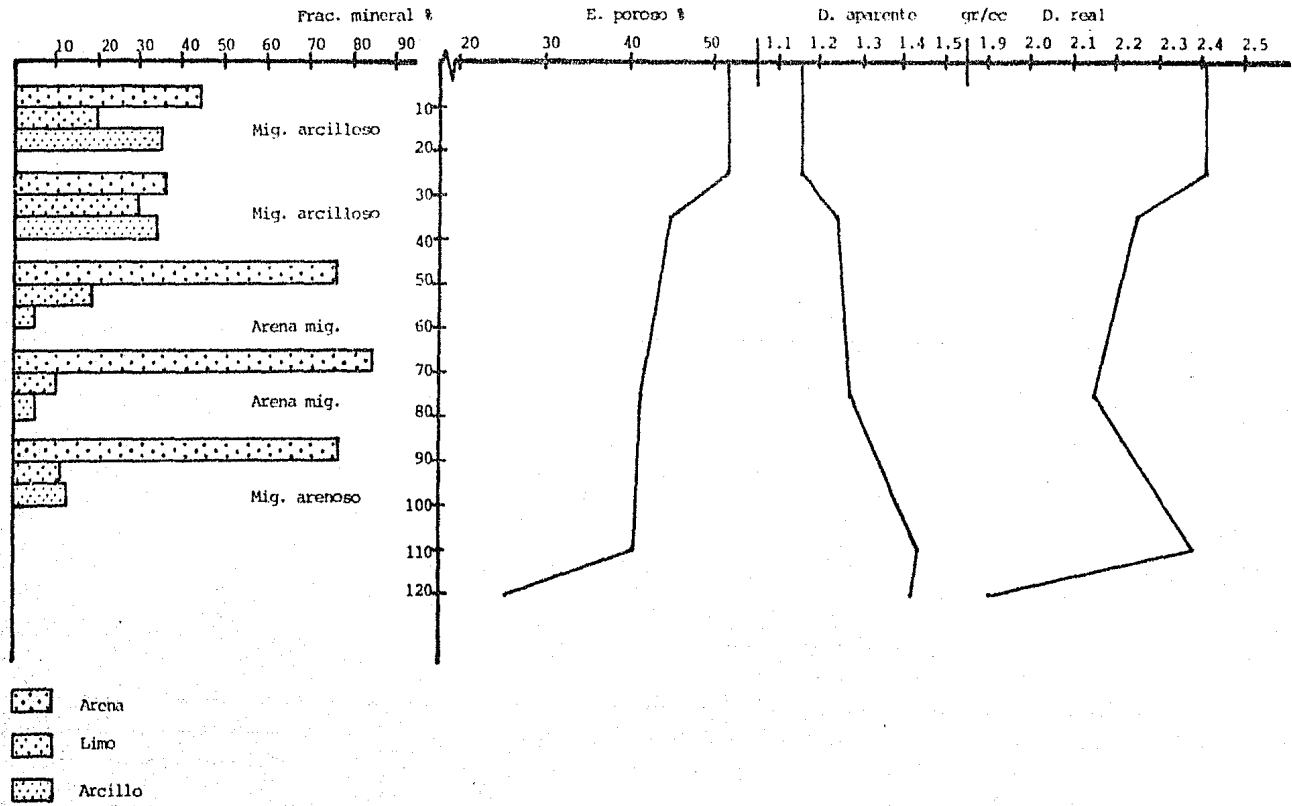


Fig. 23 . Gráfica de análisis físicos de los horizontes del perfil V .

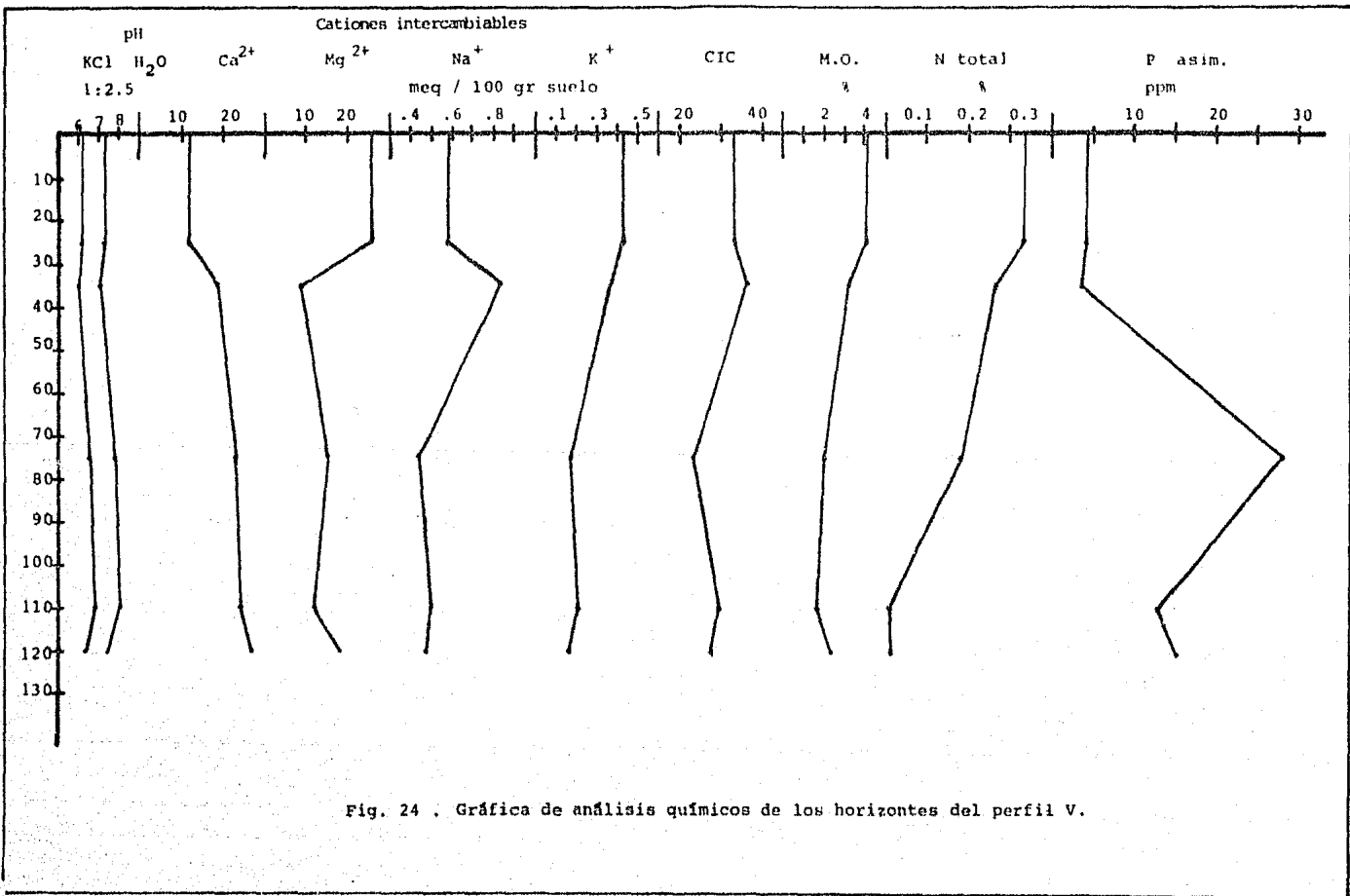


Fig. 24 . Gráfica de análisis químicos de los horizontes del perfil V.

## DESCRIPCION Y CLASIFICACION DE PERFILES.

En base a la anterior interpretación y discusión de los resultados de los análisis físicos y químicos realizados en las muestras de los perfiles, en esta sección se denotan los aspectos considerados para la clasificación de los perfiles, así como la descripción de cada uno, agrupándolos por Orden, primero los Molisoles y posteriormente los Entisoles. En el Orden de los Molisoles se encuentran a los perfiles I, II, III y IV, y en Entisoles al perfil V.

### Orden Molisoles.

#### Características generales.

La descomposición de la abundante materia orgánica dentro del suelo, en presencia de calcio, lleva a la formación de los epipedones mólicos. La estructura del suelo bien agregada da lugar a la ligereza del mismo, la cual no es ni masiva ni muy dura cuando se seca. Son suelos básicos, ricos, de color muy oscuro. Suelen tener una lixiviación ligera y su contenido de bases es alto. En la mayor parte de los molisoles ha habido suficiente migración de arcilla para formar un horizonte B. Su alta fertilidad y una cantidad de lluvia razonable forman suelos agrícolas muy productivos (Millar, op. cit.; FitzPatrick, op. cit.; U.S.D.A., op. cit.).

La melanización es el proceso dominante en los Molisoles: es un proceso de oscurecimiento de los suelos por la adición de materia orgánica, el epipedón mólico se extiende hacia abajo. Este proceso es un conjunto de varios procesos específicos como:

- Extensión de las raíces de la vegetación de praderas - en el perfil de suelos.

- Descomposición parcial de los materiales orgánicos en el suelo, produciendo compuestos oscuros y relativamente estables.

- Redisposición del suelo y los materiales orgánicos, debido a la actividad de las lombrices de tierra, hormigas, etc., y

- Formación de residuos lignoprotéicos resistentes que dan color negro.

La eluviación e iluviación a parte de su participación en la melanización, tienen relación con el movimiento descendente y la precipitación de la arcilla con materias orgánicas y óxidos de hierro (Buol et al., 1981).

El epipedón mólico, que es el horizonte de diagnóstico en los molisoles tiene las siguientes características (U.S.D.A., op. cit.):

- Es una capa gruesa de 25 cm ó más.
- De color oscuro y cuando menos 1% de materia orgánica.
- Se encuentra predominantemente saturado con cationes divalentes (Calcio).



- La saturación de bases es sobre 50%.
- Su grosor es mayor a 10 cm, si descansa sobre R.
- Puede tener horizonte cámbico, argílico, duripan.
- La mayoría se ha formado bajo vegetación de pastos.

#### Sub-orden Ustolls.

Las características de este grupo de suelos son (Fitz-Patrick, op. cit.; U.S.D.A., op. cit.):

- Tienen epipedón mólico con CHROMA de 2 ó más.
- Pueden tener un horizonte cámbico o argílico y la saturación de bases mayor a 80%, y debajo de éste hay menos iones  $H^+$  que de sodio y potasio y el porcentaje de sodio y potasio se incrementa con la profundidad.
- Ya sea en un cámbico o argílico, el sodio intercambiable y el potasio intercambiable exceden al hidrógeno y el porcentaje de saturación de bases se incrementa con la profundidad.
- Muestran una concentración suave de cal o partículas de cal disminuidas al tamaño de arcillas.
- Están más o menos drenados.
- Se encuentran en áreas subhúmedas.
- La mayoría se ha formado en sedimentos del Pleistoceno medio al Holoceno.

Gran Grupo: Haplustoll.

- Tienen un horizonte cámbico o materiales parentales - escasamente alterados bajo el epipedón mólico.

- No tienen duripan.

- No tienen horizonte petrocálcico que podría estar a - 1.5 m de la superficie del suelo.

- Vegetación predominantemente de pastos.

- Son depósitos del Pleistoceno tardío o del Holoceno.

El horizonte cámbico con material arcilloso o limoso, tuvo tiempo para desarrollar estructura granular, además de su alto estado de bases, ausencia de rocas, evidencia de lixiviación, color café por óxidos hidratados de hierro, son excluidas texturas como cuarzo y arenas, demuestra poco de la estructura originaria de la roca.

PERFIL I

Localidad: Xicotepec            Municipio: Río Blanco, Ver.

Altitud: 1500 a 1800 m.s.n.m.

Relieve: plano (general cañada).

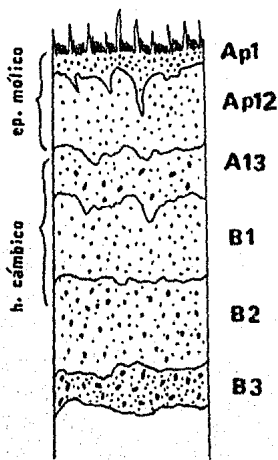
Profundidad: 1.50 m

Vegetación: pastos.

Clasificación: U.S.D.A. Orden: Molisol      FAO (DGG):

Suborden: Ustoll      Feozem luvico -

Gran Grupo: Hap-      (calcico)  
                  lustoll.



Ap1. 0 a 10 cm de profundidad; café grisáceo en seco (10YR 5/2) y en húmedo - café muy oscuro (10YR 2/2); Migajón limoso (21.5-60.0 18.5); estructura moderadamente desarrollada; sin piedras; reacción moderada con HCl; con respuesta a la prueba de alófano; Ma materia orgánica 2.7%; Ca interc.: 53.4 meq/100 gr suelo; Mg interc.: 5.9 - meq/100 gr suelo; CIC: 42.0 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O):8.2; pH (KCl): 7.4; Na interc.: 0.78 meq/100 gr suelo; K interc. 0.37 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; transición tenue.

Ap12. 10 a 30 cm de prof.; café en seco - (10YR 5/3) y café grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); Migajón limoso (23.5-60.0-16.5); estructura moderadamente desarrollada; sin piedras reacción moderada al HCl; con respuesta a la prueba del alófano, - Materia orgánica 2.6% Ca interc.57.4 meq/100 gr suelo, Mg interc. 0.9 -

meq/100 gr suelo; CIC 43.6 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.3; pH (KCl): 7.7; Na interc. 0.34 meq/100 gr suelo; K interc. 0.24 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición tenue.

A 13. 30 a 42 cm de prof.; café en seco (10YR 5/3) y café grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); Migajón li-moso (11.5-76.0-12.5); estructura moderadamente desar-rollada; sin piedras reacción media al HCl, con res-puesta al alófano; Materia orgánica 3.9%, Ca interc. - 83.1 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.4; pH (KCl): 7.2; - Na interc. 0.52 meq/100 gr suelo; K interc. 0.24 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada, Mg interc 3.9 meq/100 gr suelo; CIC 41.0 meq/100 gr suelo.

B 1. 42 a 80 cm de prof.; café en seco (10YR 5/3) y café grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); Migajón li-moso (27.5-58.0-14.5); estructura débilmente desarro-llada; sin piedras; reacción moderada al HCl; con res-puesta al alófano; Materia orgánica 4.7%, Ca interc. - 67.7 meq/100 gr suelo; Mg interc. 5.85 meq/100 gr sue-lo; CIC 39.7 meq/200 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.3; pH (KCl) 7.5; Na interc. 0.4 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Tran-sición tenue.

B 2. 80 a 115 cm de prof.; café grisáceo (10YR 5/2) en se-co y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2); Migajón li-

moso (36.5-51.0-12.5); estructura fuertemente desarrollada, sin piedras; fuerte reacción al HCl; pobre respuesta al alófono; Materia orgánica 5.2%; Ca interc - 59.85 meq/100 gr suelo; Mg interc. 4.4 meq/100 gr suelo; CIC 38.7 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O) 8.3; pH (KCl) 7.5; Na interc. 0.44 meq/100 gr suelo; K interc. 0.15 meq/100 gr suelo; PSB > 80%, Transición tenue.

- B 3. 115 a 150 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2); Migajón arenoso (58.4-48.0-12.6); estructura moderadamente desarrollada, sin piedras; con reacción media al HCl, - respuesta moderada a la prueba del alófono\*; Materia orgánica 1.6%; Ca interc. 20.7 meq/100 gr suelo; Mg interc. 13.8 meq/100 gr suelo; CIC 32.4 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.0; pH (KCl): 7.3; Na interc. 0.44 meq/100 gr suelo; K interc. 0.34 meq/100 gr suelo; PSB > 80%.

\* La respuesta al alófono, aquí y en todos los horizontes de todos los perfiles es considerada bajo la aclaración de que se obtuvo con el vire de la fenolftaleína; que es sensible a pH mayor a 7.

Gran Grupo: Paleustoll

También perteneciendo a los Molisoles y SubOrden Ustolls, el perfil III y el perfil IV pertenecen al Gran Grupo Paleustoll, a continuación algunas características de este Gran Grupo:

- Tienen horizonte arcilloso que no disminuye un 20% dentro de 1.50 m de distancia a la superficie.
- Tienen horizonte argílico o más comunmente horizonte argílico arcilloso con un límite superior abrupto.
- No tienen duripan.
- Con el h. argílico el suelo no tiene contacto paralítico o lithic en la profundidad, y el tamaño de partículas en la parte superior es arcillosa.

PERFIL III

Localidad: Xicotepec, Mpo. Río Blanco, Ver.

Altitud: 1500 a 1800 m.s.n.m.

Relieve: regular; plano ligeramente cóncavo.

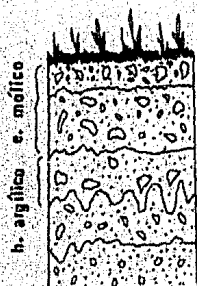
Profundidad: 1.50 m.

Vegetación: pastos.

Clasificación: U.S.D.A. Orden: Molisol                      FAO-UNESCO (DGG)

Suborden: Ustoll                      Feozem lúvico

Gran Grupo: Paleustoll



- Ap1 Apl. 0 a 17 cm de prof.; café oscuro - en seco (10YR 4/3) y en húmedo café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); -
- Ap2
- B2 Franco (50.6-29.6-19.8); estructu-
- B3 ra moderadamente desarrollada; li-
- C

geramente pedregoso (< 5 cm Ø) subangulares; sin reacción al HCl, mínima respuesta al alófono; Materia Orgánica 7.7%; Calcio interc. 13.8 meq/200 gr suelo; Mg interc. 15.8 meq/100 gr suelo; CIC 30.6 meq/200 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.0; pH (KCl): 5.2; Sodio interc. 0.52 meq/200 gr suelo; K interc. 0.48 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

Ap2. 17 a 32 cm de prof.; café amarillento oscuro en seco (10YR 4/3), en húmedo café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); Migajón arcillo-arenoso (54.6-24.6-20.8); estructura moderadamente desarrollada; ligeramente pedregoso (< 5 cm Ø), subangulares; sin reacción al HCl, mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 3.2; Ca interc. 9.9 meq/100 gr suelo; Mg interc. 41.5 meq/100 gr suelo; CIC 26.6 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.3; pH (KCl): 5.3; Na interc. 0.52 meq/100 gr suelo; K interc. 0.29 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

B 2. 32 a 63 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4); Migajón arcilloso (40.6-27.6-31.8), estructura moderadamente desarrollada; ligeramente pedregoso (< 5 cm Ø) laminares; sin reacción al HCl; con mínima respuesta a la prueba del alófono, Materia orgánica 2.3%; Ca interc. 17.8 meq/100 gr suelo; Mg interc. 10.8 meq/100 gr suelo; CIC 25.2 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.4; pH (KCl) 5.4; Na interc. 0.52 meq/100 gr suelo; K interc. 0.35 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

B 3. 63 a 82 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6); Migajón arcillo arenoso (48.6-23.6-27.8), estructura moderadamente desarrollada, ligeramente pedregoso (< 5 cm Ø) laminar; mínima reacción con el HCl; mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 1.7%; Ca interc. 14.8 meq/100 gr suelo; Mg interc. 19.8 meq/100 gr suelo; CIC - 27.8 meq/100 gr suelo; Na interc. 0.58 meq/100 gr suelo; K interc. 0.35 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

C 82 a 150 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR - 5/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6); Migajón arcillo arenoso (49.6-22.6-27.8), estructura moderadamente desarrollada, ligeramente pedregoso (< 5 cm Ø) subangulares; sin reacción al HCl; mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 0.7%; Ca interc. 19.7 meq/100 gr suelo; Mg interc. 8.3 meq/100 gr suelo; CIC 25.3 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.6; pH (KCl): 5.6; - Na interc. 0.35 meq/100 gr suelo; K interc. 0.34 meq/ - 100 gr suelo; PSB > 80%.

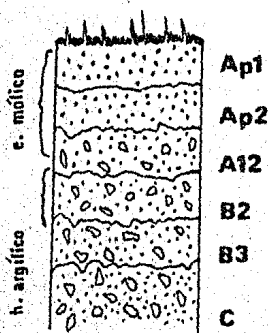


PERFIL IV

Localidad: Xicotepec, Municipio: Río Blanco, Ver.  
Altitud: 1500 a 1800 m.s.n.m.  
Relieve: Plano.  
Vegetación: Pastos  
Clasificación: U.S.D.A. Orden: Molisol      FAO-UNESCO (DGG)  
Suborden: Ustoll      Feozem Lúvico  
Gran Grupo: Paleustoll

Apl. 0 a 22 cm de prof.; café en seco (10YR 5/3) y en húmedo café grisáceo muy obscuro (10YR 3/2); Migajón arcilloso - (30.6-41.6-27.8); estructura débilmente desarrollada; sin piedras, sin reacción al HCl; con pobre respuesta al alófano; Materia orgánica 6.5%; Ca interc. 35.6 meq/100 gr suelo; Mg interc. 9.9 meq/100 gr suelo; CIC 37.8 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.7; pH (KCl): - 6.1; Na interc. 0.47 meq/100 gr suelo; K interc. 0.66 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

Ap2. 22 a 43 cm de prof.; café obscuro en seco 10YR 4/3) en húmedo café muy obscuro (10YR 2/2); Franco (44.6-29.6-25.8); estructura moderadamente desa-



rollada, sin piedras, sin reacción al HCl; con mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 4.4%; Ca interc. 35.6 meq/100 gr suelo; Mg interc. 14.8 meq/100 gr suelo; CIC 35.0 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.6; pH (KCl): 5.9; Na interc. 0.34 meq/100 gr suelo; K interc. 0.44 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; transición media.

A12. 43 a 80 cm de prof.; café amarillento oscuro en seco (10YR 4/4) en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2); Migajón arcillo arenoso (50.6-27.6-21.8); estructura moderadamente desarrollada, pobremente pedregoso (<10 cm ø) angulares; sin reacción al HCl, mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 3.6% Ca interc. 23.7 meq/100 gr suelo; Mg interc. 18.8 meq/100 gr suelo; CIC 32.4 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O) 6.7; pH (KCl): 5.9; Na interc. 0.41 meq/100 gr suelo; K interc. 0.35 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

B2 80 a 103 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR - 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4); Migajón arcillo arenoso (54.6-19.6-25.8); estructura débilmente desarrollada, ligeramente pedregoso (<5 cm ø); no hay reacción con el HCl; no hay respuesta al alófono; Materia orgánica 3.2%; Ca interc. 14.8 meq/100 gr suelo; Mg interc. 26.7 meq/100 gr suelo; CIC 29.6 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O) 6.7; pH (KCl): 5.9; Na interc.

0.52 meq/100 gr suelo; K interc. 0.35 meq/100 gr suelo;  
PSB > 80%; Transición marcada.

B3. 103 a 132 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4); Migajón arcillo arenoso (56.6-23.6-19.8); estructura - débilmente desarrollada, ligeramente pedregoso (<10 cm Ø); sin reacción al HCl; pobre respuesta al alófano; - Materia orgánica 1.4%; Ca interc. 13.8 meq/100 gr suelo; Mg interc. 10.8 meq/100 gr suelo; CIC 22.8 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 6.9; pH (KCl): 5.8; Na interc. - 0.52 meq/100 gr suelo; K interc. 0.24 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

C . 132 a 150 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/6), en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6); - Franco (48.6-31.6-19.8) estructura débilmente desarrollada, ligeramente pedregoso (<10 cm Ø); sin reacción al HCl; pobre respuesta al alófano; Materia orgánica - 0.6%; Ca interc. 6.9 meq/100 gr suelo; Mg interc. 16.8 meq/100 gr suelo; CIC 19.6 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.1; pH (KCl) 5.9; Na interc. 0.47 meq/100 gr suelo; K interc. 0.26 meq/100 gr suelo; PSB > 80%.

Suborden: Rendoll

Gran Grupo: Rendoll lithic

El perfil II también pertenece al Orden Molisol, pero dadas sus características pertenece al Suborden Rendoll y Gran Grupo Rendoll lithic, a continuación algunas de las características más importantes:

- Han sido suelos desarrollados en climas cálido-húmedos.
- Su material parental tiene alto contenido de carbonatos de calcio ( 40%).
- Suelos con epipedón mólico de no más de 50 cm de grosor.
- Tienen textura media a fina, con estructura granular o bloques pequeños subangulares bien desarrollada.
- El contenido de materia orgánica varía del 5 al 15% y de ordinario se encuentra en un estado avanzado de humificación.
- Por la textura fina y el elevado contenido de materia orgánica tienen valores de CIC de hasta 50 meq/100 gr suelo.
- El principal catión intercambiable es el calcio (en dolomitas el magnesio).
- Hay una saturación completa de cationes básicos.
- El epipedón mólico se encuentra sobre fragmentos gruesos de piedras y rocas calcáreas.

#### PERFIL II

Localidad: Xicotepec, Municipio Río Blanco, Ver.

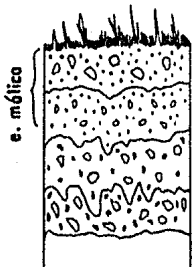
Altitud: 1500 a 1800 m.s.n.m.

Relieve: ligeramente ondulado (aprox. 2% pendiente)

Profundidad: 0.75 m.

Vegetación: pastos.

Clasificación: U.S.D.A. Orden: Molisol FAO-UNESCO (DGG)  
Suborden: Rendoll Rendzina  
Gran Grupo: Rendoll lithic.



Ap11.0 a 19 cm de prof.; café oscuro - en seco (10YR 3/3) y en húmedo negro (10YR 2/1); Franco (51.5-36.0-12.5); estructura fuertemente desarrollada, poliédrica subangular; - piedras tamaño grava subangulares; reacción mínima con HCl; con respuesta moderada al alófono; Materia orgánica 2.1%; Ca interc. 41.5 meq/100 gr suelo; Mg interc. 24.7 meq/100 gr suelo; CIC 39.0 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.8, pH (KCl) - 7.2; Na interc. 1.60 meq/100 gr suelo; K interc. 0.52 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición media.

Ap12. 19 a 31 cm de prof.; café grisáceo oscuro en seco (10YR 3/2) y en húmedo negro (10YR 2/1); Migajón arenoso (55.5-38.0-6.5); estructura moderadamente desarrollada poliédrica subangular, algunas piedras subangulares (< 5 cm Ø); reacción moderada al HCl; con respuesta al

alófono; Materia orgánica 10.1%; Ca interc. 52.4 meq/  
100 gr suelo; Mg interc. 7.9 meq/100 gr suelo; CIC 49.0  
meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.9; pH (KCl): 7.2; Na -  
interc. 0.86 meq/100 gr suelo; K interc. 0.33 meq/100  
gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

AC. 31 a 59 cm de prof.; gris pardo claro en seco (10YR 6/2)  
en húmedo café claro (10YR 6/3); Migajón arenoso (73.5  
-20.0-6.5); estructura sin desarrollar, con roca intem  
perizada; fuerte reacción al HCl; respuesta al alófono;  
Materia orgánica 2.7%; Ca interc. 76.2 meq/100 gr suelo;  
Mg interc. 26.7 meq/100 gr suelo; CIC 20.0 meq/100 gr  
suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.6; pH (KCl): 8.0; Na interc. 0.67  
meq/200 gr suelo; K interc. 0.25 meq/100 gr suelo; -  
PSB > 80%. Transición media.

C. 59 a 75 cm de prof.; café muy pálido (10YR 8/3) en se-  
co y en húmedo café amarillo claro (10YR 6/4); Migajón  
arenoso (69.5-24.0-6.5); sin estructura, roca intemper-  
rizada; reacción muy fuerte al HCl; con respuesta al  
alófono; Materia orgánica 3.2%; Ca interc. 53.4 meq/  
100 gr suelo; Mg interc. 21.7 meq/100 gr suelo; CIC -  
12.4 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.9, pH (KCl): 8.1; -  
Na interc. 0.58 meq/100 gr suelo; K interc. 0.11 meq/  
100 gr suelo, PSB > 80%.

Orden Entisol

El perfil V según sus características entra en el Orden Entisol Suborden Fluvent, Gran Grupo Ustifluent:

Los Entisoles no tienen epipedón mólico, no tienen horizonte diagnóstico, algunos son muy viejos y consisten principalmente de cuarzo y otros minerales que alteran la no formación de horizonte, son suelos formados principalmente en sedimentos recientes de planicies aluviales.

De acuerdo al Suborden, los Fluvents son entisoles que no tienen contacto lithic o paralithic en 25 cm de la superficie del suelo, el contenido de carbón orgánico decrece irregularmente con la profundidad y tienen textura de arena a fina muy limosa en algún horizonte debajo de Ap o debajo de 25 cm (antes de 1 m de prof.).

Ustifluent porque tienen régimen de humedad ustic, es decir el concepto de humedad es limitado, pero con humedad presente cuando las condiciones son adecuadas para el desarrollo de vegetales.

PERFIL V

Localidad: Xicotepec, Municipio Río Blanco, Ver.

Profundidad: 1.20 m

Relieve: Plano aluvial (cercano a río aprox. 30 m)

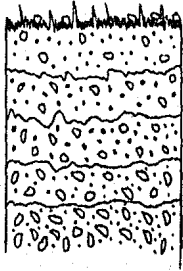
Altitud: 1500 a 1800 m.s.n.m.

Vegetación: pastos

Clasificación: U.S.D.A. Orden: Entisol FAO-UNESCO (DGG)

Suborden: Fluvent Fluvisol calcárico

Gran Grupo: Ustifluent



**Ap11**

**Ap12**

**C**

**II C**

**III C**

Ap11. 0 a 25 cm de prof.; café amarillento en seco (10YR 5/4) en húmedo café obscuro (10YR 3/3); Migajón arcilloso (44.6-19.6-35.8) estructura moderada subangular; ligeramente pedregoso (< 60%) (< 5 cm  $\phi$ ) redondeadas; moderada reacción al HCl; mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 4.1%; Ca interc. 12 meq/100 gr suelo; Mg interc. 25.7 meq/100 gr suelo; CIC 33.4 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.3, pH (KCl): 6.2; Na interc. 0.58 meq/100 gr suelo; K interc. 0.43 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición tenue.

Ap12. 25 a 35 cm de prof.; café obscuro en seco (10YR 4/3) y café muy obscuro en húmedo (10YR 2/2); Migajón arcilloso (36.6-29.4-34.0); estructura desarrollada subangular; ligeramente pedregoso (< 5 cm  $\phi$ ) redondeadas; moderada reacción al HCl; mínima respuesta al alófono; Materia orgánica 3.2%; Ca interc. 19.0 meq/100 gr suelo; Mg interc. 8.9 meq/100 gr suelo; CIC 36.0 meq/100 gr -



suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.1; pH (KCl): 6.1; Na interc. 0.84 meq/100 gr suelo; K interc. 0.37 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

C . 35 a 75 cm de prof.; café grisáceo oscuro en seco - (10YR 4/2) y en húmedo café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); Arena migajosa (76.6-18.4-5.0); sin estructura; - pedregosidad abundante, grava (7 cm ø) redondeada fuerte reacción al HCl; respuesta al alófono; Materia orgánica 2.0%; Ca interc. 23.0 meq/200 gr suelo; Mg interc. 15.3 meq/200 gr suelo; CIC 23.2 meq/100 gr suelo; pH - (H<sub>2</sub>O): 7.8, pH (KCl): 6.8; Na interc. 0.17 meq/100 gr suelo; K interc. 0.17 meq/100 gr suelo: PSB > 80%; Transición marcada.

IIC. 75 a 110 cm de prof.; gris en seco (10YR 5/1) y en húmedo gris oscuro (10YR 4/1); Arena migajosa (84.6-10.3-5.1); sin estructura, pedregosidad abundante, grava - (5 a 7 cm ø) redondeadas; fuerte reacción al HCl, fuerte respuesta al alófono; Materia orgánica 1.7%; Ca interc. 24.0 meq/100 gr suelo; Mg interc. 11.8 meq/100 gr suelo; CIC 29.6 meq/100 gr suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 8.0; pH - (KCl): 6.8; Na interc. 0.49 meq/100 gr suelo; K interc. 0.20 meq/100 gr suelo; PSB > 80%; Transición marcada.

IIIC. 110 a 120 cm de prof.; café grisáceo en seco (10YR 5/2) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2); Migajón arenoso (76.2-11.6-12.2); sin estructura, dominante pedregosidad (>60%) grava muy pequeña (< 7 cm ø) redondeada, fuerte reacción al HCl; fuerte respuesta al alófono; -

Materia orgánica 2.2% Ca interc. 26.0 meq/100 gr suelo;  
Mg interc. 17.8 meq/100 gr suelo; CIC 27.7 meq/100 gr  
suelo; pH (H<sub>2</sub>O): 7.4, pH (KCl): 6.4; Na interc. 0.47  
meq/100 gr suelo; K interc. 0.16 meq/100 gr suelo; PSB  
> 80%.

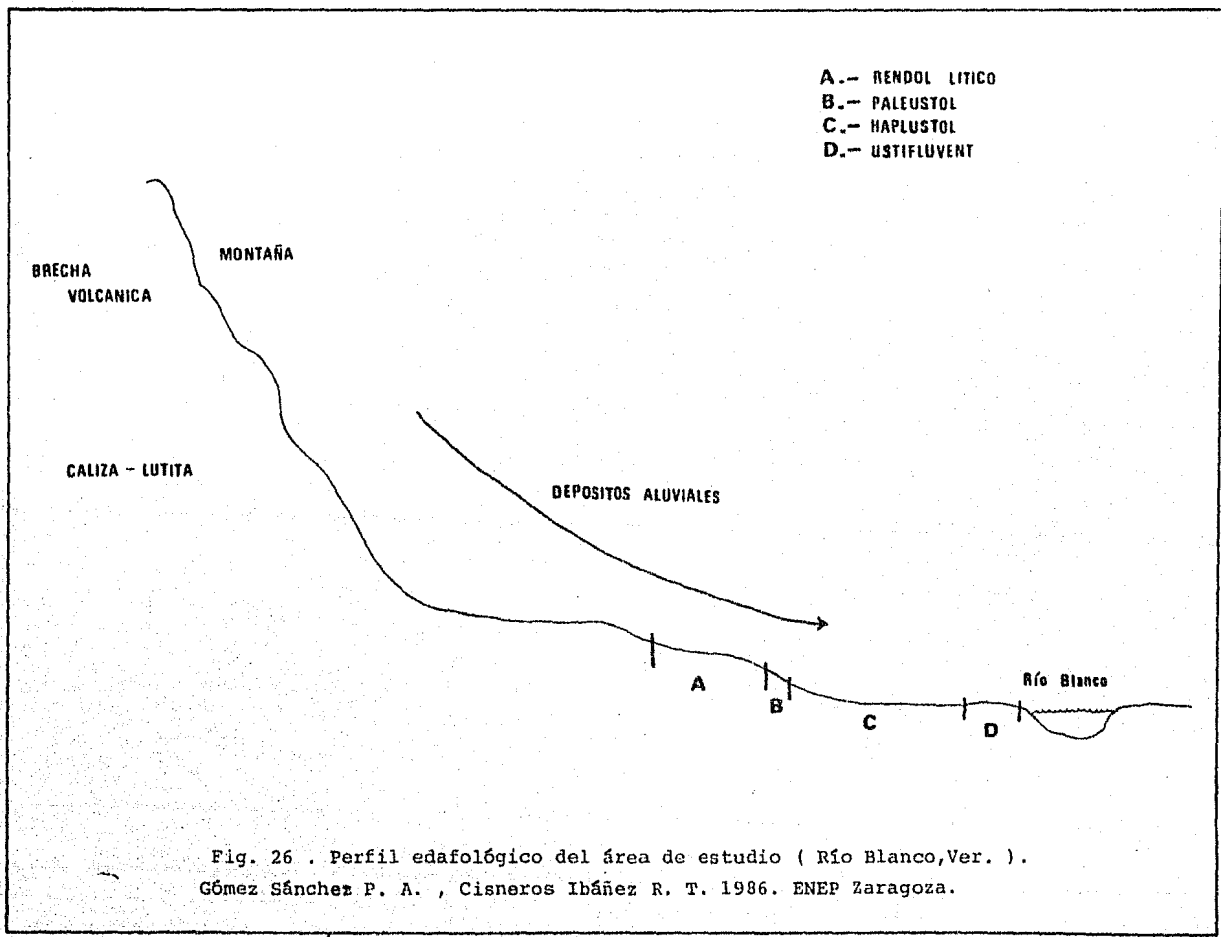


Fig. 26 . Perfil edafológico del área de estudio ( Río Blanco, Ver. ).  
 Gómez Sánchez P. A. , Cisneros Ibáñez R. T. 1986. ENEP Zaragoza.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados en los análisis de las mues tras de los pozos, los niveles de nitrógeno total corresponden a valores altos, son suelos ricos en este nutrimento, además en el área de estudio se manifestaron 3 zonas.

- El fósforo asimilable se encontró en niveles medios y bajos, cada nivel forma una zona en el área de estudio.

- El potasio intercambiable registrado también en las - muestras de los pozos, corresponde a concentraciones muy bajas, no manifiesta alguna zonación en el área de estudio.

- La alcalinidad registrada en estos suelos no es provoca da por sales de sodio, sino por la presencia de carbonatos y - bicarbonatos de calcio y magnesio.

- Predominan las texturas medias -específicamente migajón limoso- ofreciendo condiciones físicas y químicas en el suelo favorable tanto para el crecimiento de las plantas como para - trabajarlos.

- El área de estudio posee suelos ricos en materia orgá- nica, riqueza favorecida por la vegetación de pastos, textura media y clima, esta riqueza ofrece ventajas físicas y químicas al suelo.

- La abundancia del calcio en los suelos analizados pue- de provocar deficiencias de micronutrientes en las plantas, - tales como el Fe, Mn, Cu, Zn y B. Sin embargo, ofrece ventajas tanto físicas (mejoramiento de textura, estructura, etc), como

químicas (capacidad de retención, impide lixiviación de humus, etc.) y biológicas (estimula actividad de bacterias, actividad de materia orgánica y nitrógeno), además su abundancia anula el riesgo de deficiencias de calcio y la toxicidad del aluminio en estos rangos alcalinos de pH.

- Agrícolamente son suelos temporaleros, climáticamente corresponde a una zona templada subhúmeda, con lluvias de verano y en el concepto estricto de fertilidad estos suelos son medianamente fértiles.

- La mayoría de los perfiles pertenecen a un mismo Orden: Molisol (perfiles I, II, III y IV) y el perfil V pertenece al Orden Entisol.

- De acuerdo a los análisis de los perfiles y según Millar (1979), los perfiles I, III y IV corresponden a suelos que están entrando en la etapa de madurez, ya que presentan la formación del horizonte B y los perfiles II y V son suelos inmaduros por tener horizontes A y C.

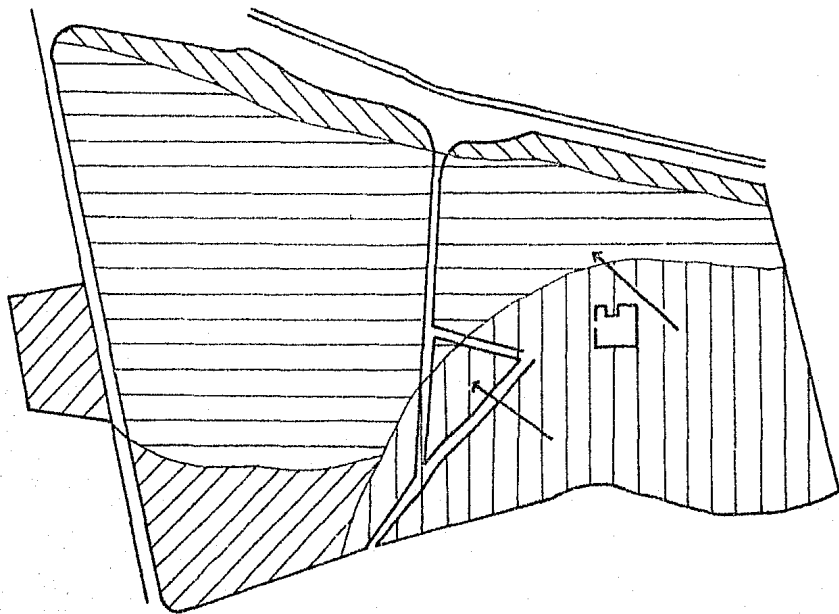
- De acuerdo a los pozos analizados se tienen 3 zonas importantes (Fig. 25):

Zona I. Suelos caracterizados por el perfil I -Molisol: Haplustol- y pozos 2,4 al pozo 12: con fertilidad natural considerable; suelos profundos, con drenaje adecuado, estructura granular, migajosa, de color oscuro, porcentaje de espacios porosos adecuado, suelos débilmente alcalinos, con calcio abundante, ricos en materia orgánica, el nitrógeno total aunque no corresponde a la parte asimilable no deja de ser un almacén potencial

en niveles considerables, con fósforo asimilable en niveles me  
dios y potasio intercambiable en cantidades bajas.

Zona II. Suelos caracterizados por el perfil II -Molisol: Ren  
dol lítico- y los pozos 13 al 21: con fertilidad natural defi-  
ciente; suelos poco profundos, texturas finas en suelo superfi  
cial y arenosa cerca del material de origen, muy ricos en mate  
ria orgánica y nitrógeno total, estructura en pequeños bloques  
subangulares, pH débilmente ácido en la superficie y alcalino  
cerca de la roca caliza, con fósforo asimilable y potasio inter  
cambiable en niveles bajos. Sus limitaciones son físicas y quí  
micas, entre ellas la poca profundidad del suelo (no alcanza -  
1 m de profundidad), drenaje insuficiente, estructura que permi  
te rápida infiltración de humedad que podría ocasionar secamien  
to, calcio en niveles extraordinarios que inducirá deficiencias  
de micronutrientes en plantas, además de que el fósforo y el -  
potasio se encuentran en niveles bajos.

Zona III. Suelo caracterizado por el perfil V Entisol-Ustiflu  
vent- y los pozos 1 y 3; suelos con escasa fertilidad, esta zo-  
na constituye una pequeña franja que limita al sureste el área  
de estudio con el subafluente del río Blanco (subafluente que  
ahora es un pequeño canal de aguas negras); son suelos donde se  
alternan las texturas gruesas y finas, el color también cambia  
de tonos claros a oscuros de un horizonte a otro de manera -  
irregular, careciendo de un horizonte de diagnóstico. La pedre  
gosidad, el drenaje inadecuado, poca profundidad, textura grue  
sa predominantemente, significan limitaciones considerables pa  
ra uso agrícola, entre otras consecuencias presenta baja reten  
ción de agua y nutrimentos.



Ustifluent  
Rendol lítico  
Haplustol  
Paleustol  
Pendiente 2%

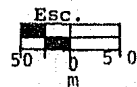


Fig. 25 . Mapa edafológico del área de estudio ( Río Blanco, Ver. ) .  
Gómez Sánchez P. A. , Cisneros Ibáñez R. T. 1986 . ENEP Zaragoza.

### SUGERENCIAS

De acuerdo a las características edafológicas y climáticas del área de estudio se sugieren varios cultivos que tienen probabilidad de éxito en la zona I; entre ellos se encuentran: el sorgo, cebada, avena, maíz, centeno, frijol, soja, alfalfa, trébol, remolacha azucarera y zacates. Con respecto a la zona II -suelos someros-, por las limitaciones ya descritas, se podrían utilizar para plantas forrajeras perennes destinados a heno y pastos, a reserva de que sólo es una posible alternativa ya que realmente las limitaciones citadas se manifestarán contundentemente cuando se realice el trabajo en campo.

Por otro lado, existe la alternativa de convertir ese rancho en un sistema de producción agrícola y ganadero; las dimensiones de tal proyecto -ya sea para autoabastecimiento o para mercado de la región- serán determinadas según los intereses de los propietarios, ya que una explotación conjunta de suelo y ganado necesita de un proyecto programado debidamente, es decir:

- Establecer sistemas de rotación de cultivos forrajeros de leguminosas y gramíneas.
- Dichos cultivos serán utilizados principalmente para alimentación del ganado.
- Elegir el ganado, por ejemplo el bovino, ya sea lechero o de cría.
- Así, los productos agrícolas servirán para alimentar al ganado y por ser agricultura de temporal se tienen que reco



nocer dos factores: espacio y tiempo para mayor eficiencia en la utilización del período de lluvias y disponibilidad de tierra.

La otra alternativa es establecer cultivos asociados - múltiples, para el mercado de la región como maíz-frijol calabaza, maíz-chicharo- caña de azúcar-frijol, para mejor aprovechamiento del suelo y del agua, menor riesgo de sequías y erosión, plagas y enfermedades.

En la zona I, donde se detectaron niveles bajos de potasio intercambiable, serán necesarios fertilizantes con potasa para superar esta deficiencia.

En la zona II, para evitar la erosión podrían someterse a cultivos que toleren las limitaciones que posee este suelo, o inclusive disminuirlas con ciertas medidas como agregar fertilizantes fosfatados y con potasa, de tal forma que la cantidad de fósforo aplicada no sólo sea fijada como compuestos de calcio sino que quede en posibilidad de asimilarse, con trabajos de laboreo podrían minimizar los efectos de la estructura en bloques de tal forma que facilite el desarrollo de raíces (arado de subsuelo), aclarando que no será posible utilizar implementos agrícolas grandes por la poca profundidad del suelo.

En el caso de la zona III, habría que adicionar materia orgánica para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo.

### RECOMENDACION GENERAL

- En el manejo del suelo no sólo es importante su estudio como tal, del cual se conozcan sus características físicas y químicas, sino también los cultivos, rotación de los mismos, fertilizantes y los cuidados incluidos de antemano, el uso del estiércol, residuos de cultivos, plantas verdes, etc.

- De ninguna manera un mapa de suelo es un reflejo exacto de cómo es o cómo debe ser la agricultura, a partir de un mapa de suelos no puede pedirse que se traduzca inmediatamente en consejos prácticos sobre el uso de la tierra, considerando que se necesitan más estudios que permitan catalogar la potencialidad agrícola del suelo.

- El valor de un suelo depende del fin para el que se usa, distinguiendo entre la capacidad de un suelo dada para un uso particular y su posibilidad para tal uso, sin perder de vista la habilidad operatoria que modifica la productividad del suelo.

- Los mapas de suelo son usados principalmente para ayudar a indicar, por una parte, las zonas donde el suelo sea tan bueno que, si es posible, debería reservarse para la agricultura o la horticultura, y por otra parte, de zonas en las que el suelo es de carácter inferior y podría ser destinado para usos urbanos o industriales (Hall, 1953).

Por lo arriba expuesto se debe recordar que los resultados obtenidos en el presente trabajo son una mera aproximación a la realidad, ya que el suelo no es una entidad muerta, se en

cuentra en cambio permanente, así la siguiente etapa es realizar una investigación de campo y laboratorio, hasta entonces, si el suelo es sometido a un sistema de producción, programando los cultivos, posible establecimiento de ganado, etc. sería favorable entonces realizar una serie de análisis no sólo edafológicos, también socio-económicos para poder emitir un modelo de agroecosistemas acorde a la región, que sirviera como estímulo entre los habitantes de la misma.

BIBLIOGRAFIA

- ASEGURADORA NACIONAL AGRICOLA Y GANADERA, S. A., 1966. Análisis Agropecuario de Veracruz. México, pp. 62-63.
- ALEXANDER, M., 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor, pp. 355-371.
- BANCO DE COMERCIO, S. A., 1957. La economía del Estado de Veracruz. Colección de Estudios Regionales. México, - pp. 9-10.
- BAVER, F. E., 1958. Suelos y Fertilizantes. Omega, Barcelona, 458 p.
- \_\_\_\_\_, 1965. Soil and relation to crop growth. Reinhold Pub. Corp. New York, 295 p.
- BLACK, C. A. 1965. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1 y 2. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Winconsin, U.S.A. 1569 p.
- \_\_\_\_\_, 1975. Relaciones Suelo-Planta. Hemisferio Sur. Argentina, Tomo I, 444 p., Tomo II, 866 p.
- BONNET, J. A. 1968. La ciencia del suelo. San Juan Pto. Rico, 249 p.
- BOUYOUCOS, G. J. 1936. Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method. Soil Sci. 42:25-30.
- BRAY, R. H. and L. T. KURTZ, 1945. Determination of total, - organic and available forms of phosphorus in soils. - Soil Sci. 59: 39-45.
- BROWER, J. E. y J. H. ZAR, 1979. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Publishers. - Iowa, pp 54-58.

- BUCKMAN, H. O. y N. C. BRADY, 1977. Naturaleza y Propiedades de los suelos. Montaner y Simon. Barcelona, 590 p.
- BUOL, S. W., et. al., 1981. Génesis y Clasificación de Suelos. Trillas. México, 417 p.
- CAJUSTE, L. J., 1977. Química de suelos con enfoque agrícola. C. P. Chapingo. México, 278 p.
- CHAPMAN, H.D., 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. México, 195 p.
- CHAVEZ, A. J. M., 1951. Estudio Agropecuario de la Parte Central del Estado de Veracruz. Tesis Profesional, Chapingo. México.
- CODAS, A. S. 1971. Manual de laboratorio para análisis de suelos. Univ. Nal. de Asunción. Paraguay, 49 p.
- COREY, R. B. 1967. Prácticas de Química de Suelos. 97 p.
- CUANALO DE LA CERDA, H. 1975. Manual para la descripción de - perfiles de suelo en el campo. C.P., E.N.A., Chapingo, México, 40 p.
- DE ALBA, J. 1968. Diagnóstico de las Ciencias Agrícolas en México. La productividad ganadera y el desarrollo de la economía mexicana. Centro Nal. de Productividad.
- DUCHAUFOR, P. 1970. Manual de Edafología. Barcelona, España. 476 p.
- E.U.A. Soil Conservation Service. 1975. Soil Taxonomy. A - Basic System of Soil Classification for making and Interpreting Soil Surveys. Soil Survey Staff. U. S. Department of Agriculture. 754 p.

- FIGUEROA, J. 1934. Los problemas de México. Posibilidades de la Ganadería Mexicana. Tomo I: 33 p.
- FITZPATRICK, E. A., 1984. Suelos, su formación, clasificación y distribución. CECSA. México.
- GAVANDE, S. A., 1976. Física de suelos, principios y aplicación. LIMUSA. México, 351 p.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, 1975. Comité Promotor de Desarrollo Socioeconómico del Estado de Veracruz. México.
- GOBIERNO DE VERACRUZ, \_\_\_\_\_. Cartografía a nivel estatal y de zonas de la entidad veracruzana. Sección complementaria del volumen I. Promoción Industrial del Estado de Veracruz. Universidad de Veracruz.
- GOMEZ, P. A. 1978. Ecología de la Vegetación del Estado de Veracruz. CECSA. México, 91 p.
- GONZALEZ, G. A. 1941. Introducción al estudio de los suelos. Industrial Gráfica. México, 484 p.
- GRANDE, L. R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Univ. Autón. de Sn. Luis Potosí. México, 74 p.
- HALL, A. D. 1953. Estudio científico de suelos. Aguilar. Madrid, España, 340 p.
- HUBBELL, D. E. 1969. Técnica agropecuaria aplicada a zonas tropicales. Trillas. México, 369 p.
- INSTITUTO DE GEOLOGIA, 1970. Reseña del Estado de Veracruz. Univ. Nal. Autón. México, pp 20-24.

- IOWA STATE UNIVERSITY, 1983. Manual de Agricultura. CECSA. - México, 639 p.
- JACKSON, M. L., 1976, Análisis químicos de suelos. Omega.Barcelona, España, 662 p.
- JOHNSON, L. J., 1979. Introductory soil science. McMillan - Publ. Co. New York, 287 p.
- KOHNKE, H., 1968. Soil Physics. McGraw-Hill Book Co. 224 p.
- KONONOVA, M. M., 1961. Soil organic matter. Its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Pergamon Press. New York, 450 p.
- LAIRD, R. J. y R. NUÑEZ, 1965, Fertilidad de suelos. 2a. ed. - E.N.A. Chapingo. México, 211 p.
- LOPEZ, R. E., 1981. Geología de México. Tomo III. 2a. ed. - Edición escolar. pp. 106-117.
- LOPEZ, R. J. y J. LOPEZ MELIDA, 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. 3a. ed. Mundi-Prensa. Madrid, 333 p.
- LYON, T. L. y H. O. BUCKMAN, 1956. Edafología, naturaleza y propiedades del suelo. CECSA. México, 479 p.
- MACIAS, V. M., 1970. Estudio de los suelos de la República Mexicana. Chapingo, México, 176 p.
- MARQUEZ, S. F., 1977. Sistemas de Producción Agrícola (Agroecosistemas). Apuntes. Univ. Autón. Chapingo, pp.4-34.
- MELA, M. P., 1963. Tratado de Edafología. Agrociencia. 2a. ed. Zaragoza, España, 615 p.
- MILLAR, C. E., et. al., 1979. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. CECSA. México, 527 p.

- MUNSELL SOIL COLOR CHART, 1975. Edition Munsell Color Company Inc. Maryland, U.S.A.
- OCHSE, J. J., et al., 1965, Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. LIMUSA. Vol. II. México, 855-1536.
- OLSEN, S. R., et al., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. - Dept. Agr. Circ. 939.
- ORTEGA, T. E., 1978. Química de suelos. Univ. Autón. Chapingo, Depto. de Suelos, Chapingo, México, 152 p.
- ORTIZ, V. B., 1980. Edafología. 3a. ed. Univ. Autón. Chapingo, México, 331 p.
- RITAS, J. L. y M. LOPEZ, 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- RUIZ BELLO A. y E. TORRES ORTEGA, 1979, Prácticas de laboratorio de Química de suelos. Univ. Autón. Chapingo, México, 77 p.
- RUSSELL, J. y W. RUSSELL, 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4a. ed. Aguilar. Madrid, España, 801 p.
- S.A.R.H., 1977. Perspectivas del Desarrollo Agroeconómico del Estado de Veracruz. México, pp. 35-61.
- \_\_\_\_\_, 1978. Métodos para el análisis físico y químico de suelos, aguas y plantas. México. 2a. ed. No. 10, 201 p.
- \_\_\_\_\_, 1981. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el Estado de Veracruz. Campo Agrícola Experimental Cotaxtla, Veracruz. México.



- SECRETARIA DE ECONOMIA, 1950. Compendio Estadístico del Estado de Veracruz. Dirección Gral. de Estadística. México.
- SOIL CONSERVATION SERVICE, 1973. Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. U. S. Department of Agriculture. Trillas. México, 90 p.
- STALLINGS, T. H., 1952. El suelo, su uso y mejoramiento. CECSA México.
- TAMHANE, R. V., 1979. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Diana. México, 483 p.
- THOMPSON, L. M., 1952. El suelo y su fertilidad. Reverté. México.
- TEUSCHER, H. y R. ADLER, 1980. El suelo y su fertilidad. CECSA. México, 510 p.
- TISDALE, S. L. y N. WERNER L., 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon. Barcelona, España, 760 p.
- WALKLEY, A., 1946. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils effect of variations in digestion conditions and of inorganic soils constituents. Soil Sci., 63: 251-263.
- WORTHEN, E. L., 1959. Suelos agrícolas (su conservación y fertilización) 2a. ed. UTEHA. México, 415 p.