

00361

17
Zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS
PROPIEDADES FISICAS E HIDRICAS ENTRE
LOS ANDOSILES DE CULTIVO Y BOSQUE
DEL COFRE DE PEROTE, ESTADO DE
VERACRUZ, MEXICO."**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A

ENRIQUE MEZA PEREZ

DIRECTOR DE TESIS

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DR. DANIEL ROBERT ARMAND GEISSERT KIENTZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

MIEMBROS DEL JURADO

PRESIDENTE: M. en C. NICOLÁS AGUILERA HERRERA
PROFESOR EMÉRITO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

PRIMER VOCAL: M. en C. NELLY DIEGO PÉREZ
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

SEGUNDO VOCAL: DRA. NORMA EUGENIA GARCÍA CALDERÓN
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

TERCER VOCAL: DR. DANIEL ROBERT ARMAND GEISSERT KIENTZ
INSTITUTO DE ECOLOGÍA A.C.

SECRETARIO: M. en C. MIGUEL ÁNGEL VALERA PÉREZ
INSTITUTO DE CIENCIAS UAP

SUPLENTE: DRA. KLAUDIA OLESCHKO LUTKOVA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA UNAM

SUPLENTE: M. en C. SILVIA MARÍA DE LA PAZ SÁNCHEZ BELTRÁN
INSTITUTO DE GEOLOGÍA UNAM

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se hizo posible gracias al apoyo moral, económico y logístico de varias instituciones y personas, entre otras:

A las autoridades del Instituto de Ecología A. C. por el apoyo recibido durante el proceso de trabajo, asimismo al CONACyT (0796-N9110) por el apoyo económico para la realización del estudio. Al Jefe del Área de Suelos del Departamento de Diagnóstico Regional Dr. Daniel R. A. Geissert Kientz por haber aceptado dirigir este trabajo; a la jefa del Departamento de Diagnóstico Regional Dra. Margarita Soto Esparza; Rosalinda Ramírez Chang y María de Jesús Luna Monzalvo; A la jefa del Laboratorio de Suelos M. en C. María de Lourdes Cruz Huerta, Téc. Ninfa Portilla; Lic. en Inf. Lamberto Aragón Axomulco y equipo.

A las autoridades del Instituto de Geología, UNAM, al jefe del Departamento de Edafología M. en C. Sergio Palacios Mayorga; a la M. en C. Silvia M. de la Paz Sánchez Beltrán y equipo de trabajo.

A las autoridades del Departamento de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias de la UNAM, Coordinación de estudios de Posgrado; Coordinadora del Departamento de Biología, Dra. Norma E. García Calderón.

A los Miembros del jurado por haber aceptado revisar y corregir el trabajo.

Al Dr. Jean Pierre Rossignol y familia de la ENITH de Francia por sus orientaciones y amistad de tantos años; Dr. Paul Quantin de ORSTOM por la revisión de los datos y orientación; Dr. Didier Dubroeuq de ORSTOM por la revisión de los datos y las sugerencias en campo y gabinete.

A los familiares, amigos y conocidos: José Marcial Meza Meneses, Andrea Rodríguez Montaña, Margarito Meza Meneses; Petrita Libreros (qepd), Dolores Barillas de Utrera, Biol. Elsa María Utrera Barillas y familia; Achis (qepd), Amparo Sosa de Villalobos, Biol. Marcela Villalobos Sosa y familia; Biol. Luis Enrique García Barrios, Lic. María Teresa Ramos Masa, Ing. Michelle Dorce Donnacien; Biol. Elizabeth Cervantes, Biol. Abel Mondragón; Med. Hortencia Meza Arellano y Med. Severiano López Delgado y familia; Tec. Vicente Meza Arellano y familia; Biol. Gabriela Carmona, Biol. María de Lourdes Godinez Guevara y familia; Geog. Rafael Gutiérrez, Lourdes Patricia Flores Lepe y familia; Arq. Rafael Palma Grayeb y familia; Dr. Jorge López Portillo; Ing. Thierry Duchenne, Ing. Anne Biarnes y familia; Biol. Magda Gómez Columna, M. en C. María Elena Medina Abreu, Biol. María Esther Ortiz García, Quim.

Aracely Gutiérrez, y Biol. Fernando Ortega familia; M en C. Adolfo Campos Cascardó, M. en A. Emilia Velázquez y Biol. Fernando Ramírez.

A todos ellos que me han distinguido con amistad, confianza y apoyo para emprender tareas, a veces, muchas de ellas no han sido concluidas. Sin embargo los errores u omisiones del trabajo son solo responsabilidad del autor.

**La tierra no es de la humanidad sino la
humanidad es de la tierra o del suelo
al momento del balance energético.**

Anónimo

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
1. ANTECEDENTES	5
1.1 Las propiedades físicas de los suelos	5
1.1.1 Las propiedades hídricas.....	10
1.1.2 Las constantes de humedad y uso del suelo	11
1.1.3 Los suelos en función del uso.	
Importancia de los suelos forestales	
La deforestación	15
1.2 Características generales de los Andosoles. Definición y origen	17
1.2.1 Distribución en México	19
1.2.2 Estudios sobre los suelos de Ando	19
1.2.3 Características físicas, mineralógicas, hídricas y químicas	23
2. ESTUDIO DE LOS ANDOSILES EN EL COFRE DE PEROTE	29
2.1 Hipótesis, Justificación y Objetivos	29
2.2 Materiales y Métodos de Trabajo	30
2.2.1 Selección de la zona de estudio	30
2.2.2 Trabajo de campo.....	30
2.2.3 Trabajo de Gabinete	31
2.2.3.1 Laboratorio	31
2.3 Marco de Referencia	33
2.3.1 Fisiografía, Estratigrafía, Litología y Geoformas	33
2.3.2 Paisajes Geomorfoedafológicos	38
2.3.3 Clima, Hidrografía y Edafología	39
2.3.4 Uso del suelo. Vegetación. Actividades agropecuarias	50
3. RESULTADOS	54
3.1 Características de los Andosoles del Cofre de Perote	55
3.1.1 Andosoles Úmbricos	57
3.1.1.1 Definición	57
3.1.1.2 Distribución	57

3.1.1.3 Análisis de perfiles (Morfología, análisis químicos y clasificación)	57
3.1.1.3.1 Uso del suelo de bosque	57
3.1.1.3.2 Uso del suelo de Agrícola	61
3.1.2 Andosoles Hápticos.....	66
3.1.2.1 Definición.....	66
3.1.2.2 Distribución	67
3.1.2.3 Análisis de perfiles (Morfología, análisis químicos y clasificación).....	67
3.1.2.3.1 Uso del suelo de bosque	67
3.1.2.3.2. Uso del suelo de Agrícola	71
3.2 Propiedades analizadas de los perfiles	74
3.2.1 Químicas (m.o., pH y CIC)	74
3.2.2.1 Físicas (Granulometría, Texturas, Densidades y Porosidad)	86
3.2.2.1.1 Hídricas (Permeabilidad, Estabilidad Estructural, Constantes de Humedad, Humedad estacional, Retención de Agua e Índice de Irreversibilidad).....	91
4. DISCUSIÓN	126
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
6. BIBLIOGRAFÍA	129
7. ANEXOS, GLOSARIO Y CLAVES USADAS.....	138
8. ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1	ANDOSOLES EN EL ESTADO DE VERACRUZ	P. 20
FIG. 2	LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	P. 34
FIG. 3	UNIDADES GEOMORFOEDAFOLOGICAS	P. 40
FIG. 4	CLIMOGRAMA DE PEROTE	P. 42
FIG. 5	CLIMOGRAMA DE TEMBLADERAS	P. 43
FIG. 6	PRECIPITACIÓN Y RÉGIMEN DE HUMEDAD	P. 44
FIG. 7	TEMPERATURA Y HELADAS	P. 46
FIG. 8	PERFIL ALTITUDINAL DE ANDOSOLES	P. 49
FIG. 9	PERFIL ALTITUDINAL DE VEGETACIÓN	P. 51
FIG. 10	MATERIA ORGÁNICA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 75
FIG. 11	MATERIA ORGÁNICA EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 77
FIG. 12	pH DE ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 78
FIG. 13	pH EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 79
FIG. 14	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 81
FIG. 15	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 82
FIG. 16	PARTICULAS DE ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 83
FIG. 17	PARTICULAS EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 85
FIG. 18	DENSIDAD EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 87
FIG. 19	POROSIDAD EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 88
FIG. 20	DENSIDAD EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 89
FIG. 21	POROSIDAD EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 90
FIG. 22	PERMEABILIDAD EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 92
FIG. 23	PERMEABILIDAD EN ANDOSOLES HÁPLICOS	P. 93
FIG. 24	HUMEDAD ESTACIONAL PEROTE	P. 99
FIG. 25	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL ÚMBRICO DE BOSQUE	P. 100
FIG. 26	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL ÚMBRICO DE BOSQUE	P. 101
FIG. 27	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL ÚMBRICO DE BOSQUE	P. 102
FIG. 28	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL ÚMBRICO CULTIVO	P. 103
FIG. 29	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL ÚMBRICO CULTIVO	P. 104
FIG. 30	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL HÁPLICO	P. 106
FIG. 31	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL HÁPLICO CULTIVO	P. 107
FIG. 32	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL HÁPLICO DE BOSQUE	P. 108
FIG. 33	HUMEDAD ESTACIONAL EN ANDOSOL HÁPLICO CULTIVO	P. 109
FIG. 34	INDICE DE IRREVERSIBILIDAD EN ANDOSOL ÚMBRICO	P. 110
FIG. 35	INDICE DE IRREVERSIBILIDAD EN ANDOSOL HÁPLICO	P. 111

FIG. 36	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	P. 113
FIG. 37	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS DE BOSQUE	P. 114
FIG 38	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS DE BOSQUE Y CULTIVO	P. 115
FIG. 39	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS BOSQUE	P. 116
FIG. 40	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS CULTIVO	P. 117
FIG 41	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS BOSQUE Y CULTIVO	P. 118
FIG. 42	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS BOSQUE	P. 120
FIG 43	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES UMBRICOS CULTIVO	P. 121
FIG. 44	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS BOSQUE	P. 123
FIG. 45	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS BOSQUE	P. 124
FIG 46	RETENCION DE AGUA EN ANDOSOLES HÁPLICOS BOSQUE	P. 125

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	CLASES DE ESTABILIDAD, ENCOSTRAMIENTO Y EROSION	PAG.	8
TABLA 2	ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS ANDOSOLES	PAG.	23
TABLA 3	DISTRIBUCIÓN DE PERFILES.	PAG.	55
TABLA 4	DISTRIBUCIÓN DE PERFILES SEGÚN SATURACIÓN DE BASES	PAG.	56
TABLA 5	TEXTURA EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	PAG.	84
TABLA 6	TEXTURA EN ANDOSOLES HÁPLICOS	PAG.	84
TABLA 7	ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN ANDOSOLES ÚMBRICOS	PAG.	94
TABLA 8	ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN ANDOSOLES HÁPLICOS	PAG.	95
TABLA 9	CONSTANTES DE HUMEDAD DE ANDOSOLES ÚMBRICOS	PAG.	96
TABLA 10	CONSTANTES DE HUMEDAD DE ANDOSOLES HÁPLICOS	PAG.	97

Resumen

En el presente estudio se compararon las propiedades físico-químicas e hídricas de los andosoles del Cofre de Perote dedicados al cultivo y al uso forestal y se comprobó si las modificaciones del uso del suelo alteran dichas propiedades.

Se realizaron tomas de muestra en la vertiente húmeda y seca para ambos tipos de uso durante la época lluviosa y de sequía. Se consideraron observaciones en campo de acuerdo a la guía de la FAO (1977) y se determinaron las propiedades físicas, químicas e hídricas empleando las técnicas de laboratorio indicadas para este tipo de suelos para 12 perfiles de la zona de estudio.

Se encontraron diferencias entre los andosoles úmbricos (zona húmeda) y los háplicos (zona seca) en cuanto a materia orgánica, densidad aparente, porosidad, retención de agua y agua aprovechable.

Se demostró que los cambios de uso del suelo de forestal a agrícola provocan modificaciones en algunas propiedades como: la disminución de la materia orgánica, aumento de la porosidad, disminución de la estabilidad de los agregados, disminución de la permeabilidad, disminución de la retención de agua y del agua almacenada.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de intemperismo físico que desintegran las rocas en pequeños fragmentos por la expansión y la contracción, son resultado, en el caso de las zonas frías, del esfuerzo ocasionado por el enfriamiento y derretimiento del agua; la penetración de las raíces y el pulido y machacado de las partículas abrasivas, ocasionadas por el movimiento del hielo, el agua y/o el viento, aunque en las zonas tropicales sean otros los factores que ocasionan los mismos resultados. Dan origen al sistema disperso suelo formado por tres fases: la sólida (50%), compuesta principalmente por materia orgánica e inorgánica incluyendo micro y macroorganismos animales y vegetales; la fase líquida (25%), que es principalmente agua y iones disueltos; y la fase gaseosa (25%), denominada aire del suelo y cuya composición es similar aunque no igual, a la del aire sobre la superficie del suelo (Hillel, 1980; Arias, 1988). Las interrelaciones físicas y químicas entre las tres fases están afectadas principalmente por la temperatura, la presión y la luz (Baver, *et al.*, 1972; Hanks y Ascroft, 1980).

Debido a lo anterior, las cualidades del suelo son un complejo atributo que actúan de distinta manera para una clase determinada de uso, para el aprovechamiento de la humedad, aumento de la resistencia a la erosión o para el uso adecuado de los implementos agrícolas.

El suelo es un recurso natural no renovable a partir del cual se obtiene la mayor parte de los productos útiles a la humanidad. Un manejo inadecuado altera varias de sus propiedades físicas, por ejemplo conforme este manejo inadecuado sea más intenso provocará: menor permeabilidad y más susceptibilidad al escurrimiento y a pérdidas por erosión. La erosión de suelos es el fenómeno que más modifica a un ecosistema, se calcula que a nivel mundial existe una pérdida entre 5 y 7 millones de hectáreas por año. En México, este fenómeno ha tenido mayor avance en los últimos años de tal forma que hoy afecta a más del 90% del territorio (Maass y García, 1990).

El estudio del aprovechamiento del agua en el suelo en general se ha concentrado en zonas de riego con alta tecnología y cultivos muy rentables, sin embargo para zonas montañosas que son la mayor superficie del país y para bosques específicamente se le han dedicado escasos estudios.

En México el aprovechamiento racional de los suelos tiene como principal limitante el desconocimiento de su potencial productivo natural. Una de las partes que interviene en dicho potencial natural en términos ecológicos, debido a la influencia que ejerce sobre el crecimiento, desarrollo y productividad vegetal, es la

cantidad de agua en el suelo (Chávez, 1993). Si se considera además que gran parte del territorio mexicano está catalogado como semidesértico y que por lo tanto, la disponibilidad de agua es baja (solamente se cuenta con el 0.1% del total de agua dulce del mundo) es fundamental disponer de elementos más precisos para la planeación y manejo adecuado de los recursos edafológicos e hidrológicos del país.

Las propiedades físicas del agua en el suelo son las responsables de la transmisión de la energía potencial que pueda ser distribuida durante todo su recorrido por el gradiente de la cuenca, a las plantas y animales y al suelo mismo para su desarrollo. El papel del agua en el suelo es preponderante por la posición de interfase entre la atmósfera, la planta y el sustrato geológico. El suelo en la superficie intercepta la lluvia y reparte el agua entre el escurrimiento y la infiltración. Constituye un lugar de almacenamiento e interviene en la producción agropecuaria como en la regulación del ciclo hidrológico. Es asimismo un lugar de tránsito del flujo hídrico hacia las reservas profundas y hacia la atmósfera en respuesta a un clima extremo. En su movimiento el agua es un vehículo de sustancias en solución exógenas o endógenas las cuales juegan un papel en la formación y desarrollo de los suelos, en la nutrición de las plantas y eventualmente en la contaminación de los mantos. (Bonneau y Souchier, 1979).

Con respecto a los suelos de cenizas volcánicas se ha visto que tienen propiedades físicas que difieren de los grupos de suelos arcillosos o arenosos; contienen altas cantidades de agua, bajas densidades y alta mesoporosidad (Maeda y Warkentin, 1975). En el presente estudio se abordan las propiedades físicas de los suelos originados de cenizas volcánicas como una contribución al conocimiento de los suelos de alta montaña.

1. ANTECEDENTES

1.1 Propiedades físicas de los suelos

El estudio del sistema suelo-agua es complejo, diversos especialistas han desarrollado teorías y conceptos en relación a las propiedades físicas, hídricas y químicas, durante por lo menos un siglo (Kohnke, 1968).

Los sólidos del suelo

El suelo tiene la propiedad de retener agua contra la gravedad, que se manifiesta a través del drenaje; por esa razón se puede considerar como un almacén de agua. La cantidad de agua que queda en un suelo después del punto de marchitez es variable de un suelo a otro.

La fase sólida del suelo está compuesta por una asociación estrecha de constituyentes orgánicos e inorgánicos, los cuales forman el esqueleto del suelo y con la disposición de las partículas sólidas determina la porosidad, la estructura y la densidad aparente del suelo (Gavande, 1987).

La materia orgánica ejerce gran influencia sobre las propiedades físicas del suelo tales como: la estructura, penetración y retención de agua además de la composición.

La materia orgánica junto con la arcilla, tienen muchas propiedades coloidales como la alta capacidad de intercambio, es un regulador coloidal que aglutina a los suelos arenosos para formar agregados y afloja a los suelos arcillosos compactados. En general mejora la retención de agua y al mismo tiempo produce condiciones que mejoran la infiltración y el drenaje (Gavande, 1987).

Los constituyentes inorgánicos son importantes porque son elementos que no cambian dentro del tiempo ordinario y en condiciones normales. Donde se da una relación básica entre el tamaño de las partículas y su superficie específica.

Los constituyentes inorgánicos en buena medida están representada por las partículas que conforman la textura del suelo.

Las arenas son partículas gruesas con área de superficie más baja por unidad de masa del suelo. Las arcillas tienen grandes cantidades de partículas y mucha mayor área superficial. Los suelos arenosos tienen grandes espacios porosos y pocos poros de tamaño pequeño que un suelo de origen arcillosos constituido de partículas finas.

La Textura, Estructura y Estabilidad de Agregados

La textura es importante no sólo para caracterizar al suelo sino porque proporciona información sobre su potencial de fertilidad, al conocer la proporción de partículas existentes. La porción mineral del suelo está compuesta por partículas de varios tamaños, formas y composición química. Los tamaños van desde dimensiones coloidales, hasta las fracciones más gruesas de arena y grava, sobretodo las primeras pueden estar en completa dispersión o en formas de agregación casi perfecta o de granulación, sin embargo en la mayor parte de los suelos existe solamente una agregación parcial de las diversas partículas (Baver, *et al.*, 1972).

Las principales partículas son las arcillas, limos y arenas, las dos últimas se pueden distinguir de acuerdo al sistema de clasificación del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). La partícula de arcilla es de superficie tensiactiva; las partículas de arena y limo no muestran actividad física notable, por lo tanto los suelos arenosos tienden a ser áridos normalmente y están sujetos a la lixiviación excesiva. Los suelos arcillosos son plásticos y pegajosos cuando están mojados, y se contraen al secarse; son poco permeables al agua y tienen deficiente aereación (Baver, *et al.*, 1972). Hay una correlación significativa entre constantes de humedad y distribución de tamaño de partícula como arcilla y arena. (Lal, 1979).

La estructura

La estructura del suelo se define como el arreglo de las partículas primarias en partículas secundarias (agregados), las cuales expresan una serie de condiciones que se encuentran en el medio. Otra propiedad que tienen desde el punto de vista agrícola, es la capacidad que tienen los granos de retener su forma cuando se humedecen y de permitir el paso del agua a través del suelo (estabilidad estructural).

Los factores que influyen en la formación de los agregados son la cantidad de materia orgánica, la cantidad y actividad de los coloides del suelo y el tipo de iones intercambiables asociados a los coloides (Arias, 1988).

Los suelos bien estructurados con un tamaño apropiado de agregados, tienen unidades estructurales granulares duras y no se hinchan ni se destruyen cuando se mojan; la influencia de la mojadura en la estructura la pone de manifiesto la permeabilidad intrínseca al agua con la permeabilidad al aire. Si los agregados fueran completamente estables (situación ideal) : la razón sería igual a 1. También toda o la mayor parte del agua que sale es reemplazada por aire en los espacios porosos.

La estructura del suelo afecta al crecimiento de las plantas por los factores de aereación, compactación, relaciones de agua y temperatura, como por ejemplo, en el crecimiento de las plantas, debido a su influencia en el aire y agua del suelo. Cuando la concentración de CO₂ se concentra y la de oxígeno muy baja se retarda el crecimiento (Gavande, 1987).

La estabilidad estructural

La estructura del suelo y su estabilidad gobiernan las relaciones suelo-agua, aereación, encostramiento, infiltración, permeabilidad, flujo interno y externo, penetración de la raíz, pérdida de nutrientes para las plantas y por lo tanto de la productividad potencial del suelo. La estabilidad estructural implica una pérdida de la porosidad, de la continuidad del poro o ambas. Su medida implica diferenciar propiedades físicas del suelo en la que se demuestra resistencia a los factores externos provocados por el agua o por otros agentes mecánicos (Bear y Bruce, 1993).

La degradación del suelo se define como "Los procesos que rebajan la capacidad actual y potencial del suelo para producir cuantitativa o cualitativamente bienes y servicios".

La estabilidad de los agregados con respecto al agua para muchos suelos depende de la materia orgánica, donde los agentes de enlace se pueden dividir en tres clases: a) los transitorios, b) los temporales y c) los persistentes. Los primeros son realizados por los polisacáridos, los segundos por las hifas de los hongos sobre las raíces y los terceros por cationes metálicos polivalentes con componentes asociados resistentes aromáticos (Young, 1990).

Las raíces estabilizan a los macroagregados (> 250 micrómetros de diámetro) del suelo (rotaciones de cultivo), por el crecimiento de las raíces de las plantas cultivadas y la oxidación del carbón orgánico. La estabilidad de los microagregados depende de los agentes de enlace orgánicos persistentes, que al parecer forman parte de las características del suelo independientemente de su manejo (Tisdall y Oades, 1982).

Dentro de los factores que contribuyen a la degradación de la estructura se encuentran, en orden de importancia los siguientes: la humedad del suelo antes de las heladas, las condiciones de formación del hielo, el apelmazamiento del suelo y la finura de las partículas.

Los mecanismos de desagregación por agua son físicos y químicos pueden afectar diferentes niveles de la estructura del suelo y también a las interacciones entre partículas de arcillas de los fragmentos de suelo. Se pueden identificar cuatro mecanismos principales: 1) *explosión* es decir la desagregación por compresión de aire atrapado mientras se realiza la humectación, 2) *desagregación mecánica* bajo el impacto de las gotas de la lluvia, 3) *microfisuración* por inflación diferencial y 4) *dispersión* físico-química (Le Bissonais y Le Souder, 1995).

El tamaño, cantidad y estabilidad de los agregados encontrados en los suelos, reflejan una condición ambiental que incluye factores, que pueden dificultar la agregación de las partículas del suelo (ciclos húmedo-seco; aumento de la materia orgánica) y otros que causan su ruptura (cultivo del suelo o bioturbación).

La degradación en la superficie del suelo se expresa por la formación de una costra, decremento de la entrada de agua, incremento del escurrimiento superficial y como consecuencia una aceleración de la erosión hídrica. En el subsuelo se puede expresar por un endurecimiento o una compactación general, lo cual conduce a una disminución del almacenamiento de agua, un bajo aprovechamiento de la misma, el desarrollo débil de las raíces.

Se han hecho propuestas sobre el grado de estabilidad pero aquí sólo se tomó en cuenta la de Le Bissonais y Le Souder, 1995 que lo hacen en función del diámetro medio ponderado (DMP) como se ve en la tabla siguiente:

Tabla 1. CLASES DE ESTABILIDAD, ENCOSTRAMIENTO Y EROSIÓN EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE DIÁMETRO MEDIO PONDERADO DESPUÉS DE LA DESAGREGACIÓN (Le Bissonais y Le Souder, 1995)

DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (MM)	ESTABILIDAD	ENCOSTRAMIENTO	ESCURRIMIENTO Y EROSIÓN DIFUSA
<0.4	Muy inestable	Sistemático	Riesgo importante y permanente en todas las condiciones topográficas
0.4-0.8	Inestable	Muy Frecuente	Riesgo frecuente en toda situación
0.8-1.3	Moderadamente Estable	Frecuente	Riesgo variable en función de los parámetros climáticos y topográficos
1.3-2.0	Estable	Ocasional	Riesgo limitado
>2.0	Muy Estable	Muy Raro	Riesgo muy débil

Porosidad y Permeabilidad

La velocidad de difusión de los gases en el suelo está en relación directa con la porosidad llena de aire. La difusión de gases a través del suelo y el cambio con la atmósfera son muy pequeños cuando la porosidad llena de aire es menor a 10%; porque los poros no son continuos de tal manera que afecta a las plantas para la respiración. El tamaño de los poros y las condiciones del drenaje determinan la porosidad llena de aire, lo mismo que el encogimiento y el hinchamiento. En suelos con mal drenaje, aún los poros más grandes estarán llenos de agua y el suelo tendrá aereación inadecuada (Gavande, 1987).

Los poros del suelo forman un sistema continuo pero complejo de espacios de diferentes tamaños, que por lo general constituyen del 30 al 60 % del volumen total del suelo. Estos poros puede estar completamente llenos de agua, como en los suelos saturados, o de aire, como en los suelos secos o insaturados. La mayor parte de los suelos están, por lo normal, llenos por una parte de aire y por otra parte de agua. La continuidad del contenido de agua de un poro a otro es muy importante respecto al movimiento del agua y sales en el suelo.

Los capilares del suelo no son uniformes y rectos, por la forma irregular, dejan espacios irregulares; se agregan en grumos y terrones separados unos de otros por cavidades, y el suelo esta repleto de canaliculos o túneles formados o bien por las raíces de las plantas que se han descompuesto, o por la fauna. En general la porosidad del suelo aumenta si está cultivado y después del laboreo. Su papel es muy importante con respecto al agua que cae sobre la superficie terrestre y no se escurre, puede evaporarse, filtrarse o quedar retenida por cierto periodo en los poros de los suelos.

La infiltración y la permeabilidad están muy relacionadas con el tamaño de poros y la estabilidad de los poros, la estabilidad de las unidades estructurales. En los suelos que tienen grietas grandes, la infiltración puede ser alta, sin embargo puede cambiar en la medida que se hinchen o se llenen de agua.

La influencia de la mojadura en la estructura la pone de manifiesto la proporción de la permeabilidad intrínseca al agua, con respecto a la permeabilidad al aire. Si los agregados fueran completamente estables, la razón sería igual a 1 (Situación ideal). La permeabilidad es una propiedad cualitativa que se refiere a la facilidad con que los suelos transmiten fluidos. Cuantitativamente es la propiedad del medio poroso que es independiente del fluido usado para medirla y su viscosidad.

1.1.1. Las propiedades hídricas

El sistema agua-suelo involucra su caracterización en términos de la infiltración, evaporación y drenaje (Nielsen, *et al.* 1972). El estudio de las propiedades hídricas del suelo datan del siglo XIX. En el mundo de la investigación, Schubler (1833) fue pionero en estudiar las propiedades físicas del suelo y Darcy H. (1856) estableció la teoría de flujo de agua, bajo condiciones de saturación.

Posteriormente en 1879 y 1898 Wollny publicó 20 volúmenes acerca de las propiedades físicas del suelo y su relación con el crecimiento de los cultivos, las respuestas a fertilizantes y los efectos de la lluvia y el relieve en la productividad de los suelos. Por otro lado Buckingham en 1905 realizó un trabajo sobre el comportamiento del flujo y equilibrio del agua del suelo publicado en 1907, que suministró las bases físicas de los procesos isotérmicos del agua del suelo.

Richards (1931) desarrolló la ecuación que lleva su nombre, donde establece la cantidad de agua que se mueve en el suelo mediante un balance de masa, además diseñó aparatos para medir el contenido de humedad y la tensión del agua en el suelo (Arias, 1988).

El agua a diferencia de los alcoholes, no forman una capa monomolecular definida sobre las partículas de arcilla, son láminas o películas delgadas de grosor y forma muy irregular. Tienen un ángulo de humedecimiento con estas partículas y con las películas de agua absorbida sobre ellas igual a cero, y puede probablemente existir en capilares de un grosor de unas pocas moléculas solamente, los cuales son tan finos, que en la mayor parte de los suelos, el agua estaría en capas multimoleculares adsorbidas.

El agua es medio de transporte y disolvente para los nutrientes de las plantas, fuente de hidrógeno, moderador de la temperatura del suelo y de la aireación, así como agente de disolución de sustancias tóxicas de los suelos, además de jugar un papel preponderante en la génesis de los suelos mediante la hidrólisis (Sánchez, 1987). Asimismo, el papel del agua en los suelos es importante porque contribuye a la formación de sus horizontes mediante la descomposición de los minerales los cuales son aprovechados por plantas y microorganismos que contribuyen al enriquecimiento del suelo. En estos mecanismos de funcionamiento, el agua es de primordial importancia pues las plantas se desarrollaran mejor si tienen buenas condiciones de intercambio de gases en sus raíces, y si tienen suficiente superficie específica de las arcillas para absorber minerales y agua del suelo. Los coloides juegan un papel muy importante en el intercambio de iones tanto en la planta como en el suelo, ya que la mayor actividad física, química y

biológica se lleva a cabo en la interfase coloide-solución, catalizando reacciones.

La capacidad de retención de agua es a menudo estimada a partir del potencial mátrico a 0.3 y 15 Bares determinado en el laboratorio como se indica mas adelante (Richards, 1947 *cit in* Black *et al*, 1965).

La capacidad de retención hídrica de un suelo depende de la cantidad de poros capilares y su estructura; en el subsuelo el agua se presenta de manera diferente, así existe agua que circula libremente cómo la que esta fija fuertemente en las estructuras cristalinas de los minerales. La tensión con la que está retenida se puede considerar como una propiedad del tipo de suelo y su cuantificación permite relacionar parámetros, que se ligan con el crecimiento de especies vegetales (Aguilera y Martínez, 1990).

1.1.2. Constantes de humedad y uso del suelo

Las relaciones fundamentales entre el agua y el suelo se da en la energía potencial del agua retenida, y el contenido de humedad del suelo. La energía de retención de agua es diferente para cada tipo de suelo. Es una propiedad física del suelo que aún no es comprendida totalmente con respecto a sus relaciones con el contenido de agua, el estado energético y los procesos que implican gradientes de energía en los sistemas del suelo y agua (Baver, *et al.*, 1972). Además, en el caso de suelos estratificados (horizontes de propiedades diferentes), el registro del contenido de humedad es generalmente discontinuo; mientras que el registro del potencial matricial (m) es continuo.

Esto lleva a conocer mejor el potencial del agua que el contenido de humedad, pero es más fácil medir el contenido de humedad que el potencial del agua, lo cual lleva a la necesidad de encontrar relaciones entre el potencial matricial (o succión, también llamado pF medido en Bares, Atmósfera principalmente) y el contenido de humedad.

El suelo seco se expande al mojarse e inversamente el suelo húmedo se contrae al secarse. En el suelo húmedo se puede sacar el agua al comprimir; en el suelo seco se ejerce una gran presión cuando se está humedeciendo.

La retención y el movimiento del agua en el suelo y en las plantas supone transferencias de energía de diversos tipos, catalogados de manera general como energía libre del agua. En la interfase agua-aire, la tensión superficial puede ser la única fuerza que retenga el agua en los suelos, como resultado de una mayor atracción de las moléculas del agua entre sí que entre ellas y el aire.

El agua tiende a moverse de una zona de alta energía libre a una de energía libre baja o sea, de un suelo húmedo a un suelo seco. Sin embargo, el grado de movimiento depende de las diferencias que existen en los estados energéticos (potenciales) entre las dos zonas.

Los términos succión y tensión se utilizan como expresiones positivas de las fuerzas de dos potenciales negativos que son el resultado de la atracción del suelo por el agua.

La energía necesaria para eliminar el agua de los poros del suelo o la que procede de la atracción de las partículas del suelo puede medirse aplicando succión a una muestra de suelo saturado colocado sobre una membrana permeable. Dicha succión es expresada en atmósferas o Bares, también conocida como pF.

Las fuerzas que afectan la energía libre del agua del suelo son: la atracción de los sólidos del suelo por el agua mediante la adsorción y la capilaridad, llamada fuerza mátrica, y la atracción de los iones y otros solutos por el agua, dando como resultado las fuerzas osmóticas. Ambas tienden a reducir la energía libre del suelo, y una tercera fuerza, la gravitacional, que actúa sobre el agua del suelo, tendiendo a moverla desde la parte alta a la parte baja.

El potencial total del agua del suelo es la suma de las fuerzas mátrica, osmótica y gravitacional, además de otras fuerzas secundarias.

Los suelos retienen el agua de dos modos: en los intersticios, poros o capilares que existen entre las partículas sólidas, y por la absorción sobre las superficies sólidas de las partículas de arcilla y de materia orgánica. Para medirla se usan términos que son puntos o constantes de equilibrio, como capacidad de campo, equivalente de humedad, coeficiente higroscópico y punto de marchitez permanente, la mayoría de ellos son hipotéticos.

La intensidad con que el agua es retenida en el suelo en agua absorbida puede medirse en unidades de succión. La intensidad con que un líquido es retenido en un capilar puede definirse también en términos de la diferencia entre la energía libre del líquido en el capilar y en el recipiente, o sea la zona de cambios de la energía libre entre un suelo seco y uno húmedo y uno muy húmedo es tan grande, la unidad más conveniente sería el logaritmo de la diferencia de energía libre expresada en centímetros, el cual se llama pF.

El intervalo de variación está entre pF 7 para un suelos desecado en la estufa y un pF 2 para otro húmedo bien avenado, pasando por el pF 4 para un suelo en los límites del coeficiente de marchitamiento.

Existen algunas relaciones entre la humedad y el pF o succión, una es que si la humedad permanece constante pero la temperatura del suelo aumenta, la succión del agua en el suelo disminuye a causa de que la tensión superficial en el menisco aire-agua disminuye con el aumento de la temperatura.

La capacidad de campo (CC) como se define en el glosario del final de este capítulo se utiliza para describir la cantidad de agua que se retiene en el suelo después del drenaje del agua gravitacional y se ha interrumpido el movimiento hacia abajo (hipotéticamente), es un concepto excelente para expresar el límite mínimo de humedad del suelo disponible para las plantas. Factores como la macroestructura, textura y contenido de materia orgánica influyen en los resultados.

Para un suelo a su capacidad de campo, la fuerza de succión es equivalente a la presión de una columna de agua de 1000 cm. de altura, que es la altura del barómetro de agua a la presión atmosférica normal.

El punto de marchitez permanente (PMP) es una de las relaciones fundamentales en el estudio del agua en el suelo, es la relación que existe entre la energía potencial del agua retenida por el suelo y el contenido de humedad ya que la energía de retención de cierto contenido de agua es diferente para cada tipo de suelo. Se define en el glosario al final de este capítulo.

Agua disponible

La cantidad de agua almacenada en el suelo está influida, entre otros factores, por la textura del suelo, desarrollo estructural, características del perfil y contenido de materia orgánica (Unger, 1975).

En algunos suelos dicha capacidad de almacenamiento puede incrementarse por modificaciones del perfil y la profundidad del cultivo . Las modificaciones del perfil o la profundidad del barbecho aumenta la capacidad de retención de agua almacenada en suelos de textura fina. Las características de retención de agua de cada suelo deben ser determinadas por datos reales para dichos suelos. Generalmente se usan suelos tamizados porque es más fácil determinar la capacidad de almacenaje, que con suelos sin tamizar como cuando se usan los nucleadores. Sin embargo, la cantidad de agua retenida por el suelo tamizado puede diferir marcadamente (Unger, 1975).

Un suelo típico puede almacenar 25 cm. de agua en una profundidad de 100 cm. de suelo por largo tiempo. Las raíces de las plantas pueden extraer la mitad del agua almacenada, de 10 a 40 cm. de agua en 100 cm. de espesor del suelo.

La capacidad de retención alude al agua que puede retenerse en los poros capilares del suelo, se llama retención porque esta agua se retiene en el suelo y no contribuye de manera directa en el flujo de corriente ni al aprovisionamiento del agua subterránea. El agua de retención es el agua contenida en los poros no capilares temporalmente.

Las constantes de humedad y el crecimiento de las plantas

Las constantes de humedad del suelo indican, al mismo tiempo que evalúan las relaciones entre el agua del suelo y la planta en crecimiento, el volumen de agua utilizable o disponible.

La vegetación en general usa el agua disponible siempre y cuando el suelo esté convenientemente aireado de modo que las raíces puedan realizar sus funciones de intercambio de gases y nutrientes además del agua en la mayor extensión de su superficie específica en forma adecuada. En la práctica, las plantas no pueden absorber y utilizar el agua disponible, a menos que el suelo esté convenientemente aireado de modo que las raíces puedan realizar sus funciones en forma adecuada. Por lo tanto el agua en el suelo viene a ser utilizable cuando aproximadamente el 10 % del volumen total del suelo está ocupado por aire. Por debajo de este valor, el agua está libre y prontamente disponible hasta que todos los espacios porosos no capilares se vean desprovistos de agua (la succión de las raíces de la planta compite con la fuerza de la gravedad).

Por debajo de este estado, cerca de dos quintas partes (40%) del agua remanente retenida en los poros capilares está disponible hasta que se llega al coeficiente de marchitamiento, por debajo del cual cesa por completo la absorción de agua por las raíces de la mayoría de las plantas de cultivo.

El agua disponible y utilizable en un suelo, es de 10% por debajo de la capacidad de saturación y se extiende a través del ámbito no capilar y por una distancia en el ámbito capilar sin llegar al coeficiente de marchitamiento. La diferencia de la fuerza de succión del agua varía, entre $pF 0$ y más o menos $pF 3.5$. Cuando el contenido de humedad de un suelo está en su punto de saturación, las plantas no pueden desarrollar normalmente su sistema de raíces, debido a la falta de oxígeno. A medida que un suelo saturado se reduce por el drenaje o secado, el aire ocupa los espacios porosos no capilares, y alcanza el 10% de los poros, las

raíces pueden crecer libremente y el suelo se halla en condiciones de mantener vivas las plantas silvestres y las cultivadas. (Corey y Blake 1953).

Conforme disminuye el límite del espacio poroso no capilar y aumenta el aire, las raíces pueden crecer aún más rápidamente, cuando la humedad no capilar está completamente absorbida; aumentos ulteriores de agua provienen de poros cuyas dimensiones están dentro del rango de capilaridad.

La relación que se establece entre el espacio radical y el agua disponible de un suelo húmedo es importante porque conforme seca el suelo por debajo de su capacidad de campo, el movimiento del agua es más lento y llega a cesar casi por completo. Las raíces pueden, entonces, crecer hacia donde se encuentra el agua en un gradiente hidrotópico de humedad, en la suposición que los poros son lo suficientemente grandes para permitir el paso de las mismas.

1.1.3. Los Suelos en función del uso. Importancia de los suelos forestales. La Deforestación.

A nivel mundial la tasa de deforestación varía según el lugar, pero lo que es generalizado es que altera los ciclos del agua y del carbón a nivel global y regional. Muchos bosques de Latinoamérica han sido transformados en pastizales lo que ha provocado cambios ambientales muy importantes en los últimos 25 años, como la incineración de masas que aumentan la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera; a nivel local el azolvamiento de cuencas de ríos y fuertes cambios microclimáticos. Con esto la naturaleza junto con las poblaciones son afectadas en sus actividades productivas (Hecht, 1993).

La deforestación afecta al bosque en la disminución de la biomasa, al germoplasma y a los suelos en términos generales, provoca eliminación de los mecanismos bióticos de reciclamiento de nutrientes, una disminución de la humedad, ampliación de la oscilación térmica, aumento de la escorrentía y transferencias edáficas, como acidificación, adelgazamiento de la capa superficial del suelo, deslaves y erosión de los terrenos en pendientes bajo la acción de las intensas lluvias y de la luz solar. La transformación de bosque a pasto reduce la evapotranspiración e incrementa el potencial de escurrimiento alterando los patrones regionales del ciclo del agua (Buschbacher, 1986).

En los bosques las propiedades del suelo pueden ser clasificadas en dos categorías, aquellas de efectos directos sobre el crecimiento de la masa forestal y aquellas que los afectan indirectamente y los principales factores del suelos relacionados con la calidad del sitio 1 son: profundidad del horizonte A, la del suelo

total, las características físicas del subsuelo (permeabilidad, retención de humedad, aereación, textura, contracción y dilatación), propiedades físicas del suelos (espacio poroso, textura), materia orgánica (incorporación del humus cambiando la estructura y porosidad), características químicas (nutrimentos limitantes) (Peña, 1980).

La función del agua del suelo en el manejo de los bosques es muy importante porque un gran porcentaje de tierras que son muy húmedas o muy secas para el uso agrícola son dedicadas a la silvicultura (Pritchett, 1986).

Es importante mantener la cubierta forestal por el valor ecológico que tiene en la captación del agua, pues una estructura montañosa con cubierta forestal contribuye al abastecimiento de acuíferos con fuertes pendientes, protege suelos con alto grado de erodabilidad y abundante precipitación de forma torrencial. En los sitios en que se ha perdido la cubierta forestal se desprenden grandes volúmenes de suelo que forman lodos, azolvando manantiales y tuberías urbanas. Ayuda a evitar la pérdida de suelo por la reducción de la tasa de descomposición de la materia orgánica por efecto de la sombra, mantienen o aumentan las propiedades físicas del suelo (estructura, porosidad, capacidad de retención de humedad y permeabilidad) a través de la combinación de la materia orgánica y los efectos de la raíz. La captación de humedad del bosque es mayor que la de un pastizal (Young, 1990; Dhoore, 1959).

Otros de los resultados de los suelos expuestos al cultivo es la explosión de microorganismos fijadores de carbón libre o simbióticos dado que estos suelos son pobres en ellos.

Los árboles son los responsables de transportar los minerales nutritivos de la profundidad del suelo a la superficie y el humus que forman a su alrededor, ayudan a retener la humedad del suelo, proveen de nitrógeno a las plantas y de las diferentes formas del complejo de bases intercambiables (Young, 1990).

El agua interviene en las funciones fisiológicas de los tejidos de cada una de las partes de las plantas, como en el caso de la fotosíntesis donde el bióxido de carbono aumenta de la misma manera que el agua; además participa en el fenómeno de la osmosis en el cual se producen intercambios de sustancias disueltas en el agua para la nutrición de la planta. La germinación de las semillas depende de la humedad del suelo y hay una gran variación según la especie y tipo de suelo, En el período de transpiración intensa la marchitez aparece a veces en presencia de cantidad de agua relativamente elevada pero de poca movilidad, ya

que hay un máximo de desecación del suelo al contacto de las raíces y la circulación del agua puede resultar demasiado lenta para que la planta pueda llegar a compensar sus pérdidas (Demolon, 1972).

Los árboles mejoran las condiciones de los suelos porque mantienen o incrementan la materia orgánica captada vía humus, además por el intemperismo de las rocas localizadas en los horizontes B y B/C, toman el potasio, fósforo, bases y micronutrientes a través de sus raíces, con mayor eficiencia que los arbustos o las hierbas.

Las raíces de los árboles llegan a alcanzar en zonas secas hasta 4 y 5 metros de largo y en suelos húmedos y fértiles hay una variación de 60 cm. a 1 ó 2 m. Sirven de sostén y proveen de agua y sales minerales, las principales fuerzas que actúan sobre el sistema de las raíces son: peso del árbol, fuerzas laterales causadas por el viento y el propio peso por su inclinación.

Al poner en cultivo suelos con cubierta boscosa, se modifican bruscamente el curso normal de dos factores externos que son los que más activamente contribuyen al desarrollo de los suelos, el microclima y el medio biológico (Dhoore, 1959). Los cultivos afectan la porosidad, se han detectado cambios de un 5 a un 12% (Moreno *et. al.* 1986). Los efectos del cultivo se notan mejor en la estabilidad estructural, la estructura y la cohesión.

1.2. Características Generales de los Andosoles

Definición y origen

Los Andosoles se definen en el sistema FAO-UNESCO (1990) como suelos que presentan propiedades ándicas hasta una profundidad de 35 cm., como mínimo, desde la superficie y que tienen un horizonte A móllico o úmbrico, posiblemente por encima de un horizonte B cámbico, o un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico; sin otros horizontes de diagnóstico. Las propiedades ándicas es que son muy ligeros (baja densidad aparente), con alta capacidad de retención de agua y nutrientes, alta susceptibilidad a la erosión y fuerte fijación de fósforo. Son suelos recientes que se derivan de materiales volcánicos piroclásticos. (Baize y Girard, 1990).

Presentan además alófanos, baja fertilidad y alta retención de humedad en los primeros 40 cm. Las propiedades ándicas pueden resultar de dos procesos fundamentales de intemperismo biogeoquímico dependiendo del clima.

- 1) La hidrólisis de los vidrios volcánicos en clima tropical o subtropical produce minerales para-cristalinos (alofano, imogolita, ferrihidrita) sobre los cuales son absorbidos y estabilizados los ácidos húmicos.
- 2) La ácido-complejosis de materiales ricos en alúmina, en clima templado o frío produce complejos humus-Al-Fe saturados y estabilizados por el aluminio.

Los Andosoles presentan una estructura de microagregados muy porosa y muy friable que les confiere una baja densidad aparente y una baja plasticidad.

En su fracción coloidal dominan los complejos organo-minerales estables, muy higrófilos y con propiedades de geles. Los complejos están constituidos principalmente por minerales amorfos o paracristalinos alofano, imogolita, hinsingerita asociados con ácidos húmicos o formas de complejos Al-Fe-humus, así como una matriz dominada por vidrio con uno o más horizontes de diagnóstico o bien otro epipedon ócrico (Smith, 1978 *cit in*. Parfitt y Clayden, 1991). Estos complejos tienen propiedades de superficie muy desarrolladas y diversas, cargas variables y deshidratación irreversible. La alteración de dichos materiales debe ser rápida (Douchaufour, 1984).

En el caso del basalto volcánico se intemperiza en alofana y gibsita en la fracción de arcilla.

Los suelos de cenizas volcánicas de Hawai, Japón y Nueva Zelanda contienen minerales amorfos del grupo del alofano. Como se encuentran bordeando el estado amorfo, poseen una gran área específica, tiene gran capacidad de intercambio de aniones y cationes y contiene enormes cantidades de agua lo cual afecta la retención de la humedad del suelo (Lal y Greenland, 1979).

Características particulares que hacen que formen un orden independiente conocido como Andisoles (Icomand, 1991; Andosoles, FAO; Andepts, séptima aproximación). En FAO (1990) Se reconocen seis subunidades: háplicos, móllicos, úmbricos, vítricos, glécios y gélicos.

Los Andosoles reciben otros nombres tanto locales como internacionales: **Inceptisoles Andepts** en la versión de Soil Taxonomy Soil Survey Staff, (1987), **Andosoles** en la C.P.C.S. francesa (1967), **Trumaos**, Chile, **Black Dust Soils** o **Suelos de alta montaña** (Indonesia), **Suelos montañosos resbalosos** (Indias Orientales), **Suelos de alófano húmico** y **Kuroboku** (Japón) **Limos café amarillos** (Nueva Zelanda), **Andisoles** (Leamy, 1987). En México reciben varios nombres como **Tupuri** en Michoacán y **samagosos** en el Cofre de Perote, entre otros.

1.2.1. Distribución en México

Los suelos de origen volcánico en México que incluyen otros suelos además de los Andosoles, se extienden desde el nivel del mar hasta las cimas de los volcanes más altos, con lo cual cubren la mayor parte de climas, alturas, pendientes y usos.

La actividad volcánica, que existe sobretodo en el Eje Neovolcánico, dio origen a los principales volcanes como son: Popocatepetl (5452 m), Iztaccihuatl (5286 m), Nevado de Toluca (4558 m), Nevado de Colima (4304 m), Pico de Orizaba (5747 m), Tancitaro (3400 m), La Malinche (4960 m), Cofre de Perote (4200 m), entre otros, distribuidos en su mayor parte en los estados de México, Michoacán, Puebla y Veracruz (Etchevers, 1985).

Para el Estado de Veracruz los andosoles ocupan aproximadamente 605,176.65 has, distribuidos en las regiones de el Cofre de Perote, Pico de Orizaba, Huayacocotla y los Tuxtlas. Los Andosoles húmicos ocupan 431819.80 has, los Andosoles mólicos 38995.78 has y los Andosoles Ócricos 124770.62 has. (INEGI, 1984). Ver figura 1.

1.2.2. Estudios sobre suelos de Ando

A partir de este siglo los Andosoles han sido estudiados por numerosos investigadores en varios países, por ejemplo: Tsudo (1950), Ishizuka y Black, (1980), Wada y Aomine, (1973) en Japón; Colmet-Daage y Lagache, (1965), Segalen Quantin (1972), Quantin *et. al.* (1977), Hetier (1975) y Moinereau (1977) en Francia; Dudas y Harward (1975) en USA; Thouret, J.(1992) en Colombia. Estos autores los han abordado desde el punto de vista taxonómico, evolutivo, geomorfológico y en relación a sus propiedades físicas.

En México este tipo de estudios se inician con el maestro Aguilera (1955), en Tepatitlán, Jalisco, quien destacó la presencia de alofanos y la riqueza en aluminio intercambiable, el cual es responsable en gran parte, de la fijación del fósforo.

Para las zonas montañosas de México, hay un sinnúmero de trabajos realizados, como los que menciona Sánchez (1980): Villaipando (1968) y Hayama (1971) del Nevado de Toluca; Johnson (1970), en el Pico de Orizaba; Anaya (1962), Cortés (1966), Allende (1968) en la Malinche; Shimada (1972) en el Ajusco; García (1970), Vallejo (1969), otros para el Popocatepetl, así como el de Cuervo, 1979. Todos ellos con un enfoque de génesis y clasificación y de zonas agrícolas.

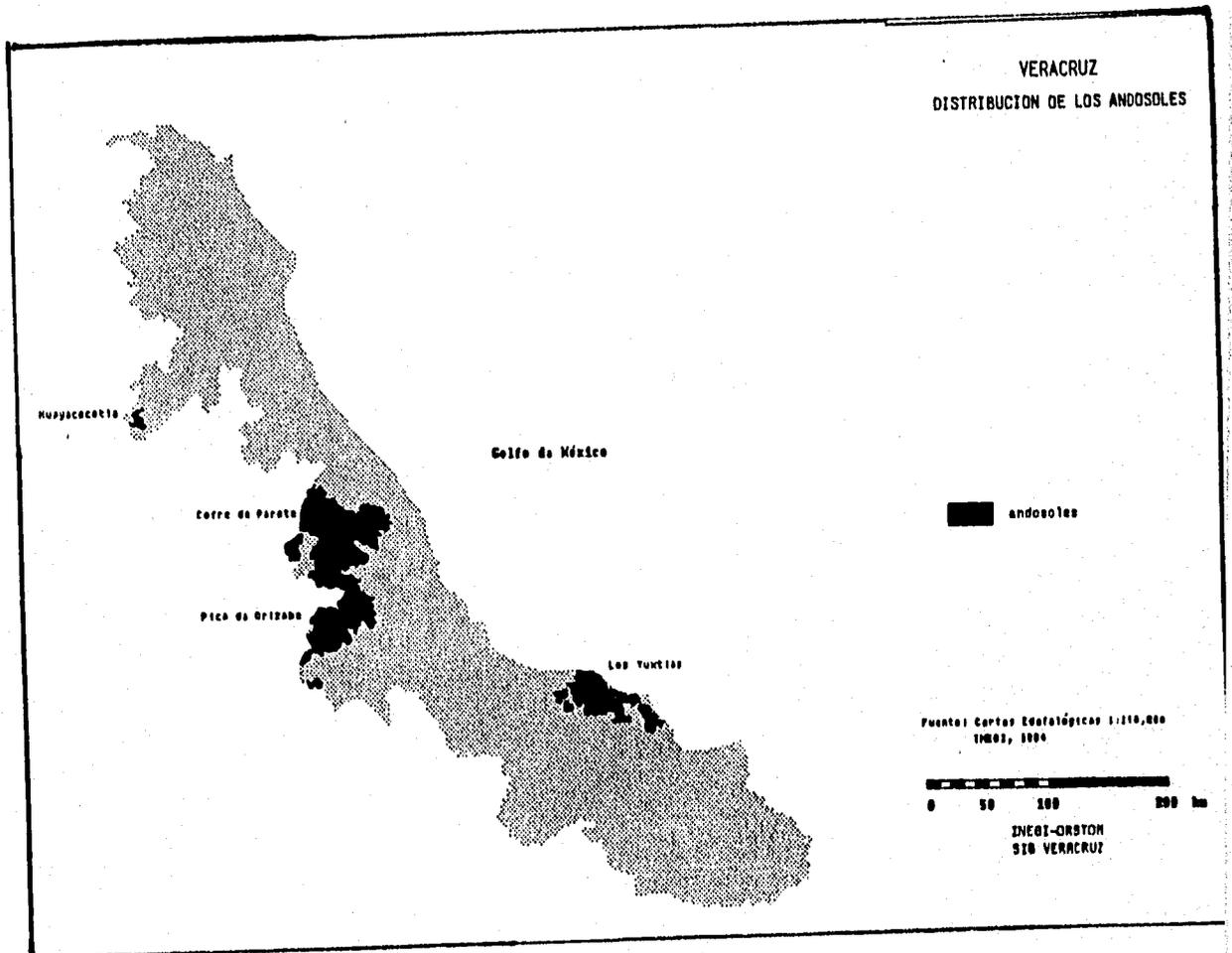


FIG. 1

Desde el punto de vista cuantitativo son escasos los estudios que relacionan el suelo con el bosque, como los de Gómez-Tagle (1985) y Chávez (1988; 1993).

Coile (1948) realizó un estudio de las relaciones de Pinus taeda y P. echinata con las características del suelo, encontrando la profundidad del horizonte A y el porcentaje de agua disponible en el horizonte B, frecuentemente relacionados con el crecimiento de la masa. En 1952, hizo una revisión exhaustiva sobre los índices de localidad relacionándolos con el suelo y topografía en Estados Unidos y concluyó: "La productividad del suelo para el desarrollo forestal está condicionada por la calidad y cantidad de espacio para el crecimiento de las raíces de los árboles".

Fernández-Paiva (1981) realizó el estudio de arenas volcánicas de dos localidades y reportó curvas de retención de humedad diferentes a las esperadas, en vista de que estas arenas retienen hasta el doble de lo correspondiente a su granulometría, comportándose como si fueran arcillas; se explica lo elevado de la humedad con base en la presencia de material amorfo (alófano) y en la microporosidad interna de las arenas y limos, que aumenta considerablemente la superficie de contacto. Concluyó que la presión aplicada para el desalojo del agua en el laboratorio no es la adecuada para estos suelos arenosos, puesto que la interfase agua-aire que se forma retiene la humedad en los microporos; sin embargo los pelillos absorbentes de las plantas pueden romper esta interfase y extraer el agua.

Cervantes y Cuevas (1981) estudiaron las relaciones de la humedad, textura, densidad, lámina de agua, materia orgánica y alofano en andosoles, con la morfología y distribución de raíces en plántulas de varias especies de coníferas en una localidad de Puebla; concluyen que no hay factor limitante para el desarrollo radicular dado que la humedad existente rebasa los valores de agua aprovechable.

Los suelos volcánicos tienen un potencial agrícola innegable. Aquellos que se han desarrollado a partir de materiales originales recientes, son bastante ricos y han sido cultivados de manera intensa, aquellos que provienen de rocas antiguas son menos ricos (especialmente si se trata de climas calientes y húmedos bajo los cuales se desarrollan los suelos ferralíticos), sin embargo poseen buenas características físicas por eso se les ha preferido para el cultivo (Zebrowski, 1992). Las características de la actividad volcánica tiene tanto efectos benéficos como detrimentales sobre la utilización del suelo. Las áreas volcánicas son dotadas con suelos fértiles por periodos cortos.

Se observó que en los Andosoles de la región de Uruapan Michoacán, existen una relación directa entre la captación de la humedad aprovechable, la capacidad de campo y la densidad (Chávez, 1993). La humedad de los Andosoles de Pátzcuaro, Michoacán está íntimamente ligada a las partículas del suelo, las cuales son poco alterables por lo tanto puede servir para caracterizar la humedad del suelo (Chávez, 1993).

Miehlich *et al* (1984) y Dubroeuq *et. al.* (1992) obtuvieron que la porosidad total varía desde valores de 55% hasta mas de 80% en volumen en Andosoles de la Sierra Nevada de México y el Cofre de Perote respectivamente.

Estudios de suelos en la zona del Cofre de Perote

Dada la importancia de la región se han llevado a cabo estudios de diversa índole, sin embargo, para los suelos existen solo contados trabajos.

Portilla (1980) describió las características físicas y químicas de los Andosoles húmicos en la localidad de Tembladeras. Posteriormente Rossignol *et al.* (1988) publicaron una cartografía detallada sobre las características de los suelos y su probable uso potencial de la vertiente húmeda del Cofre, pero dedican la mayor parte del trabajo a la zona cafetalera.

Espinoza (1984) presentó una metodología de análisis cuantitativo de la erosión hídrica potencial de la parte central de Veracruz con énfasis en el Cofre de Perote, Veracruz, con la cual se pudieron elaborar escenarios que permiten conocer la limitante física de un área específica para su mejor planeación.

Duchenne, y Biarnes. (1990, inédito) realizaron un estudio sobre los sistemas de producción en el municipio de Los Altos, enfocándolo hacia el aprovechamiento de la humedad en suelos cultivados con papa (Solanum tuberosum), concluyeron que un suelo trabajado superficialmente evapora menos agua que un suelo no trabajado. Por lo tanto es mejor hacer un trabajo en el suelo al fin del ciclo y una cruza al principio del ciclo siguiente. Dentro del mismo estudio se elaboró un mapa de los andosoles con su respectiva descripción (Meza, 1992, inédito).

Dubroeuq *et al.* (1992) realizaron un estudio sobre el comportamiento de los Andosoles negros. El agua que contienen sobresale por la enorme cantidad de agua que logran almacenar (353 l/m³) a 150 cm. de profundidad tienen una disponibilidad de 133 litros de agua útil para la vegetación o cultivos sin variación notable durante el año, funcionando junto con el material litológico como reservorios naturales.

Recientemente Geissert *et al.* (1994) elaboraron un mapa sobre los paisajes geomorfoedafológicos de la región del Cofre de Perote para la parte seca y húmeda, donde los Andosoles se clasifican para la vertiente húmeda como Andosoles húmicos (poco, moderado y profundos) y para la vertiente seca se clasifican como Andosoles ócricos.

La importancia del bosque del Cofre de Perote, con respecto al agua, fue puesta de manifiesto por Barradas (1983) al evaluar la captación de agua a partir de la niebla por parte del bosque y en particular de los árboles de (*Pinus radiata* y *P. montezumae*). Se demostró la importancia que juegan en el balance hidrológico de la región del Cofre de Perote, ya que un árbol de pino es capaz (potencialmente) de precipitar 57.9 l/h a partir de la niebla. El porcentaje de humedad es uno de los índices que tiene mejores resultados del suelo para manejo de los bosques de *Pinus patula* (De la O, 1983).

1.2.2 Características físicas, mineralógicas, hídricas y químicas.

A continuación se presenta una tabla de las características establecidas por Quantin en 1992, para los Andosoles. Tomamos algunos aspectos de referencia pues no todas las propiedades o mediciones coinciden con los suelos de la región del Cofre de Perote.

Tabla 2. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ANDOSOLES TROPICALES
(Quantin 1992)

DESATURADOS PERHIDRATADOS		CRÓMICOS
A11 A12 (B), IIB	HORIZONTES	A, A1 (B)
+++	PRUEBA DE FIEDES Y PERROT	+0++ O ++
24-34, 10-14 2-4	MATERIA ORGÁNICA %	6 a 17 1 a 4
0.2 a 0.5	DENSIDAD APARENTE g/ml	0.7 a 0.9
200-240, 190-285, 80-200	RETENCIÓN DE AGUA pF 3%	40 a 85
130-180, 140-240, 60-160	pF 4.2%	20 a 60
75 a 90	DESHIDRATACIÓN IRREVERSIBLE (IDI) %	35 a 65
150 a 260	SUPERFICIE ESPECIFICA m ² /g	30 a 190
5.5 a 6	pH en agua	6-6.5 6.5-7.5
-0.4 a 0.2	DELTA pH (KCL-H ₂ O)	-1 a 0.5
65 a 80	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO me/100 g	20 a 50 20 a 40
<50 <<50	SATURACIÓN DE BASES%	>50 >50

IDI.- La tasa de deshidratación irreversible parte de la retención en agua a pF3 casi después de la desecación al aire en % del valor inicial.

Físicas

- Algunos suelos que contienen alofano cambian drásticamente cuando pasan de húmedo a seco, por ejemplo cuando se secan se desmoronan y disminuyen de densidad aparente (0.3 a 0.85 g/cc), en ceniza volcánica poco alterada sube de 1 a 1.2 g/cm³, la densidad real va de 2.7 a 2.9 g/cm³ debido al alto contenido de óxidos de hierro aunque no exclusivamente.
- Hay una variación de tamaño de partículas desde arenas hasta muy pequeñas (100 Amstrongs), sin embargo, el análisis granulométrico se hace muy difícil, las características de absorción de la superficie dificulta la dispersión de los suelos (Swindale, 1964), los amorfos. Textura untuosa con poca o nulo contenido de arcilla (Tercinier y Quantin, 1968).
- La alta porosidad también se explica en estos suelos por la intensa exportación de materiales, producto de la intemperización en los horizontes inferiores de los perfiles, similar a una erosión interna (Miehlich, *et al.* 1984), presentan buena distribución del tamaño de poros, el espacio poroso está ocupado por aire, el drenaje es rápido cuando existen bajas tensiones de humedad en el suelo.
- Contienen agua disponible y no disponible y alta plasticidad. En condiciones de alta humedad el suelo se vuelve untuoso haciendo el acarreo de partículas más difícil, sin embargo cuando se secan se vuelven friables y son susceptibles al acarreo; los suelos secos presentan una gran cantidad de agregados en su estructura con un volumen relativamente grande de microporos (Peña, 1980).
- Los Andosoles presentan una permeabilidad rápida y pronto alcanzan la capacidad de campo debido a los grandes poros de los grandes agregados estables y con alta macroporosidad dentro de los agregados. (Baize y Girard, 1990).
- La natural estabilidad de los alofanos asociada a la riqueza de la materia orgánica y amorfos de sílice y aluminio da a los andosoles una estructura muy estable en agua. A su vez explica la elevada porosidad y su muy débil susceptibilidad a la erosión hídrica (Sánchez, 1976).
- Estos suelos presentan poca firmeza a disturbios mecánicos por la alta sensibilidad a cambios.

- Entre otras características hay que mencionar el punto de liquidez, desde el cual el suelo se convierte de pastoso a líquido, se logra con 160 a 250% de agua, mientras que en materiales ferralíticos se logra con 100% de agua solamente (Wesley, 1973 cit in. Dubroeuq *et. al.* 1992). A una fuerte compactación los suelos de pronto se vuelven fluidos, sin embargo en la mayoría de los Andepts no ocurre dicha situación (Swindale, 1970).

Los Oxisoles y los Andepts tienen estabilidades de los agregados parecidas aunque los agregados de los primeros son de mayor tamaño. Los Andepts tienen una extrema estabilidad estructural que se asocia al alto contenido de la materia orgánica, la cual está asociada con el alofano y mezclas de amorfos de sílice y óxidos de aluminio.

Mineralógicas

Los coloides juegan un papel muy importante en el intercambio de iones en la planta, ya que la mayor parte de la actividad física, química y biológica se lleva a cabo en la interfase coloide-solución, en la catalización de reacciones. Los minerales que intervienen con el proceso de retención de agua son los alófanos, la imogolita y la hisingerita (Wada y Greenland, 1970, cit. in Wada y Aomine, 1973, Wada y Hanward, 1974, cit. in Shoji *et. al.* 1993; Wada y Wada, 1977; Higashi, 1982).

Dichos minerales de rango corto y/o complejos de Al-humus son responsables de la distinción de las propiedades físicas, químicas y de ingeniería de los suelos, los cuales se relacionan directamente con la fertilidad y el manejo.

La superficie específica de Andosoles es muy alta como se nota a continuación:

Fracción <2 micras: La superficie específica "externa" medida por el método B.E.T. (Brumanna, Emmet, Teller, 1937) es muy elevada (150 m²/g de suelo poco evolucionado a 750 m²/g para suelo evolucionado); ricos en hidróxido de hierro y aluminio y en imogolita (Quantín *et. al.* 1991).

Es posible que los valores de superficie específica total (método Hendrix y Dyal, 1950) sean más elevados (Aomine y Otsuka, 1968).

Estos valores muy altos son comparables a los de geles y arcillas con fuerte porosidad interlaminar (esmectitas ±600-800 m²/g) o porosidad esférica (sepiolitas ±400m²/g). Permiten explicar la fuerte afinidad y reactividad de los constituyentes

minerales de los Andosoles hacia el agua, los aniones y cationes, y hacia los ácidos húmicos.

Los minerales primarios y vidrios inalterados son muy abundantes en éstos suelos sobretodo en los más jóvenes o aquellos sometidos a un clima agresivo (más frío o más lluvioso), o que está formado sobre un material piroclástico, más grueso o menos rico en vidrios.

La susceptibilidad a la alteración de minerales primarios en orden decreciente es el siguiente: vidrios volcánicos (los más básicos preceden a los más ácidos), peridotos y los feldespatos de plagioclasa (notablemente los más cálcicos); los piroxenos, a excepción de la hiperstena y los anfíboles, finalmente la hiperstena y los feldespatos potásicos que pueden encontrarse aún en los suelos fuertemente alterados; el cuarzo, la magnetita y la ilmenita tienen tendencia a acumularse, en los suelos ferralíticos.

Los minerales primarios y los vidrios desorganizados e hidratados término utilizado por Fieldes para los minerales primarios con débil alteración, parecen retener más agua que los minerales inalterados. Fieldes y Furkert, 1966, cit. in Wada y Aomine, 1973, tienen la idea de que hay un paso progresivo de minerales primarios a sustancias amorfas (alofanos).

Al estudiar la fracción gruesa de las arcillas (2.0 a 0.2 micras) de los horizontes de suelos poco evolucionados sobre ceniza volcánica, en algunos lugares de Nueva Zelanda se observó que están compuestos de alofanos y de cristobalita. Finalmente los fragmentos de feldespatos y de vidrios que están parcialmente "hidratados", tienen una apariencia muy porosa con propiedades físicas y químicas de los alofanos. Es posible reconocer feldespatos con valores altos de superficie específica de tal manera que retienen en abundancia la humedad (Curvas de ATD) y aumentan la capacidad de intercambio de cationes.

Parfitt y Saigusa (1984) han concluido que la formación de alofano e imogolita está relacionada primeramente con la acidez del suelo; pH en agua > 4.9, independientemente del grupo de suelos y horizontes, lo cual sugiere que los silicatos 2:1 en sus capas están formados en buena medida por la alteración de vidrios volcánicos en fuertes condiciones ácidas (Shoji *et al.*, 1982, cit. in Shoji *et al.* 1993). El efecto climático y el intemperismo de las cenizas volcánicas no es bien conocido, pero se sabe que el pH NaF >9.2 indica la presencia de alofano o humus-Al, y el factor limitante para la formación de alofano en suelos derivados de ceniza volcánica es el aluminio aprovechable más que el silicio disponible.

Hídricas

Los suelos de origen volcánico tienen propiedades físicas e hídricas únicas que difieren de las de los suelos de medio poroso rígido y de los suelos expandibles. Dichas propiedades se atribuyen directamente a las características del material cinerítico, a los productos no cristalinos resultado del intemperismo y a la materia orgánica acumulada durante la pedogénesis. (Nanzzy , et al. 1993).

Las propiedades físicas y químicas son importantes para determinar la cantidad de agua que puedan retener los andosoles, lo cual los caracterizan como un agrupamiento de suelos independiente de los demás. (Quantin, 1972; Quantin *et al.* 1977). Los Hydrandeps que presentan poca ceniza volcánica y son ricos en materiales cristalinos tienen propiedades tixotrópicas.

La retención de agua de los andosoles y el fenómeno de deshidratación irreversible se deben a los alofanos que influyen en esta retención debido a la propiedad que tienen de hidratarse, lo que hace que tengan una capacidad de campo elevada pasa de 100 a 300% (Colmet-Daage *et al.* 1967). La capacidad de retención de agua va de 200% en peso seco en el horizonte B. Esto puede deberse a la abundancia en humus y a los coloides minerales hidratados, pero principalmente a la estructura vesicular de los fragmentos volcánicos originales.

El agua disponible en los Andosoles húmicos del Cofre de Perote ocupa aproximadamente la cuarta parte del total del suelo, o sea 200 l/m³, lo que hace suponer a Dubroeuq *et al.* (1992) que la mayor parte del agua se encuentra a tensiones muy altas en poros muy finos.

Edafogénesis

La edafogénesis ándica se desarrolla sobretodo en las cenizas volcánicas más recientes depositadas en el último episodio volcánico del cuaternario, Pleistoceno superior (Holoceno).

La andosolización se caracteriza por una alteración rápida de los minerales primarios, sobretodo cuando el clima es lluvioso. Se produce una hidrólisis y una complejólisis con liberación masiva de cationes, neoformación de productos minerales llamados alofanos (silicatos de aluminio mal cristalizados), y productos amorfos (geles de sílice y aluminio) formación y acumulación de pseudo-complejos órgano-minerales (ácidos húmicos-alófanos) que provienen de la hidratación y de la alteración rápida de estos materiales no cristalinos. Se desarrolla una inmovilización de los hidróxidos y una lixiviación del sílice y de los cationes alcalino-térreos y alcalinos (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺).

Los compuestos minerales amorfos ricos en aluminio, sílice y óxido de hierro) estabiliza la materia orgánica inmovilizando los precursores húmicos solubles y la protegen contra la biodegradación de los microorganismos, lo que provoca su acumulación en el perfil. Este proceso es regido por el clima y por el material volcánico.

La evolución de los andosoles ocurre bajo la influencia del clima, en particular la presencia de períodos de desecación del suelo, los cuales favorecen los procesos de neoformación de arcillas. Dependiendo del clima los andosoles pueden evolucionar de varias formas:

En el clima frío y húmedo, la pedogénesis se orienta hacia una criptopodzolización debido al desarrollo de la "ácido-complejólisis" y la formación de complejos órgano-minerales (ácidos húmicos Al-Fe).

En el caso de climas con alternancia de períodos húmedos y secos se favorece la argilización. En la mayoría se observa la formación de halisita de la familia de la caolinita (Aomine y Wada ,1962). Los minerales de cenizas volcánicas presentan minerales silicatados amorfos y fácilmente intemperizables.

Los suelos de ceniza volcánica eluden el proceso de intemperización física que deben experimentar otros materiales parentales, el tamaño de la porosidad de las partículas de ceniza aumentan su área de superficie, facilitando de esta manera la acción de los procesos normales de intemperismo, durante la formación del suelo.

2. ESTUDIO DE LOS ANDOSOLES EN EL COFRE DE PEROTE

2.1 Hipótesis, Justificación y Objetivos.

Hipótesis.

A preguntas de ¿cómo se comporta la humedad en el suelo en el sentido del gradiente climático?, ¿qué elementos del suelo intervienen o regulan dicho comportamiento? si este gradiente de humedad es afectado por el uso del suelo ¿cómo son afectados a los elementos del mismo que intervienen en dicha regulación?. Los elementos que intervienen en la regulación de la humedad lo hacen a través de las propiedades físicas e hídricas del suelo, ¿cuales son éstas? y si dichas propiedades son manejables o son intrínsecas a los elementos del suelo que al afectarse ¿se vuelven irreversibles? y si son manejables ¿hasta que punto se pueden manipular?. Corresponden varias hipótesis pero sólo establecemos una que trata de responder al conjunto de cuestionamientos.

Las condiciones físicas del suelo se pueden modificar por su manejo y alterar radicalmente con el cultivo, por lo que si analizamos los suelos bajo bosque, observaremos las condiciones naturales del suelo y los resultados de la edafogénesis. Sólo así podremos medir algunas propiedades físicas como: la porosidad, estabilidad de los agregados, porosidad, cantidad de agua almacenada, entre otras y establecer comparaciones.

La alteración del suelo forestal por actividades agropecuarias repercute en el desarrollo natural de este, sin embargo, son las propiedades físicas e hídricas las más evidentes.

Justificación

Los estudios de suelos son importantes porque integran una serie de elementos del paisaje. En particular para la zona del Cofre de Perote, la disminución de la cubierta forestal que directamente afecta al suelo porque es removido provocando erosión y evita así la capacidad de retención de agua que después servirá para la recarga de acuíferos.

Los Andosoles tienen una serie de características especiales, de tal manera que resulta importante conocerlas en la localidad de estudio y que esto permita a los planificadores tomar decisiones ya que las características de los suelos son tomadas poco en cuenta.

Por las irregularidades del relieve es común encontrar pendientes superiores a 25 C y un alto riesgo en el proceso de erosión pluvial por el arrastre de sedimentos que provoca azolve en los arroyos, depósitos de presas, disminución de la cantidad de agua almacenada en los suelos .

Entonces, este estudio nos permitirá ampliar los anteriores estudios además de comprender mejor el papel de los suelos en el comportamiento del ecosistema regional del parque nacional Cofre de Perote.

Objetivos:

General

Realizar un análisis comparativo de las propiedades físicas e hídricas entre los Andosoles de cultivo y de bosque del Cofre de Perote, y comprobar si las modificaciones de uso del suelo alteran dichas propiedades.

Específicos

- Determinar las características físicas e hídricas de los Andosoles del Cofre de Perote.
- Determinar la capacidad de retención de agua en los Andosoles de bosque.
- Determinar la capacidad de retención de agua en los Andosoles con cultivo.
- Conocer las propiedades físicas tales como: densidad real y aparente, estabilidad estructural, porosidad, contenido de materia orgánica, permeabilidad y textura.

2.2. Materiales y Métodos de Trabajo

2.2.1. Selección de la zona de estudio

Los criterios más importantes son: el climático y el uso del suelo. El primero es debido a que la montaña del Cofre de Perote es semicircular con una fuerte inclinación hacia el Golfo de México, es la vertiente húmeda. La otra, que es la seca, está más extendida hacia la planicie del Valle de Perote provoca un efecto climático de sombra del lado del valle. Se eligieron varios puntos en ambas vertientes. Así también se muestrean el porcentaje de agua en el suelo en dos épocas del año, la época seca, de noviembre a mayo y la época húmeda de junio a octubre, con el fin de conocer su influencia en el contenido de agua en el suelo.

Con respecto al uso del suelo, donde el bosque cada día cubre menos superficie y es sustituido la mayoría de las veces por el cultivo, de los que se siembran en la zona el más importante es la papa (Solanum tuberosum) aunque también hay maíz (Zea mays), haba (Vicia faba), trigo (triticum) y avena (Avena) además del ganado caprino, ovino, porcino, aves. Se eligieron en cada una de las vertientes los dos usos importantes el forestal y el agrícola.

2.2.2 Trabajo de campo

Muestreo de Campo

Se hicieron dos tipos de muestreos uno para realizar los análisis de rutina (químicos y físicos) y otro para los hídricos (constantes de humedad).

Posterior a la localización de los sitios, se procedió a la excavación de perfiles a cielo abierto de 1m ancho x 2m largo x 2m de profundidad. En campo se hizo una descripción amplia sobre el perfil del suelo por horizonte.

Se consideraron las características del sitio tal como origen del suelo, edad, uso, abundancia, posición geográfica, tipo de erosión, etc. Se estableció una clave de reconocimiento por ejemplo COF41 indica el lugar y el número de perfil (41).

Se describió en cada uno de los perfiles por horizonte la textura, presencia de alófanos, reacción al HCl, estructura del suelo, color, tipo y abundancia de raíces, adhesividad, plasticidad, actividad de animales macroscópicos, de acuerdo a la guía de Fao (1977)y Cuanalo (1981).

Muestreo de las humedades

Se tomaron muestras representativas por horizonte de suelo para su posterior análisis en el laboratorio, asimismo se tomaron muestras para la determinación de humedad y densidad aparente por horizonte por medio de la técnica del cilindro en general a 50 cm. o alrededor de ésta profundidad porque es hasta donde las raíces del cultivo -30 cm.- afectan el suelo.

Determinaciones de humedad gravimétrica se hicieron por medio del cilindro, para ello se usaron botes rígidos de aluminio con el fin de mantener la humedad del terreno, en los botes se deposita la muestra que proviene de cada horizonte, además se determina la densidad aparente.

2.2.3 Trabajo de Gabinete

2.2.3.1 Trabajo de Laboratorio

El tratamiento de muestras en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Ecología A.C.. Ya en el laboratorio, las muestras se separan en dos tantos, uno de los cuales se deja secar al aire y el otro se guarda en condiciones de campo, al primero se somete a una separación de 0.05 mm., 1.0 mm. y 2.0 mm. de las partículas del suelo para ello se muele y la fracción de 1.0 mm. se usa para análisis como materia orgánica y fósforo y la de 2.0 mm. se usa para la determinación de textura y pH. Se les asigna una clave de reconocimiento de ingreso al laboratorio.

En cada horizonte de los suelos colectados se realizaron las determinaciones que abajo se detallan. Tanto las propiedades físicas como las constantes de humedad se repitieron hasta cuatro veces:

Determinaciones Químicas

pH en H₂O, pH en KCl (1:2.5) y pH en NaF, con el potenciómetro (Puri y Asghar 1938 y Fielde y Perrots 1966 cit in Page, 1982).

Fósforo disponible: método Bray I (Bray y Kurtz 1945 cit in Page, 1982).

Capacidad de intercambio catiónico: saturación con acetato de amonio y desplazamiento con NaCl a pH 7 (USDA 1984).

Cationes intercambiables: sodio y potasio por Titulación (Page, 1982).

Calcio y Magnesio por absorción atómica. (USDA, 1984).

Acidez y aluminio intercambiable por titulación. (Mc Lean 1982 cit in Page, 1982).

Determinaciones Físicas

Textura por el método de Bouyoucos. (Bouyoucos, 1962).

Densidad real con el picnómetro (USDA 1984).

Densidad aparente por medio del cilindro. (USDA 1984).

Porcentaje de porosidad por cálculo a partir de las densidades.

Alófono cualitativo en campo por medio de la reacción del NaF. (Fieldes y Perrot 1966 cit in Page, 1982).

Color en húmedo y en seco (Tablas Munsell, 1975).

Determinaciones Hídricas

Humedad del suelo (%) por pérdida de peso a 105° C (Baize D. 1988).

Punto de Marchitez Permanente (PMP) (15 Bars) (Olla de Presión y membranas) (Forsythe, Warren 1975)

Capacidad de Campo (CC) (0.3 Bars) (Olla de Presión y membranas). (Forsythe, Warren 1975).

Humedades a otras Presiones de 1, 3, 5 y 10 Bars (Olla de Presión y Membranas). (Forsythe, Warren 1975).

Estabilidad de agregados (Yoder, 1936).

Permeabilidad del suelo (Palmer y Troeh 1977).

Tratamiento de muestras en el laboratorio de Física de suelos de la UNAM

Se analizaron en el laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM, con muestras secadas al aire y tamizada, en tamiz de 2 mm., que es la forma clásica para la determinación de las constantes de humedad.

Para el punto de marchitez permanente (PMP), 15 Bars, y para la capacidad de campo (CC) la cual se consideró a 0.3 Bars, para lo cual se utilizan las membranas correspondientes. Para una presión de 0.3 y un Bar se utiliza una membrana de 1 Bar y la olla de presión a 5 Bars; para la de tres y cinco Bares se utiliza la membrana de tres Bares y la olla de presión a cinco Bares y para la de diez y quince Bares se utiliza la membrana de quince Bares y la olla de presión a quince Bares.

También se determinó la permeabilidad y se hizo por duplicado.

Tratamiento de muestras en el laboratorio de Física de suelos del Departamento de Edafología del Colegio de Postgraduados de Montecillos, Texcoco, Estado de México.

Estas muestras se secaron al aire y se analizó la estabilidad de los agregados por el método de Yoder (consiste en ver el cambio en tamaño de agregados al someterlos a mojado en un grupo de tamices para conocer el porcentaje así como el tamaño de agregados después de ser humectados) con el fin de comparar el uso del suelo.

Procedimiento de la técnica Yoder:

1. Humedecimiento de la muestra por capilaridad.
2. Colocación en el tamiz más grande.
3. Elevación y descenso lento en el agua un número dado de veces (30-60).

4. Después de la circulación por el agua se transfieren los agregados de cada tamiz a un recipiente para pesarlos.
5. Secado a la estufa a 105°C y pesado de los rangos de tamaño.
Ver anexo 2.

2.3. Marco de Referencia

Localización de la zona de estudio

La región de influencia más inmediata del Cofre de Perote comprende una extensión de aproximadamente 200 000 has. Corresponden a ella los siguientes municipios: Acajete, Banderilla, Coatepec, Xalapa, Rafael Lucio, Tlalnehuayocan, Xico, Ayahualulco, Ixhuacán de los Reyes, Las Vigas de Ramírez, Perote, Altotonga, Jalacingo y las Minas. La variación de gradiente altitudinal oscila entre 1200 msnm (Xico, Coatepec) y los 4000 msnm en la cima del Cofre.

El Cofre de Perote se encuentra ubicado en el extremo centro oriente del Estado de Veracruz entre 19°20' y 19°40' latitud norte y 97°00' y 97°15' longitud oeste. El área de estudio se ubica localmente, en las laderas altas de las vertientes oriental y occidental del macizo montañoso a una altitud entre 2500 y 3600 msnm.

Los límites son los siguientes: al norte el límite corresponde a la zona de la localidad de la villa de 20 de Noviembre, al sur limita en la población de Los Laureles, al Este con el poblado de Tembladeras y al oeste con la comunidad de Tenextepec.

El área con 25 km. de largo adopta una forma irregular de rectángulo, cuyos vértices se localizan geográficamente al norte a los paralelos 19°25' y al sur a 19°37'; al oeste el meridiano 97°10' y al este 97° 05'. Los puntos de muestreo se localizan en ambas vertientes. Ver figura 2.

2.3.1. Fisiografía, Estratigrafía, Litología y Geformas

Para este apartado se retoman los resultados del estudio hecho por Geissert, *et. al.* 1994. Por ser el estudio más completo y reciente de la zona de estudio.

Fisiografía

El principal accidente geográfico de la región de estudio es el Eje Neovolcánico, el cual se define por una franja de orientación norte-sur formada por la sierra volcánica Perote-Orizaba. En ella se localizan los volcanes Cofre de Perote y Pico de Orizaba. El posible origen de este eje se explica como resultado de la subducción de la placa de Cocos en la placa Americana. Este proceso se inició en el Eoceno, tuvo su apogeo en el Oligo-Mioceno (INEGI, 1988).

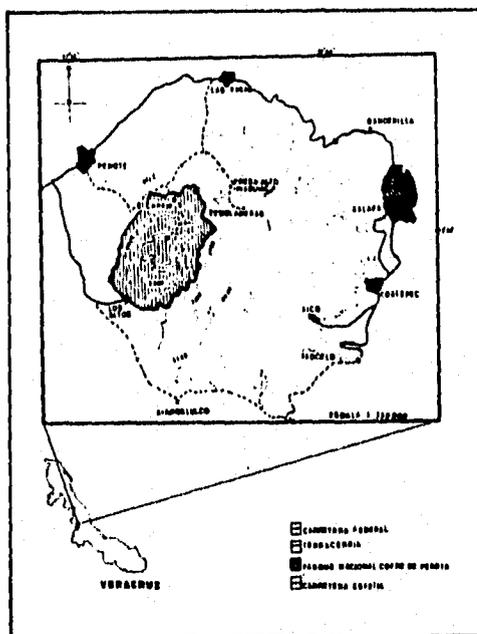


Fig. 2 Localización de la zona de estudio.
Fuente: Narave, 1985.

La Sierra Madre Oriental y en particular la Sierra Cofre de Perote-Pico de Orizaba corresponden a una zona de transición entre dos ámbitos muy contrastados: la Planicie del Golfo con el Altiplano.

La zona pertenece a la subprovincia 13 "Lagos y Volcanes del Anahuac" de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico. Dicha subprovincia se divide en tres unidades, la del macizo propiamente dicho o estratovolcán aislado, la del valle de Perote y una llanura intermontana con lomeríos, la cual corresponde al valle de Tenex-tepec-El Triunfo y una pequeña sierra de laderas abruptas que limita hacia el Suroeste el valle anterior. (INEGI, 1988).

Estratigrafía

El origen geológico de la región de Perote se remonta al mesozoico, cuando se originó la Sierra Madre Oriental, ésta se constituye principalmente de rocas sedimentarias carbonatadas que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento paleozoico y precámbrico en un ambiente marino, en condiciones de transgresión lo que explica su composición calcárea en los niveles inferiores pasando progresivamente a depósitos terrígenos. La Sierra Madre Oriental, constituye una faja montañosa orogénica que sigue en su segmento sur una trayectoria general noroeste-sureste; se compone de estrechos pliegues con una orientación que sigue el rumbo general de la sierra.

Durante el Oligo-Mioceno se desarrolló la etapa de plutonismo del eje neovolcánico, afectando principalmente la secuencia mesozoica cubriéndola paulatinamente, casi en su totalidad. Es entonces cuando surgieron los volcanes Cofre de Perote y Pico de Orizaba.

Litología y Geoformas

Los depósitos volcánicos del Cofre de Perote y el tipo de relieve asociado están parcialmente modificados por emisiones lávicas que forman lagos, cráteres, grandes abanicos aluviales y una extensa planicie con lagos interiores. Se trata de unidades complejas, litológicas y estratigráficas, que en numerosas ocasiones se trata de la sobreposición de varios depósitos de eventos volcánicos distintos. Estos materiales influyen en las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y otras de los suelos que se forman una vez intemperizados sus componentes.

Rocas volcánicas (lavas)

El Cofre de Perote es un edificio volcánico complejo formado por derrames de lava y depósitos piroclásticos de naturaleza y composición variadas (Geissert *et. al.* 1994). La base son espesos derrames de andesita que forman sus laderas. Dichas rocas son particularmente visibles en las laderas altas (2700-3900 m), moderada a fuertemente disectadas y de pendiente fuerte, cubiertas por una delgada capa de cenizas.

Se calcula tiene una edad aproximada de un millón de años correspondiente al Pleistoceno inferior. (Negendank *et. al.* 1985).

La peña de la montaña (4250 m) de forma cuadrada y aspecto de "cofre", correspondería a un dique intrusivo dentro del antiguo cráter del volcán y probablemente responsable de la destrucción por explosión de la parte superior del edificio, en un pasado geológico relativamente reciente, ya que la edad de la lava del dique es de un periodo inferior a 0.1 millones de años.

La vertiente alta húmeda presenta rasgos de relieve modelado glacial y nival, en particular valles superiores en forma de U con laderas abruptas y fondos anchos e inclinados, de topografía irregular, con fondos pantanosos y pequeñas lagunas.

Las rocas basálticas se originan a partir de emisiones laterales sobre fracturas que recorren las laderas del volcán; consisten en derrames caóticos de pequeño volumen y dimensiones reducidas de tipo basalto de olivino, basalto alcalino y hawaita.

Depósitos piroclásticos

Los tipos de depósito de materiales piroclásticos se divide en dos: los primeros se derivan de la acumulación de los sólidos arrojados por los volcanes y transportados por el aire, en tanto que los segundos son depósitos que se derivan de los materiales que son transportados por arrastre pendiente abajo desde el cráter.

Los depósitos de origen aéreo pueden estar amplia y profundamente esparcidos sobre la faz fisiográfica preexistente, esto es sobre planos de inundación, terrazas y montañas, puede contener varios tipos de materiales piroclásticos, tales como cenizas y arenas volcánicas, lapilli y cenizas.

Depósitos de caída

Las laderas bajas y piedemonte occidental del Cofre de Perote están cubiertos por depósitos múltiples de pómez de caída atmosférica, llamados Toba Faby que cubren en discordancia la Toba Xáltipan, es una secuencia eruptiva de unos diez km₃, constituida por nueve depósitos que totalizan unos nueve metros de espesor alrededor de Perote y que cubren una superficie aproximada de 1000 km₂.

Dichos depósitos estratificados cubren las laderas bajas de andesita del Cofre de Perote, de disección y pendientes moderadas, comprendidas entre Cruz Blanca y Francisco I. Madero, así como una meseta de andesita al norte de la Congregación Veinte de Noviembre. En otras partes forman planicies inclinadas de disección y pendiente débil a moderadas en el valle de Tenex-tepec-EI Triunfo.

Depósitos de flujos de cenizas y Bloques

Un primer tipo corresponde a un flujo con matriz areno-limosa, con bloques

angulosos a subredondeados y heterométricos, su naturaleza petrográfica es homogénea: la matriz es de composición intermedia de andesita-dacita, al igual que los fragmentos líticos. Ambos son de poca alteración, por lo que la matriz presenta coloraciones de pardo oscuro a claro amarillento, con tonos de ocre. Ocasionalmente, el depósito presenta un color rojizo, indicador de calentamiento.

Dicho depósito cubre coladas andesíticas de las laderas altas y formaciones piroclásticas de las laderas bajas (Toba Faby). Edifican un relieve irregular con pequeñas elevaciones alargadas, o suavizan antiguos modelados de disección al rellenar ejes de drenaje.

El depósito original de dichos flujos ha sido substancialmente modificado por procesos exógenos, entre los cuales figuran movimientos gravitacionales de origen periglacial (zona alta), erosión hídrica y coluvionamiento en laderas intermedias y bajas, lahares probablemente originados por deshielo de glaciares en ciertas barrancas, con acumulación de brechoides o conglomeráticos, con gran concentración de bloques (El Escobillo). Este flujo es de edad pleistoceno superior.

Cubre en forma semicircular las laderas noroeste, oeste y suroeste, desde la cima del Cofre de Perote hacia Cruz Blanca y hacia los Altos respectivamente.

Depósitos de flujos de cenizas y pómez

La unidad eruptiva de la Toba Xáltipan (Ferriz y Mahood, 1984) constituye un enorme depósito de 50 m de espesor en promedio y que cubre una superficie aproximada de 3500 km²; corresponde a la eyección de mínimamente 115 km³ de magma como consecuencia del colapso de la Caldera de los Humeros situada al oeste del Cofre de Perote, del otro lado del valle de Perote. Es un flujo pumítico de riolita afírica a riolacítica, con alto contenido de sílice, alcanzó 50 km. de longitud, atravesando pasos montañosos, recorriendo barrancas y subiendo laderas montañosas hasta 600 m por encima de la planicie. Dicho depósito constituye el relleno de los antiguos valles de Perote y de Tenextepec-El Triunfo.

Depósitos de flujo de cenizas

En diversas partes de la zona aparecen cenizas estratificadas y espesas, compuestas de varias capas intemperizadas, de textura limo-arcillosa a arcillosa que totalizan un espesor de 2 a 5 m según su posición topográfica. Las capas son de diferente color, café, beige, amarillo y presentan en algunos lugares láminas onduladas en la base, a veces paralelas o a veces entrecruzadas.

Las cenizas estratificadas sobreyacen a un depósito de lapillis de pómez, de espesor visible mayor de 7 m intemperizado en su parte superior. Este flujo de cenizas estratificadas está cubierto por cenizas de color café amarillento claro, arenosas o limo-arenosas, poco intemperizadas y de espesor variable (1-3 m). Dichas cenizas no contienen bloques, pero su granulometría fina es heterogénea; además de arenas, incluye numerosos fragmentos líticos del tamaño de las

gravillas. A menudo, presenta rayas finas, de color café-ocre, duras y onduladas, que posiblemente sean niveles de alteración a lo largo de límites de segregación propios a la estructura del depósito.

Depósitos epiclásticos

Por procesos epiclásticos se entiende el intemperismo, la erosión, el transporte y depósitos de sedimentos clásticos en la superficie de la litósfera, en ambientes subaéreos como subacuáticos.

A causa de la naturaleza metaestable del vidrio volcánico y del contenido de minerales fácilmente intemperizables, la alteración química y disgregación física de los depósitos volcánicos pueden ocurrir a tasas elevadas, bajo condiciones de clima y edad adecuadas. La avalancha volcánica es un flujo de masa rocosa no coherente, que se caracteriza por una considerable colisión entre clastos que la componen. El transporte puede ser únicamente mecánico o realizarse en contacto con el agua, situación en la cual la avalancha toma la forma de un flujo de escombros. El depósito resultante tiene forma de lóbulos bien definidos y con márgenes abruptos; su topografía y espesor son variables. Internamente la avalancha es maciza, de granulometría pobremente seleccionada, con fragmentos de tamaño fino hasta muy gruesos y de megabloques (varios cientos de m_3). Aunque el depósito de avalancha sea reciente, los clastos y la matriz pueden ser muy intemperizados y arcillosos por pertenecer más antigua del volcán. Entre las poblaciones de El Conejo y Tembladeras, en la vertiente norte del Cofre de Perote hay un depósito poco intemperizado, cubierto por ceniza de espesor variable perteneciendo probablemente a un "blast", lo cual significa que la avalancha ocurrió a consecuencia de una explosión.

2.3.2. Los paisajes geomorfoedafológicos

Estos paisajes son porciones de territorio homogéneos en litología, geofoma y suelo, donde la litología es el criterio rector de caracterización, ya que en la mayoría de los casos las geofomas y los suelos dependen de ella. (Geissert, *et. al.* 1994).

La zona de estudio se divide en cuatro, los cuales se caracterizan por:

1. Depósitos piroclásticos de caída de lapilli de pómez (tepetzil) que corresponde a una Toba Faby y del pleistoceno medio (C), hay por lo menos dos tipos: depósito simple o estratificado, de espesor variable generalmente reducido (1-3 m) con recubrimiento delgado (<1m) de cenizas erosionados y/o coluvionados.
2. Paisaje sobre ladera de montaña de andesita, cubierta por un flujo riolítico de cenizas y pómez (Toba Xáltipan), de disección y pendientes moderadas con suelos de Andosol Ócrico dístico (COF56-57).
3. Los depósitos de flujos piroclásticos de cenizas y bloques (D) de tres tipos uno delgado (<2m) y poco intemperizado sobre ladera de montaña de andesita del pleistoceno superior que pueden ser de:

a) disección moderada y pendiente fuerte cubierta por coluvión periglacial con suelos de Andosol húmico medianamente profundo y profundo, ócrico dístrico y Litosol ándico (COF36) O de disección y pendiente moderadas a fuertes (prof. andesita 15 m aproximadamente) con suelos de Andosol ócrico éútrico, dístrico (COF41).

b) Poco espesor (con pocos bloques) e intemperizado, del pleistoceno superior, pueden estar sobre ladera de montaña de andesita intemperizada, medianamente disectada y de pendiente moderada a fuertes con cubierta irregular y delgada de lapillis de pómez (Toba Faby) con suelos de Andosol ócrico dístrico y éútrico (COF55, 58 y 59).

4. Espeso, intemperizado y consolidado del pleistoceno medio a superior que puede estar sobre ladera de montaña de andesita poco o medianamente disectada de pendiente moderada (Poco espeso y moderadamente intemperizado) con suelos de Andosol húmico moderadamente profundo, poco profundo, ócrico dístrico y Litosol ándico (COF40A). Y sobre meseta ondulada de lava andesítica de poca disección y pendiente moderada con suelos de Andosol húmico poco profundo y litosol ándico (COF40B).

5. Los depósitos epiclásticos (G) de avalancha volcánica rocosa (pleistoceno superior) intemperizada dacítica, sobre ladera de montaña de andesita intemperizada de disección y pendiente moderada a fuerte, está cubierta por cenizas estratificadas y toba de espesor variable (5-10 m) tienen suelos de Andosol húmico poco profundo, moderado profundo y profundos (hondonadas), además de Litosol ándico (COF38B).

Los depósitos de cenizas del pleistoceno superior, estratificadas, espesos (hasta 5 m) e intemperizadas con flujo de bloques poco intemperizados de disección y pendiente fuertes con suelos de Andosol húmico poco profundo, moderado profundo y profundos, además de los Litosoles ándicos (COF43B-47). Ver figura 3.

2.3.3. Clima, Hidrografía, Edafología

Clima

La falta de estaciones climatológicas en la zona, es un problema en todo el país, por lo que se seleccionaron dos estaciones cercanas una en la vertiente seca y otra en la vertiente húmeda. Se describen las características de las vertientes de acuerdo a la configuración de montaña siguiendo los gradientes térmico y pluviométrico.

El clima general del Cofre de Perote abarca por lo menos 10 tipos, según Koeppen modificado por García (Soto, 1986; INEGI, 1988); todos ellos pertenecen a los grupos templados (temperatura media anual comprendida entre 12° y 18° C) para los típicos y entre 5° y 12° C para los semifríos y fríos (temperatura media anual entre -2° y 5° C).

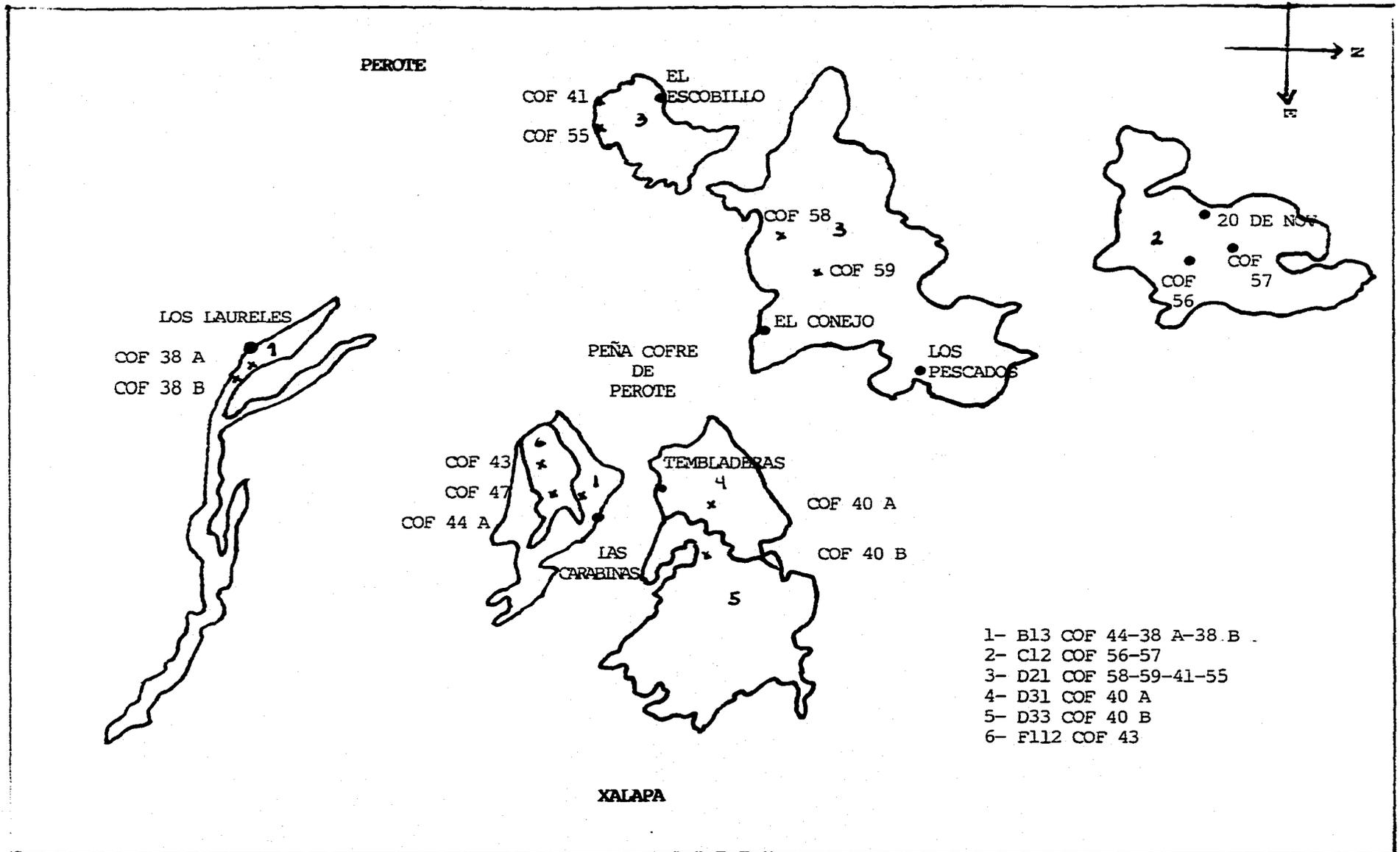


FIG. 3 UNIDADES GEOMORFOEDAFOLÓGICAS Y PERFILES REPRESENTATIVOS

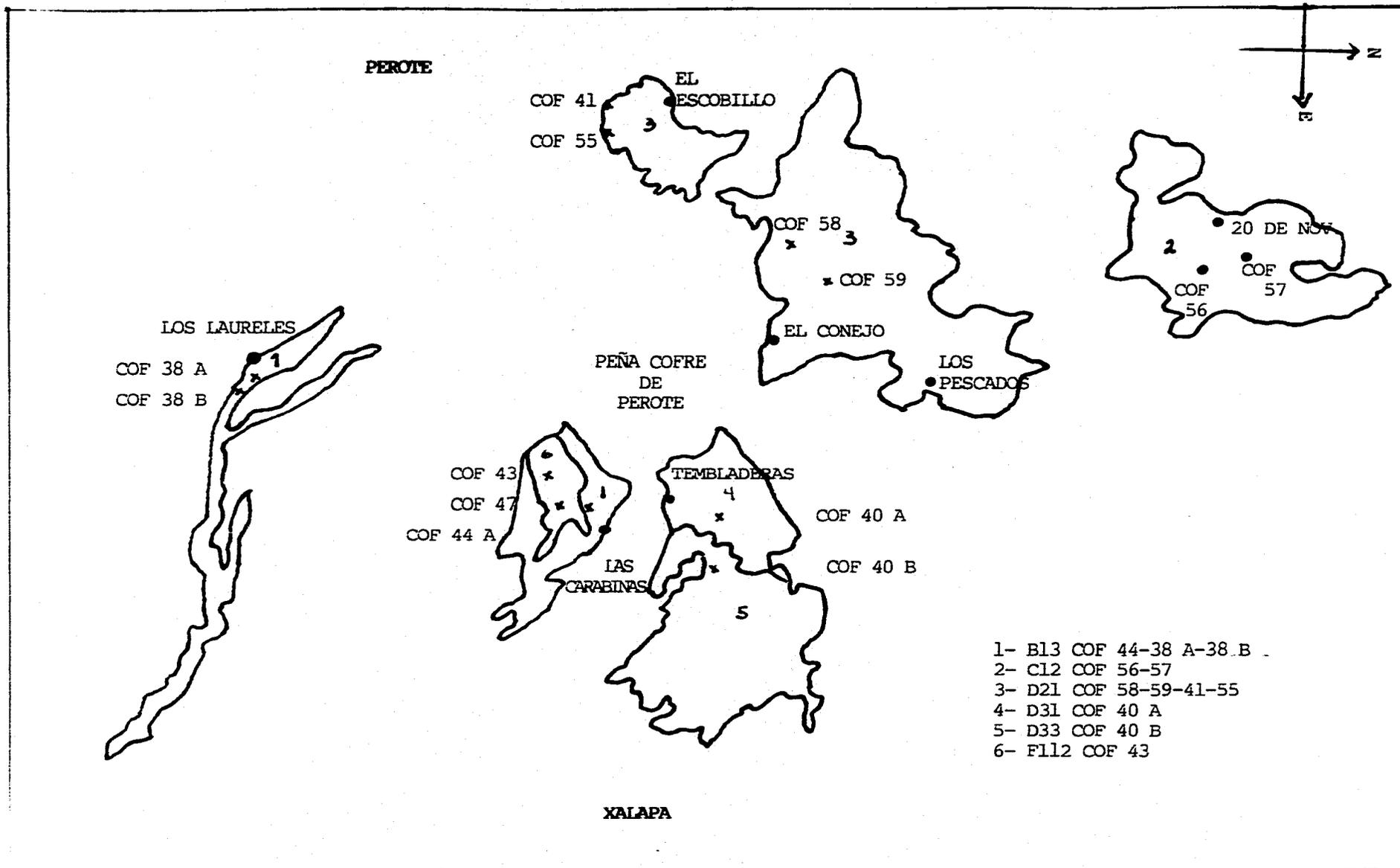


FIG. 3 UNIDADES GEOMORFOEDAFOLÓGICAS Y PERFILES REPRESENTATIVOS

De acuerdo a Soto (1986) en la zona de estudio se presentan dos tipos de climas, estos son: BS1w"k' y Cw1" cuyas características son las siguientes.

BS1w"k'.- Es un clima seco templado que se caracteriza por presentar un P/T (el resultado de dividir la precipitación total expresada en mm. entre la temperatura media anual en grados C) mayor a 22.9 C y corresponde al menos seco de estos climas. Presenta lluvias de verano con canícula y porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%. De acuerdo con las condiciones de temperatura, se le denomina templado con verano fresco y largo ya que la temperatura media anual está comprendida entre 12 y 18 C, la del mes más frío entre -3° y 18° C. y la del mes más caliente es inferior a 18 C. Ver figura 4.

Cw1".- Es un clima templado subhúmedo corresponde al más seco de este subtipo. Presenta lluvias de verano con canícula (disminución de la precipitación en la época lluviosa), un P/T entre 43.2 y 55 y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2%. Se localiza en la ladera occidental o húmeda del Cofre de Perote. Ver figura 5.

Características climáticas de las vertientes

La zona de estudio se divide en dos vertientes por las características climáticas: La parte oriental del Cofre de Perote (Barlovento) es la que recibe una mayor precipitación por captar directamente la humedad procedente del Golfo de México y la parte occidental o subhúmeda a semiárida (Sotavento) por efecto de la condensación de la humedad en la zona oriental de las montañas, las masas aéreas que trascienden el macizo, presentan un déficit creciente de humedad.

Vertiente Seca (Sotavento)

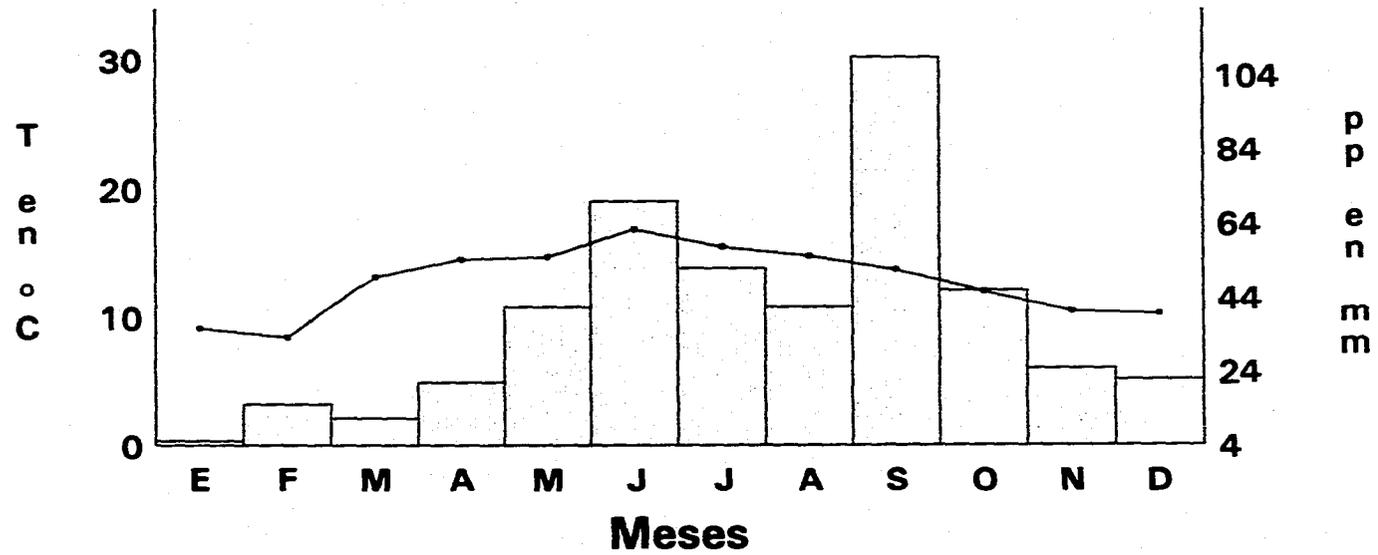
Corresponde a la vertiente occidental del Cofre de Perote hacia el valle del mismo nombre. De la cima al valle, se suceden los tipos climáticos C(E)(w2)(W), C(E) (W1)(W) semifrío subhúmedo y más seco que el anterior, y el clima semiseco templado con lluvias de verano y canícula, porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2% y un verano fresco, Bs1Kw, que se extiende hacia el suroeste de la ciudad de Perote.

La precipitación total anual disminuye progresivamente de 1200 mm. en la cima del Cofre de Perote a 800 mm. en Cruz Blanca y Los Altos, y a 500 mm. en Perote y Tlalconteno.

Se incrementa la sequía de condiciones semihúmedas (7-8 meses húmedos/año) en las partes altas hacia semiáridas (5-6 meses húmedos/año) en el piedemonte en el área comprendida entre Los Molinos y Tlalconteno. Ver figura 6.

Los cambios del régimen hídrico con la desecación, se debe a múltiples causas: el recalentamiento del aire al pasar la barrera orográfica y la consecuente disminución de humedad relativa, celdas de alta presión estacionadas sobre el altiplano que impiden la progresión hacia arriba de las masas oceánicas

CLIMOGRAMA PEROTE



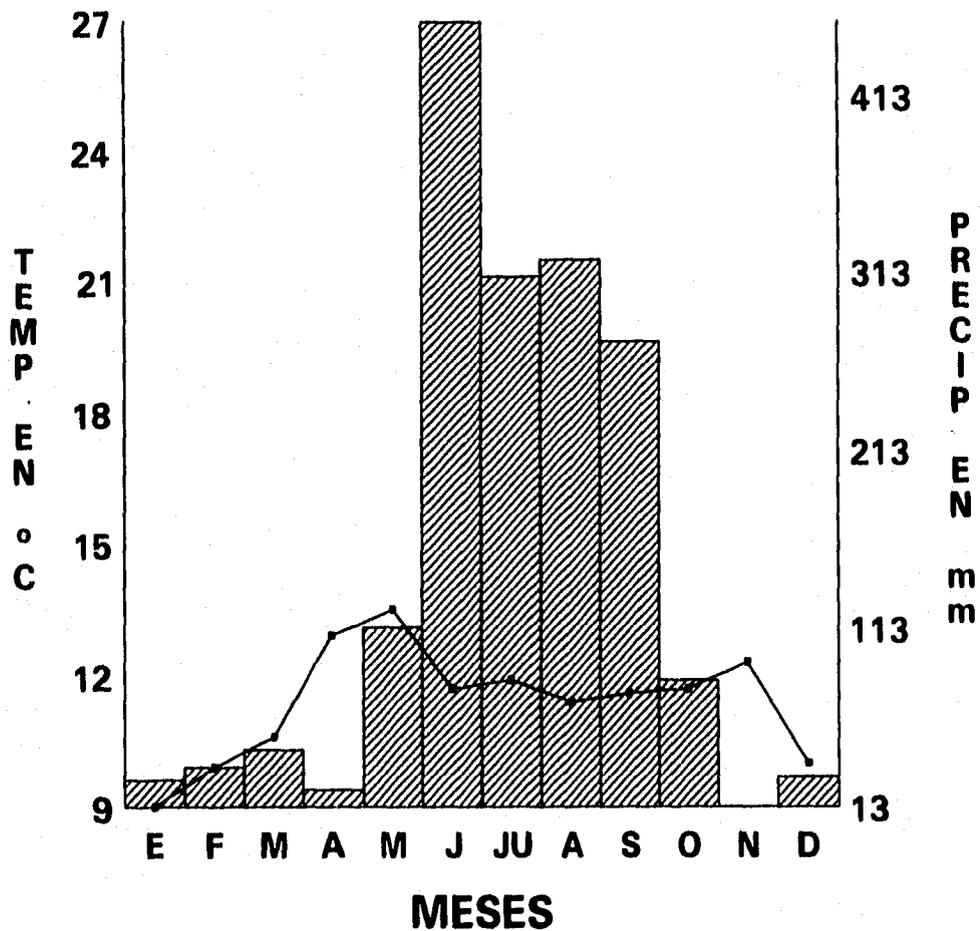
Lat.19 34 Long 97 15

—•— Temp media

▭ Precipitación

Ladera seca fig 4

CLIMOGRAMA TEMBLADERAS



LAT 19 32 LONG 97 05

—●— TEMP. MED.

▨ PRECIPITACION

Ladera Humeda Fig. 5

procedentes del Golfo de México y corrientes de aire cálido y seco procedentes del Sur.

La zona templada se localiza en el piedemonte, en donde ocurren de 30 a 60 días/año de ciclos de hielo y deshielo. A los 2700 m aproximadamente, se inicia la franja semifría con las mismas características térmicas y de heladas que la ladera de barlovento.

Las poblaciones más importantes instaladas en las laderas intermedias, son Los Pescados, El Escobillo y Los Altos pueden tener 100 a 250 días/año con heladas; en Tlaconteno y el Triunfo, las heladas se presentan entre 60 y 100 días/año. Ver figura 7.

Vertiente húmeda (Barlovento)

Es la correspondiente a la ladera oriental del Cofre que recibe los vientos húmedos procedentes del Golfo de México. A los 1500 m de altitud se inicia una franja de clima templado húmedo con lluvias todo el año, correspondiendo al tipo C(fm) y que incluye entre otras poblaciones, Tembladeras, Ixhuacán de los Reyes, Las Vigas-Acajete y Altotonga.

La zona sureste del Cofre que está en la barranca profunda del río de los Pescados y al estrecho valle que da acceso a Ixhuacán, se caracteriza por un núcleo de abundante precipitación, donde el ascenso forzado de aire cálido y húmedo produce una gran condensación de 2000 a 3000 mm. de lluvia por año.

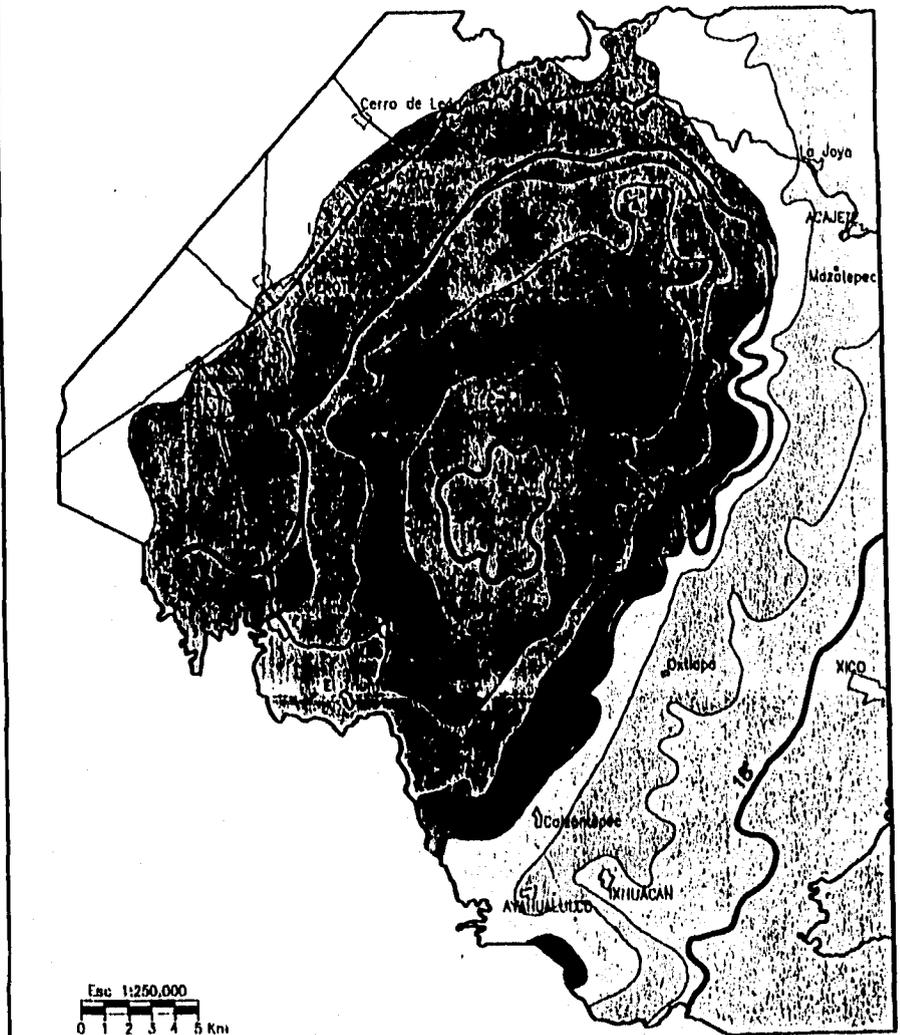
Le sigue en altitud otra franja templada húmeda con abundantes lluvias de verano, el tipo C(m), con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 5.

Progresivamente y con el aumento de la altitud ocurre una sucesión rápida de tipo semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano C(E)(m) a un tipo semifrío subhúmedo, también con lluvias de verano C(E)(w2)(w).

La cima de la montaña se caracteriza por un clima frío ETH y subhúmedo, con una temperatura media anual entre -2° y 5°C y la temperatura del mes más frío inferior a 0° C.

En general, el máximo pluviométrico es de 1800 mm/año a unos 2500 m de altitud a partir de la cual la precipitación vuelve a disminuir rumbo a la cima del Cofre de Perote. A unos 4000 m de altitud, la lluvia alcanza aproximadamente 1200 mm/año.

La isoterma de 18 ° C que marca el cambio de clima semicálido a templado se sitúa entre 1400 y 1500 m de altura; la isoterma de 12 ° C que inicia la franja semifría se sitúa a unos 2300 m, mientras que la de 5° que corresponde a la zona fría < 5° C se sitúa a partir de 3700 m. Con la disminución de la temperatura



TEMPERATURA Y HELADAS

piso térmico Temperatura media anual (°C)

Frío	-2 a +5'
Semi-frío	5 a 12'
templado	12 a 18'
Semi-cálido	18 a 22'

 Isotherma en °C (media anual)

Número de días/año y frecuencia de ciclos hielo/deshielo.

	0-5	2 a 4 de cada 10 años.
	5-15	6 a 8 de cada 10 años.
	15-30	6 a 8 de cada 10 años.
	30-60	Cada año.
	60-100	Cada año.
	100-250	Cada año.
	> 250	Cada año.

FIG. 7

FUENTE: GEISSERT ET AL 1994

aumenta la incidencia de las heladas.

En la zona templada (abajo de 2300 m) los ciclos hielo-deshielo alcanzan 30 días al año. Al contrario, en las zonas semifrías y frías, dichos ciclos son anuales y su incidencia en número de días/año aumenta rápidamente: 30 a 60 días entre 2300 y 2700 m; 60 a 100 días/año entre 2700 y 2900 m, 100 a 250 días entre 2900 y 3200 m aproximadamente y más de 250 arriba de 3200 msnm.

En las poblaciones más elevadas como El Conejo y Plan de Guinda, situadas entre 3200 y 3300 m, el periodo libre de heladas es de 3 a 4 meses al año.

Hidrografía

El Cofre de Perote en su vertiente oriental, donde nacen las cuencas de los ríos Bobos, Actopan y la Antigua (Geissert *et al*, 1994), es el punto de inicio de tres grandes cuencas hidrológicas, por sus características físicas como la litología, edafología y topografía, entre otras.

Existen diferencias entre las vertientes porque en la seca, aunado a las características físicas debemos agregar una disminución de lluvia lo que explican la ausencia de una red hidrográfica bien definida, y dan un paisaje árido, se forman arroyos poco ramificados con escurrimiento intermitente de temporadas de lluvia, que al llegar al valle, se infiltra en el subsuelo poroso y alimenta los mantos freáticos. (INEGI, 1988).

Las tres grandes cuencas hidrológicas que aquí nacen, pertenecen a su vez a tres regiones hidrológicas: La cuenca B "Río Jamapa y otros" de la región hidrológica RH28 "Papaloapan" al Este y Sur, la Cuenca A "Río Nautla y otros" de la región hidrológica RH27 "Tuxpan-Nautla" al norte y la cuenca A "Río Atoyac" de la región hidrológica RH18 "Balsas" al Oeste (INEGI 1988).

Las corrientes de agua se originan principalmente en la parte sur y oriental la cual corresponde a la ladera húmeda. En ocasiones dichas corrientes se convierten en grandes ríos o afluentes, entre los principales se encuentran el río Actopan, el cual se origina a una altitud de 3000 msnm, que en su parte inicial se conoce como río Sedeño.

El río Consolapa y el Texolo tienen su origen a 3250 msnm y captan corrientes formadas en la pendiente oriental de la montaña. Conservando un rumbo sureste y al unirse con el río de los Pescados, conjuntamente reciben el nombre de río la Antigua al desembocar al mar.

Unos dos km. al oeste de la Peña, hacia los 3900 msnm, se encuentra una laguna conocida como Tilapa o Negra. Además hay dos lagunas temporales de menor tamaño que se originan por los deshielos y escurrimientos, una es conocida como laguna los Tecajetes (Narave, 1985).

El efecto de sombra es evidente en esta zona, mientras en Xalapa y Xico la precipitación oscila en un rango de 1500 a 2500 mm. anuales, en Perote apenas es de 525 mm. anuales (Narave 1985). Esto se debe a que la montaña del Cofre de Perote constituye una barrera para los vientos cálidos provenientes del Golfo de México, los que pasan por la planicie costera sin descargar su humedad, pero que al chocar con el macizo montañoso suben rápidamente entre 1000 y 3500 msnm, entonces se enfrían propiciando humedad, hacia la ladera este, en forma de lluvia o neblina, recargando los acuíferos, temporal o permanentemente.

Edafología

Los estudios sobre suelos por lo menos desde 1985 se han venido realizando de una manera sistemática en el Cofre de Perote. Sin embargo se ha privilegiado en éstos los aspectos regionales y cartográficos, tal es el caso de los estudios morfoedafológicos de la región cafetalera de Xalapa-Coatepec hechos por Rossignol, *et al.* 1988, o las condiciones regionales del desarrollo de los tepetates en la región Xalapa-Coatepec, Ver. México de los mismos autores.

Los suelos de la zona de estudio son en su mayoría Andosoles o por lo menos con procesos de andosolización a causa de la edafogénesis desarrollada en los materiales volcánicos depositados durante el Pleistoceno superior y el Holoceno (Geissert *et al.*, 1994).

Dichos depósitos se pueden distribuir sobre topografía muy distinta, donde los regímenes de humedad también son distintos, entonces si el depósito es delgado, el régimen de humedad es similar al de la superficie previa del suelo justo debajo. Si el depósito es grueso, es en general relativamente seco, independiente del régimen de humedad de la superficie previa del suelo.

Los andosoles se ubican en la zona montañosa desde los 1200 m hasta 4200 m de altitud y su presencia está ligada a la conjugación del clima y de la litología. No hay déficit hídrico en el suelo arriba de los 1400 m de altura de lado de la vertiente húmeda. Es un clima favorable a la andosolización.

En el tramo comprendido entre 3500 y 1500 m en clima húmedo se ubican Andosoles húmicos, desaturados, a menudo melánicos, a veces perhidratados, ligeramente ácidos, que presentan un complejo de materia orgánica-alófono muy estable. Aquí los alófonos presentan enlaces fuertes con la materia orgánica, ellos por la acción del clima y del tiempo se transforman en haloisita (10 Armstrong) los cuales por deshidratación dan haloisitas (7 Armstrong). (Rossignol, *et al.* 1988). Ver figura 8.

Las erupciones volcánicas cubren el paisaje con depósitos nuevos de materiales piroclásticos o fragmentados. Dependiendo de la edad del depósito y de las condiciones ambientales desde su deposición, los suelos que se generan en tales depósitos varían en grado de desarrollo desde regosoles inmaduros hasta

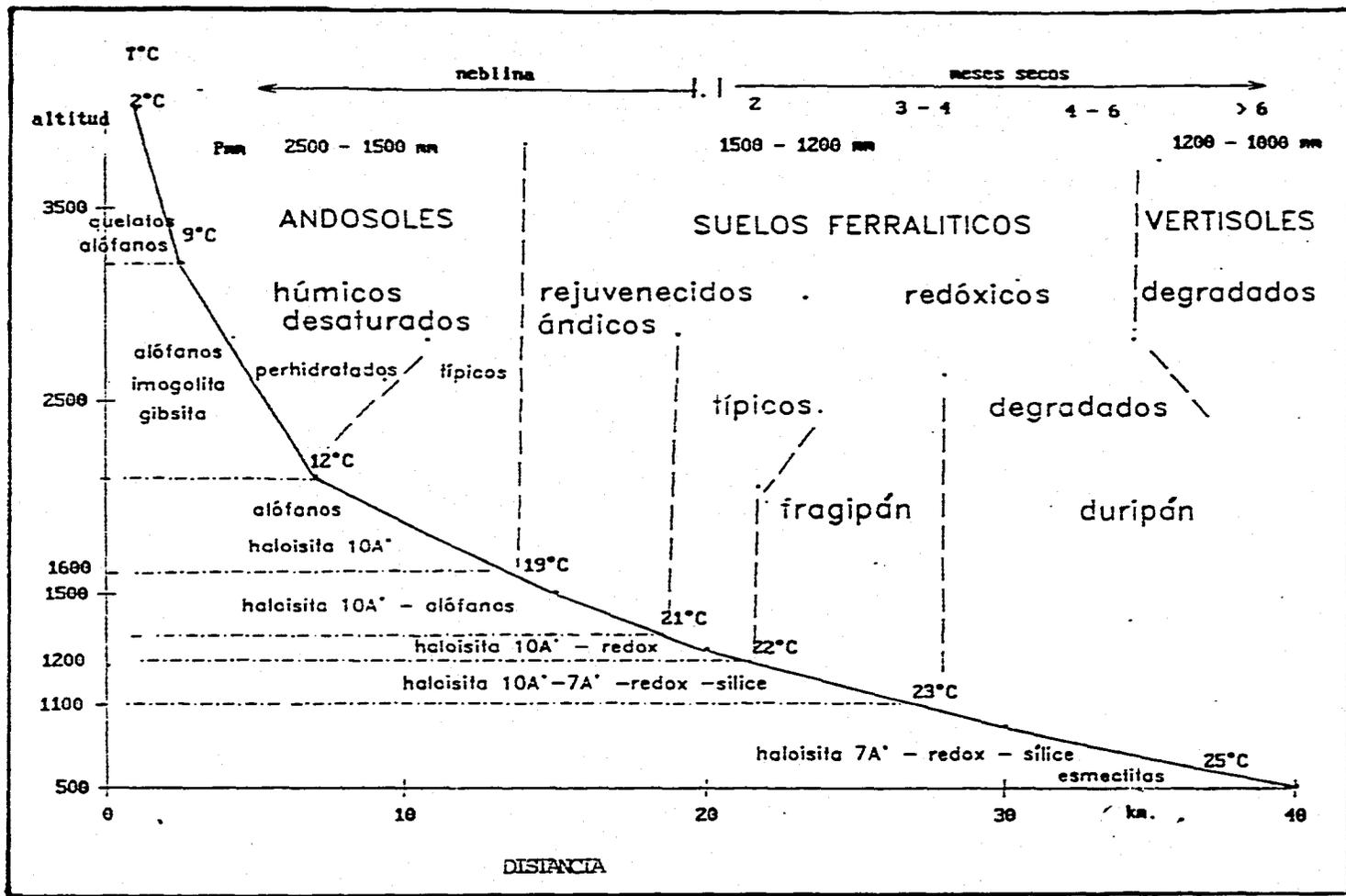


FIG. 8 PERFIL ALTITUDINAL DE ANDOSALES
 FUENTE: ROSSIGNOL ET AL 1987

suelos en grado avanzado de madurez. Las propiedades físicas y químicas están influenciadas por el grado de intemperización de los materiales piroclásticos.

La edafogénesis ándica se desarrolla sobretodo en las cenizas volcánicas más recientes depositadas en el último episodio volcánico del cuaternario: Pleistoceno superior (Holoceno) (Negendank *et. al.* 1985).

Los andosoles húmicos se han dividido en tres categorías de acuerdo al espesor del horizonte A alofánico: poco profundo, moderadamente profundo y profundo, se encuentran en la vertiente húmeda desde los 1300 hasta los 4000 m de altitud (Geissert, *et. al.* 1994).

En general los Andosoles húmicos no contienen arcillas mineralógicas, son suelos amorfos y sobretodo aquéllos que están arriba de los 3000m de altura, (Dubroeuq, 1994 comentario personal).

Los andosoles ócricos, de acuerdo a sus características morfológicas y analíticas se han podido distinguir los típicos en las variantes dístrica y éútrica y los degradados por procesos erosivos y de coluvionamiento.

Los Regosoles

Se componen de materiales sueltos (excluyendo los sedimentos fluviales recientes). No poseen otro horizonte de diagnóstico que un A ócrico. En los primeros 50 cm. bajo la superficie no deben aparecer características hidromorfas, alto contenido de sal y características que pertenecen a los vertisoles o andosoles. Al tener una textura de grano grueso, deben faltar láminas con acumulación de arcilla, al igual que características de un horizonte B-cámbico u óxico, o de material blanqueado que sería característico de los Arenosoles.

2.3.4. Uso del suelo, Vegetación y Actividades agropecuarias

La zona de elección es importante porque es parte de un parque nacional, con presencia de bosques de pino, encino y abetos principalmente, los cuales a menudo son talados para dedicar el suelo para cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*), haba (*Vicia faba*), entre otros, además de pastorearse con ganado caprino. Ambos usos en equilibrio pueden por una parte aumentar el papel que juega el Cofre de Perote en la regulación del agua que drena por cada una de las cuencas de la región y diversificar las actividades productivas incluyendo el aspecto forestal.

Vegetación

En general la distribución de la vegetación en el Cofre de Perote se debe principalmente a factores climáticos, edáficos y altitudinales, por lo cual los cambios bruscos de topografía de ciertos lugares influyen para que en cortas distancias ocurran cambios notables de vegetación. Ver figura 9.

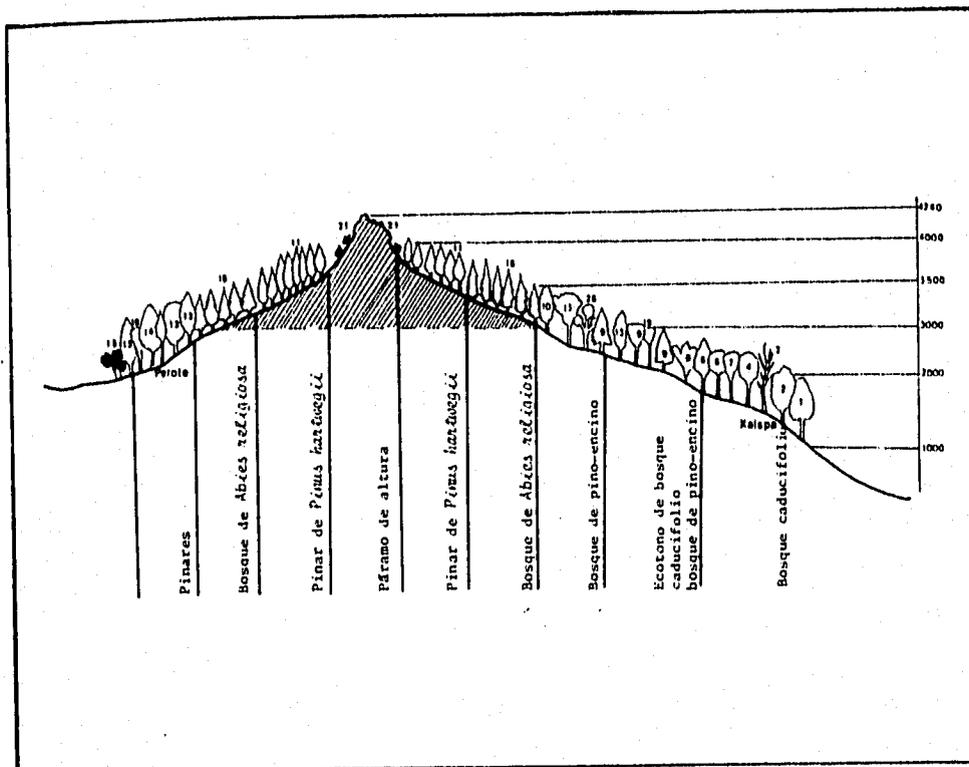


Fig. 9. Perfil altitudinal de vegetación.
Fuente: Narave, 1985.

Las primeras colectas botánicas realizadas en esta región datan desde el siglo pasado con Schiede en 1829. Narave, (1985) describió ampliamente la vegetación del área conocida como Parque Nacional Cofre De Perote.

Los bosques del Cofre de Perote fueron importantes para la región local desde la época colonial ya que la mayor parte de las casas de Xico, Xalapa, Perote, Coatepec, etc. se construyen con madera de estos bosques.

También contribuyó al desarrollo del ferrocarril interoceánico, posteriormente con la colonización acelerada producto del reparto agrario se aceleró la destrucción del bosque con su respectiva transformación a zonas agrícolas o ganaderas en la casi totalidad de la región (Gerez, 1983). El parque nacional del Cofre de Perote se estableció en 1937, durante el reparto agrario.

Bosque de Pino

La especie de Pinus patula mexicano es una planta pionera ya que se establece en zonas desforestadas o desprovistas de vegetación como colonizadora. Esta especie se encuentra distribuida naturalmente en varias partes del estado de Veracruz y otros estados.

La distribución de este bosque se debe a las condiciones ecológicas existentes. Se caracteriza por la dominancia de especies arbóreas pertenecientes al género Pinus. Se pueden encontrar varias especies cohabitando en una misma área Pinus patula, P. teocote, P. montezumae y P. hartwegii (Narave, 1985). En las partes muy húmedas, hacia el noreste del Parque, entre la Presa Alto Pixquiac y Tembladeras, se presentan pinares de Pinus patula, P. ayacahuite, así como una especie de Abies hickelii, endémica en México.

El estrato arbustivo se compone de especies inmaduras de pinos así como de Senecio sinuatus y frecuentemente Baccharis conferta en sitios perturbados.

El estrato herbáceo se encuentra generalmente dominado por gramíneas, Muhlenbergia macroura, Stipa ichu, Cerastium molle, Pertenettya ciliata, y en algunas zonas es muy común observar a Alchemilla pectinata y Potentilla candicans. Esta última es frecuente observarla sobre terrenos planos con suelo negro y profundo, generalmente húmedo.

Bosque de Oyamel

Esta comunidad es un bosque monoespecífico en su estrato arbóreo donde como único componente se encuentra Abies religiosa (Oyamel, Abeto) por lo general alcanzan una altura de 15 a 25 mts. o hasta 35 mts. en sitios relativamente conservados.

En la actualidad solamente se encuentran manchones representativos del bosque rodeando a la montaña, mejor conservados hacia el noroeste, al sur del

pueblo del Escobillo y en los alrededores de El Conejo.

Anteriormente la vegetación de Oyamel, se encontraba como un cinturón que rodeaba al Cofre de Perote de la cota de los 3000-3500 msnm, pero debido a que se desarrolla sobre suelos apropiados para el cultivo de papa, se han talado grandes áreas para este cultivo.

Esta comunidad es un bosque monoespecífico en su estrato arbóreo donde como único componente se encuentra Abies religiosa (Oyamel, Abeto) por lo general alcanzan una altura de 15 a 25 m o hasta 35 m en sitios relativamente conservados.

El estrato arbustivo se caracteriza por individuos inmaduros de Abies religiosa, así como especies de Rubus, Salix, Solanum y Ribes.

El estrato herbáceo está dominado por una gran cantidad de plántulas de A. religiosa. Este aspecto es de mucho interés ya que puede indicar un gran potencial de regeneración natural de la especie y tolerancia a la sombra.

Bosque de Pino-Encino

Esta vegetación se encuentra exclusivamente en la parte húmeda, desde los 2000 hasta 3000 msnm. En algunos sitios no es continua debido a las condiciones microclimáticas, edáficas o antrópicas, encontrándose entonces únicamente pinares, generalmente este tipo de vegetación se desarrolla sobre andosoles. Por lo común esta vegetación se localiza en barrancas y cañadas, como la de Pixquiác, donde son frecuentes las neblinas.

Es una comunidad rica en especies, el estrato arbóreo va de 15-25 m de altura, en el que se destacan Pinus patula, P. ayacahuite, P. pseudostrobus y varias especies de Quercus. También es frecuente observar a Cupressus benthami sobre terrenos planos o con ligera pendiente.

El estrato arbustivo se caracteriza por las especies como las del género Buddleia, Cestrum y Rubus. En el estrato herbáceo se desarrollan especies como Alchemilla pectinata, Bidens spp. y Castilleja spp.

En la vertiente seca destacan algunas especies de plantas como izotales, agaves y cactáceas. Los procesos de erosión más conspicuos en esta zona se deben a la acción eólica ocasionada por los vientos que presentan una dominancia Norte-Este a Sur-Oeste debido a la menor de cubierta vegetal, en la mayor parte del año. Hay una explotación forestal con una intensa actividad de recolección de leña.

Actividades agropecuarias

La zona de estudio se encuentra dentro de la región más importante

productora de papa del estado de Veracruz. La capacidad de producción y adaptación del cultivo permite que se cultive entre 1800 y 3200 m de altitud, en estas últimas zonas otros cultivos como el maíz no llegan a desarrollarse.

En términos de superficie cultivadas, los principales cultivos de la región son: maíz, papa, frijol y haba, trigo, cebada y frutales caducifolios.

El cultivo de papa se asocia al de maíz, avena y de la haba según los ejidos. Los cultivos de papa censadas representan el 53.5 % de la superficie agrícola de la región. (INEGI-ORSTOM, 1991)

Los principales cultivos como la papa tiene una superficie de 10,000 has de los ejidos de los municipios de Ayahualulco, Perote, Las Vigas de Ramírez, Acajete y Xico.

De los 17 ejidos paperos el maíz es el segundo cultivo más importante, incluso rebasa al cultivo de papa en los ejidos de Tenex-tepec y Tlalconteno, la superficie total es de 7000 has.

En tres ejidos (Los Pescados, Col. El Progreso y el Conejo) el cultivo de avena en lugar de maíz.

Se cultiva durante dos ciclos: el primero va de marzo a noviembre con variaciones en estas fechas según las variedades, comprende la mayoría de las superficies sembradas y corresponde al ciclo de temporal y el segundo comprende de octubre a abril, con variaciones también en las fechas de siembra, se benefician de la humedad residual y de algunas lluvias en la vertiente seca, expuesta al viento, el segundo periodo corresponde a parcelas situadas en alturas más bajas.

La mayor parte del terreno (66%) esta parcelado en ejidos y se calcula para la región del Cofre de Perote es de 110,000 has de las cuales se asignan 6 has en promedio por ejidatario. Sin embargo también persiste la propiedad privada en un 34%. La superficie que se dedica a la agricultura es de 59,000 has y de bosque son 25,000 has, además de 22,000 has de pastos naturales o monte. (INEGI-ORSTOM, 1991).

La actividad ganadera es alta y depende de la zona y del tipo de productor; hay cría de reses (7040 cabezas), de borregos (35,770 cabezas), también hay cría de aves y porcinos.

3. RESULTADOS

3.1. Características de los Andosoles del Cofre de Perote

La sistematización de los resultados se hizo en función de los objetivos y de los criterios propuestos, a fin de establecer comparaciones entre suelos de acuerdo a su distribución geográfica y usos del suelo.

Los Andosoles presentes en el Cofre de Perote se distribuyen de acuerdo a las condiciones climáticas, en función de la altitud y la exposición de las vertientes y de la naturaleza del material parental. Se caracteriza cada perfil edáfico de referencia, donde se describen las características ambientales generales, así como las características morfológicas y analíticas de los horizontes A y (B) considerados como horizontes de diagnóstico. Para este apartado se describen solo las características de estos horizontes. La descripción completa de todos los perfiles y los resultados analíticos en forma de tablas se encuentran en los anexos de este capítulo.

El aspecto climático está muy ligado a la exposición de las laderas del Cofre de Perote, llamadas vertientes húmeda y seca, donde se distribuyen los Andosoles como sigue:

Tabla 3. DISTRIBUCIÓN DE LOS PERFILES EN LAS VERTIENTES DEL COFRE DE PEROTE

VERTIENTES	HÚMEDA	SECA
ANDOSOLES	ÚMBRICOS	HÁPLICOS
PERFILES	COF38A COF38B COF40A COF40B COF43B COF44A	COF41 COF55 COF56 COF57 COF58 COF59
TOTAL	6,00	6,00

Los materiales parentales de los perfiles son: Los depósitos piroclásticos de caída de lapilli (pómez, tepetzil) (C letra con la que se designa este material) con: COF56 y COF57; Los que se encuentran sobre depósitos de flujo piroclástico de cenizas volcánicas y bloques (D), son: los perfiles COF36, COF40A, COF40B, COF41, COF44, COF55, COF58, COF59; Sobre los depósitos de flujo piroclástico de cenizas volcánicas (F) están: COF43 y COF47 y los que se encuentran sobre depósitos epiclásticos de avalancha volcánica rocosa (G), son: COF38A y COF38B.

La saturación de bases de los perfiles en su mayor parte es menor a 50%, excepto por el perfil COF41 que tiene más del 50%.

62

Tabla 4. DISTRIBUCIÓN DE LOS PERFILES EN EL COFRE DE PEROTE SEGÚN LA SATURACIÓN DE BASES

ANDOSILES	ÚMBRICOS	HÁPLICOS	HÁPLICOS
SATURACIÓN DE BASES	<50%	<50%	>50%
PERFILES	COF40A COF40B COF44A COF43B COF38A COF38B	COF55 COF56 COF57 COF58 COF59	COF41

De acuerdo a lo antes dicho y según el uso del suelo se pueden , los perfiles, distinguir como:

1. Andosol háplico de los depósitos (C) (<50% saturación de bases) de uso forestal es: COF56.
2. Andosol háplico de los depósitos (C) (<50% saturación de bases) de uso agrícola es: COF57.
3. Andosol úmbrico de los depósitos (D) (<50% saturación de bases) de uso forestal es: COF40A(a) y COF44(b).
4. Andosol úmbrico de los depósitos (D) (<50% saturación de bases) de uso agrícola es: COF40B.
5. Andosol háplico de los depósitos (D) (<50% saturación de bases) de uso forestal es: COF58.
6. Andosol háplico de los depósitos (D) (<50% saturación de bases) de uso agrícola son: COF55(a) y COF59(b).
7. Andosol háplico de los depósitos (D) (>50% saturación de bases) de uso forestal es: COF41.
8. Andosol úmbrico de los depósitos (F) (<50% saturación de bases) de uso agrícola es: COF43.
9. Andosol úmbrico de los depósitos (G) (<50% saturación de bases) de uso forestal es: COF38A.
10. Andosol úmbrico de los depósitos (G) (>50% saturación de bases) de uso agrícola es: COF38B.

Se consideraron los subhorizontes Ap y A11 y el horizonte (B) para los dos tipos de Andosoles; sin embargo, cada uno de ellos, no tienen el mismo espesor, por lo que se subdividieron los úmbricos según la profundidad del horizonte alofánico A en: poco profundo (20 cm.), moderado profundo (35 cm.) y profundo (70 cm.). Los háplicos sólo se han diferenciando de acuerdo a la saturación de bases.

Las localidades de la vertiente húmeda corresponden a las comunidades de los Laureles, Plan de Guinda, Carabinas y Tembladeras y las de la vertiente seca a las localidades de Tenextepac, El Conejo, y 20 de Noviembre.

3.1.1. Los Andosoles úmbricos

3.1.1.1. Definición

Andosoles úmbricos: son suelos que tienen un horizonte A úmbrico de consistencia untuosa y una textura franco-limosa o más fina para la textura promedio de todos los horizontes comprendidos en una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie; posiblemente sobreyaciendo a un (B) cámbico. El horizonte úmbrico o Plaggen cuando es cultivado, es un horizonte A, después de los 18 cm. superficiales está mezclado, tienen las siguientes propiedades: la estructura del suelo es suficientemente fuerte de manera que el horizonte no es ni masivo ni duro o muy duro cuando seco. Las muestras quebradas tienen colores con un croma menor a 3.5 cuando están húmedas y 5.5 cuando secas. La materia orgánica es al menos del 1% a través de todo el espesor del suelo mezclado. El espesor es de 10 cm. o más si descansa directamente sobre roca.

3.1.1.2. Distribución

Estos suelos se distribuyen en la vertiente húmeda la que es la ladera oriental que recibe los vientos húmedos con una sucesión rápida de climas desde el tipo semifrío húmedo con abundantes lluvias de verano C(E)(m) a un tipo semifrío subhúmedo con lluvias de verano C(E)(W2)(W). La temperatura oscila para la estación Tembladeras, entre -0 a 12°C y la precipitación alrededor de 1600 mm. al año.

Cubierta vegetal y Uso del suelo.- La vegetación es de bosques de abetos, pinos y encinos los cuales son antiguos o de regeneración, que protegen al suelo, pero hay un uso extendido de las actividades agropecuarias.

Material Parental.- Los perfiles se distribuyen sobre los paisajes morfoedafológicos de la siguiente manera:

Los que se encuentran sobre depósitos de flujo piroclástico de cenizas volcánicas y bloques, tal es el caso de los perfiles COF36, COF40A, COF40B, COF41, COF44; Sobre los depósitos de flujo piroclástico de cenizas volcánicas (F) se encuentran: COF43 y COF47 y los que se encuentran sobre depósitos epiclásticos de avalancha volcánica rocosa (G), como son: COF38A y COF38B.

3.1.1.3. Análisis de los Perfiles (Morfología y análisis químicos y clasificación)

3.1.1.3.1. Uso del Suelo de Bosque

Descripción morfológica

Tipo de Suelo: ANDOSOL ÚMBRICO (Serie "Tembladeras") (40A)

Subhorizonte A11 (0-20 cm.)

Moderada reacción al fluoruro de sodio (+ lenta); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es débil; La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Presencia de raíces gruesas medias, las finas son abundantes; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/2 (pardo grisáceo oscuro) y en húmedo es 10 YR 4/3 (pardo oscuro) textura limo.

Horizonte (B) (20-50 cm.)

La separación es difusa y de forma discontinua; con moderada reacción al fluoruro de sodio (++) ; la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es débil; Presencia de guijarros y gravas, subredondeadas frecuentes, con moderada alteración de dichos materiales, revestimiento de alófanos sobre las rocas.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño mediano y débil desarrollo, con microagregados generalizados que ocupan todo el material; la porosidad es grande y abundante, poros en forma de canales tubulares horizontales.

Presencia de raíces gruesas medias, finas en abundancia; presenta buen drenaje interno; color en seco es 7.5 YR 5/6 (pardo intenso) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Características analíticas

La presencia del alófono altera la dispersión del material previo a los análisis, lo cual se refleja en la diversidad de resultados, la cantidad de partículas < 2 micrómetros o del tamaño de la arcilla es de 8% en el horizonte A y aumenta en el horizonte (B) a 24%; en cambio el limo en el horizonte A es de 56% y decrece en el horizonte (B) a 39% es la partícula predominante; la materia orgánica en el horizonte A es de 14.5% y decrece con la profundidad a 4%, el color en seco es pardo gris oscuro (10YR 4/2) y en húmedo es negro (10YR 2/1).

En superficie son ácidos con pH (agua 1:2.5) de 4.7 y en profundidad aumenta el pH un poco 5.3%; El pH (KCL 2:1) es de 4.3 a 5.6 conforme se profundiza el perfil; El pH en NaF es de 10.6 a 11 lo que denota la presencia de abundante alófono.

La capacidad de intercambio catiónico es elevada en superficie 24.06 meq/100 g decrece con la profundidad en un 50%. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) es inferior a 25%, por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado y la capacidad de intercambio efectiva es de 6.25 en el horizonte A y el complejo saturado con el ión hidrógeno.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante (1 a 2 meq/100 g) que los demás cationes. El contenido de fósforo disponible va de 3 a 13 ppm disminuye con la profundidad del perfil.

Clasificación

De acuerdo a lo antes mencionado el tipo de suelo del perfil COF40A es un Andosol úmbrico (poco profundo) con las siguientes características: Tiene un espesor del horizonte A de 20 cm. de color pardo-oscuro de textura limosa, porosidad de poro moderado de tamaño pero abundante, estructura de bloques subangulares de tamaño fino y débil desarrollo con lenta reacción al NaF.

Características morfológicas y analíticas

Tipo de suelo: Andosol Úmbrico (Serie "Plan de Guinda") (COF 44)

Descripción morfológica

Subhorizonte A11 (15-35 cm.)

La separación es difusa y de forma plana; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño grande y fuerte desarrollo; la porosidad es de poro fino y abundante; raíces finas y medias abundantes; hay intensa actividad animal de lombrices, drenaje interno es bueno, color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro), la textura es limosa.

Subhorizonte A13 (77-125 cm.)

La separación es difusa de forma continua, la reacción es fuerte (+++) al fluoruro de sodio, la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura de bloques subangulares tamaño grande y buen desarrollo; la porosidad es fina y abundante, raíces son medias y finas abundantes; el drenaje interno es bueno; color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro); textura arcillo-limosa.

Características analíticas

La presencia del alófono altera la dispersión del material previo a los análisis, la cantidad de arcilla es de 8 a 30% en el horizonte A y disminuye en el horizonte (B) de 0 a 16%, el limo en el horizonte A es de 30 a 50% y decrece en el horizonte (B) entre 17% y 35%, la materia orgánica en el horizonte A es de 11 a 24% disminuyendo con la profundidad de 1 a 3%.

En superficie tienen pH (agua 1:2.5) de 5 a 6.5 y en profundidad el pH es de 5 a 6. El pH en NaF A es de 10 a 11 lo que denota la presencia de abundante alófono. La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 19 a 24 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 6 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) generalmente < 50% (48.5).

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el A es de 2 a 11 meq/100 g que los demás cationes. El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de trazas a 9 ppm y en el horizonte (B) sólo son trazas.

Clasificación

El tipo de suelo del perfil COF44 es un Andosol Úmbrico (profundo) con las siguientes características: Tiene un horizonte A (0-73 cm.) de color negro a pardo muy oscuro de textura limosa-areno-arcillosa, untuosa, arcillo limosa, limo arenosa, porosidad de poro fino abundante, estructura de bloques subangulares y granular de tamaño variado y de moderado a fuerte desarrollo, fuerte reacción al NaF.

Características morfológicas y analíticas

Tipo de Suelo: Andosol Húmico (Serie "Los Laureles") COF 38A

Descripción morfológica

Horizonte A11 (6-15 cm.)

La separación es clara pero discontinua, la reacción al fluoruro de sodio es intensa(+++), la consistencia en seco y en húmedo es ligeramente dura y friable respectivamente, la adhesividad y plasticidad son ligeras en ambos casos, la cementación es moderada y continua; se observan abundantes piedras de origen basáltico (aproximadamente 25 piedras en 1 m²), de tamaño entre 15-40 cm. de diámetro en proceso de intemperismo avanzado.

La estructura es de forma de bloques angulares de tamaño grueso y débil desarrollo. La porosidad es fina menor de 1-3 mm. y con abundantes poros cada 0.5 cm. o menos.

Hay presencia de raíces muy finas, finas y medias; presenta abundantes lombrices, el drenaje interno es bueno; color en seco es 10YR 5/3 (pardo) y en húmedo 10YR 2/1 (negro), la textura es limosa.

Horizonte (B) (33- 45 cm.)

La separación es clara y ondulada, la forma es irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++), la consistencia en seco y en húmedo es ligeramente dura y friable respectivamente; la adhesividad y la plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La forma de la estructura es de bloques subangulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Hay frecuentes raíces finas y medias; el drenaje interno es bueno; color en seco es 10YR 5/3 (pardo) y en húmedo 7.5YR 3/2 (pardo oscuro); la textura es limo arcillosa, untuoso al tacto.

Características analíticas

La presencia del alófono altera la dispersión del material previo a los análisis, lo cual se refleja en la diversidad de resultados, la cantidad de arcilla es alrededor de 27% en el horizonte A y disminuye en el horizonte (B) a 17%. El limo en el horizonte A es alrededor de 45% y decrece en el horizonte (B) a 36%. La materia orgánica en el horizonte A va de 40% a 13% decreciendo con la profundidad a 8%.

En superficie tienen pH (agua 1:2.5) alrededor de 5 y en profundidad el pH es de 5. El pH en NaF en el horizonte A es de 9 a 11 y en el horizonte (B) es casi 11 lo que denota la presencia de abundante alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 24 a 10 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 7 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) es menor de 150%. (4-14%).

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte A es de 1.8 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 0.2 meq/100 g, que los demás cationes.

El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de trazas a 1 ppm y en el horizonte (B) solo son trazas.

Clasificación

De acuerdo a lo antes mencionado el perfil COF38A el cual es un Andosol úmbrico úmbrico (moderado profundo) cuyas características, son: Tiene un horizonte A (0-35 cm.) de color negro a pardo muy oscuro de textura limosa untuosa, porosidad de poro fino abundante, estructura de bloques subangulares de tamaño variado y de moderado a débil desarrollo, fuerte y rápida reacción al NaF.

3.1.1.3.2. Uso de suelo agrícola

Tipo de Suelo : Andosol Úmbrico Serie "Tembladeras" (COF 40B)

Descripción morfológica

Horizonte Ap (0-20 cm.)

Es un horizonte cultivado, cuya separación es clara en forma ondulada; con fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son nulas; la cementación es débil. Presencia de guijarros y gravas, subredondeadas frecuentes, poca alteración de dichos materiales o sea del esqueleto. La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es esponjosa y abundante; presencia de raíces medias, finas y gruesas; también hay actividad animal, como grillos; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/2 (pardo grisáceo oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro); la textura es limo-arenoso.

Horizonte A1 (20-32 cm.)

La separación es clara, la forma es plana; la reacción al fluoruro de sodio es

fuerte (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad es moderada y la plasticidad es nula; la cementación es moderada; hay gravas de 2 a 7 cm. de forma subredondeada y frecuentes de origen volcánico, también hay guijarros y piedras de riolita, poco intemperizadas. La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es esponjosa y en moderada cantidad; las raíces son muy finas, finas y medias; el drenaje interno es moderado; color en seco es 10 YR 3/2 (negro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Horizonte (B) (50-75 cm.)

La separación es gradual, forma irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es muy friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras, la cementación es moderada, estructura de bloques subangulares, de tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es de poro fino y abundante; las gravas son de 0.5 cm., redondas y frecuentes, las piedras son abundantes poco intemperizadas; las raíces son finas; el color en seco es 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro) y en húmedo es 5YR 2.5/2 (pardo oscuro rojizo); la textura es limosa.

Descripción analítica

Se caracteriza porque tienen la presencia del alófono que altera la dispersión del material previo a los análisis, lo cual se refleja en la diversidad de resultados, la cantidad de arcilla es de 38% en el horizonte A y disminuye en el horizonte (B) a 36%, el limo en el horizonte A es de 38% y en el horizonte (B) a 40% es la partícula predominante, la materia orgánica en el horizonte A es de **% y decrece con la profundidad a 1%, el color en seco es 10YR 2/2 (pardo gris oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro).

Clasificación

De acuerdo a lo antes mencionado le corresponde al perfil COF40B es un Andosol Úmbrico (moderado profundo), porque tiene un horizonte A de 32 cm., fuerte reacción al NaF, buena porosidad, textura limo/arenosa y color 10 YR 2/1 (negro).

Características morfológicas y analíticas

Tipo de Suelo: Andosol Úmbrico (Serie "Plan de Guinda") (COF 43B)

Descripción morfológica

Horizonte Ap (0-20 cm.)

La separación es clara en forma plana; con moderada reacción al fluoruro de sodio (++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

Presencia de guijarros y gravas, de forma angular frecuentes, poca alteración de dichos materiales o sea del esqueleto. La estructura es de forma

granular, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es muy fina y abundante.

Presencia de raíces medias, finas y gruesas; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/4 (pardo) y en húmedo es 7.5 YR 2/0 (negro); la textura es limo-arenosa.

Horizonte A11 (20-30 cm.)

La separación es clara, la forma es discontinua; con moderada reacción al fluoruro de sodio (++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es moderada; hay gravas de 1 a 2 cm. de tamaño, forma redondeada y escasas de origen volcánico, poco intemperizadas.

La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es de poro fino y escasos; las raíces son muy finas, finas y medias abundantes; el drenaje interno es moderado; color en seco es 10 YR 2/1 (negro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Horizonte (B) (62-89 cm.)

La separación es difusa y discontinua; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son moderadas, la cementación es débil, las gravas de 5 cm. de forma subredondeada y de escasa cantidad.

La estructura de bloques subangulares de tamaño medio y débil desarrollo, la porosidad es fina y escasa cantidad, abundantes raíces finas,; color en seco es 10 YR 2/1 y en húmedo es igual y la textura es limo-arcillosa.

Descripción analítica

La presencia del alófono altera la dispersión del material previo a los análisis, lo cual se refleja en la diversidad de resultados, la cantidad de arcilla es de 11 a 35.6% en el horizonte A y en el horizonte (B) es de 35.6%, el limo en el horizonte A es de 31 a 50% y en el horizonte (B) es de 37.6%, la materia orgánica en el horizonte A es de 15 a 23% y aumenta en el horizonte (B) a 29%.

En superficie tienen pH (agua 1:2.5) de 4 a 5 y en profundidad el pH es de 5.2. El pH en NaF en el horizonte A es de 10.6 y en el horizonte (B) es entre 10.4 lo que denota la presencia de abundante alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 16 a 32 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 23 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) es >50%, por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado y la capacidad de intercambio efectiva en el horizonte A es de 7.05 y en el horizonte (B) es de 6.91 y el complejo saturado con el ión hidrógeno.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte A es de .6 a 2.15 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 0.5 meq/100 g, que los demás cationes; El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de trazas a 12 ppm y en el horizonte (B) es de 4 ppm.

Clasificación

De acuerdo a lo antes mencionado el perfil COF43B es un Andosol Úmbrico (profundo) cuyas características son: Tiene un espesor del horizonte A (0-62 cm.) de color negro a gris muy oscuro de textura limosa untuosa-arcillosa y limo-arenosa, porosidad fina de tamaño medio y de débil desarrollo. Estructura de bloques angulares y granular, de tamaño fino a moderado y de débil a moderado desarrollo, de moderada a fuerte y rápida reacción al NaF.

Tipo de Suelo: Andosol Úmbrico (Serie "Los Laureles") (COF 38B)

Descripción morfológica

Subhorizonte Ap (0-12 cm.)

La separación es clara pero de forma irregular; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte; la consistencia en seco es suelta y en húmedo es muy friable; la adhesividad y la plasticidad es ligera; la cementación es débil.

Presenta un buen desarrollo y el horizonte está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Las raíces medias y finas son abundantes; hay poca actividad biológica; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 4/2 (pardo gris oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (pardo muy oscuro), textura limosa.

Subhorizonte A1/(B) (12-23 cm.)

La separación es gradual de forma irregular; con fuerte reacción al fluoruro de sodio; consistencia en seco suelta y en húmedo friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada; se presentan piedras de forma redondeada pero en escasa cantidad.

Presenta un buen desarrollo y el horizonte está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Con abundantes raíces finas y medias; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 3/3 (pardo oscuro) y en húmedo es 7.5YR 3/4 (pardo oscuro); la textura es limosa.

Horizonte (B) (23-55 cm.)

La separación es difusa de forma irregular, la reacción al fluoruro de sodio es

fuerte; la consistencia en seco y en húmedo es blanda y muy friable respectivamente; la adhesividad y la plasticidad son ligeras para ambos; la cementación es débil.

El horizonte presenta un buen desarrollo y está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Se presentan raíces finas, medias y gruesas, en descomposición; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 4/4 (pardo amarillento oscuro) y en húmedo 7.5 YR 3/4 (pardo oscuro); textura limosa (o arcillosa, untuosa al tacto).

Descripción analítica

La presencia del alófono altera la dispersión del material previo a los análisis, lo cual se refleja en la diversidad de resultados, la cantidad de arcilla es de 26% en el horizonte A y disminuye en el horizonte (B) a 13%, el limo en el horizonte A es de 35% y en el horizonte (B) de 30%, la materia orgánica en el horizonte A es de 14% y el horizonte (B) de 6%.

En superficie tienen pH agua (2:2.5) de 4 a 5 y en profundidad el pH es de 5.5 El pH en NaF en el horizonte A es de 10 y en el horizonte (B) es entre 10 y 11 lo que denota la presencia de abundante alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 12 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 6 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) en el horizonte A y en el horizonte (B) <50% (20-30%), por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado y la capacidad de intercambio efectiva en el horizonte A es de 3.61 a 9.9 y en el horizonte (B) es de .97 a 1.56 y el complejo saturado con el ión hidrógeno.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte A es de 1.7 meq/100 g y en el horizonte (B) va de 1 a 2 meq/100 g, que los demás cationes.

El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de trazas a 4 ppm y en el horizonte (B) de trazas a 3.5 ppm.

Clasificación

De acuerdo a lo antes mencionado el perfil COF38B Andosol Úmbrico (moderado profundo) cuyas características son: Tienen el horizonte A (0-35 cm.) de color negro a pardo oscuro 10YR, de textura limosa untuosa y limo-arenosa, porosidad media de moderada de tamaño medio y de débil a moderado desarrollo. Estructura de bloques subangulares y granular, de tamaño medio y de moderado a débil desarrollo, fuerte y rápida reacción al NaF.

3.1.2. Los Andosoles háplicos

3.1.2.1. Definición

Se caracterizan porque tienen un horizonte A ócrico y un horizonte (B) cámbico; que tienen una consistencia untuosa y una textura franco limosa o más fina para la textura promedio de todos los horizontes comprendidos en una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie. El horizonte ócrico es de color claro, croma alto y contiene poca materia orgánica. Cuando es seco se vuelve duro y masivo. El horizonte (B) cámbico es un horizonte de alteración, caracterizado por una estructura, una alteración incompleta de los minerales primarios y una capacidad de intercambio catiónico superior a 16 m/100g.

Se distingue del horizonte C subyacente por una coloración más marcada y un contenido en arcilla más elevado.

Los horizontes A, tienen de 22% de arcilla, de 30 a 36% de limo y de 40 a 50% de arena, en el horizonte B disminuye el contenido de arcilla, así también sucede con el limo pero las arenas aumentan de 55 a 70%.

El contenido de materia orgánica oscila en el horizonte A entre 5 y 6% y decrece en el horizonte B de 2 a 3%.

El pH en el horizonte A es de 5.5 a 6 y en el horizonte B es de 5.5 a 6.4 por lo cual se consideran poco ácidos.

El pH en NaF es de 10.8 en el horizonte A y de 11 en el horizonte B lo que implica la presencia de alófono.

La capacidad de intercambio catiónico se sitúa entre 24 y 32 meq/100 g en ambos horizontes, la saturación de bases intercambiables es 12 a 24%.

En el caso de los de cultivo, tienen horizonte A (0-40 cm.) de color café oscuro textura limosa-arenosa, porosidad gruesa abundante.

Estructura de bloques subangulares, de tamaño fino y débil desarrollo, moderada reacción al NaF.

Tiene un horizonte (B) de estructura de alteración de color café oscuro, textura limo-areno-arcillosa, de poro grueso abundante, bloques subangulares tamaño fino a medio y débil desarrollo y moderada reacción al NaF.

Los horizontes A, tienen de 10-20% de arcilla, de 39 a 48% de limo y de 34 a 44% de arena, en el horizonte B se mantiene dichos contenidos.

El contenido de materia orgánica oscila en el horizonte A 2.5% y decrece en el horizonte B de 0.4 a 1%.

El pH en el horizonte A es de 6 y en el horizonte B es de 6.3 a 7 por lo cual se consideran casi neutros.

El pH en NaF es de 9 a 10 en el horizonte A y de 9.5 a 9.9 en el horizonte B lo que implica la presencia de alófono.

La capacidad de intercambio catiónico se sitúa entre 10 a 22 meq/100 g en el horizonte A y en el horizonte (B) de 12 a 29 meq/100 g, la saturación de bases intercambiables es 22 a 70%, en el horizonte A y en el (B) es de 40 a 70%.

En el caso de los de bosque tienen un horizonte A (0-15 cm.) de color café oscuro de textura limo-arenosa o areno-limosa, porosidad de poro mediano y moderada cantidad, estructura de bloques subangulares de tamaño mediano y moderado desarrollo, moderada reacción al NaF.

Tiene un horizonte (B) de estructura de alteración de color café oscuro, textura limo-arenosa con poro mediano y moderada cantidad, bloques subangulares, tamaño mediano y moderado desarrollo y de poca reacción al NaF.

3.1.2.2. Distribución

Se extienden sobre la ladera seca, es la vertiente occidental que desciende hacia el valle de Perote con un clima seco templado además del semifrío subhúmedo (Bs1Kw), para la estación climática de Perote la temperatura media anual es entre 12°C y 18°C y la precipitación total va de 800 a 1200 mm.

Cubierta vegetal y uso del suelo.- El bosque que cubre a estos suelos son los de pino y abetos y el uso agropecuario es papa, maíz, avena, trigo, cebada y ganado caprino.

Materiales parentales.- Los perfiles de estos suelos se distribuyen en los paisajes morfoedafológicos de la manera siguiente:

Los depósitos piroclásticos de caída de lapilli (pómez, tepetzil) se encuentran: COF56 y COF57 y los que se encuentran sobre depósitos de flujo piroclástico de cenizas volcánicas y bloques ellos son: COF41, COF55, COF58, COF59.

3.1.2.3. Análisis de perfiles (Morfología, análisis químicos y clasificación)

3.1.2.3.1. Uso del suelo de bosque

Características morfológicas y analíticas.

Descripción morfológica.

Tipo de Suelo: Andosol Háplico (Serie "20 de noviembre") (COF 56)

Subhorizonte A11 (0-20 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF, moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil; la estructura del esqueleto es de forma granular ligero desarrollo, tamaño medio, los agregados se agrupan en racimos; la porosidad es buena de poro grueso debido a la abundancia de raíces, abundantes; raíces finas, medias y gruesas regularmente abundantes; drenaje interno bueno; intenso actividad de las lombrices las cuales son grandes (0.5 y 1

cm. de diámetro de color rojizo) el color en seco es 10 YR 5/4 (pardo amarillento), en húmedo 10YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arenosa.

Características analíticas

Las arcillas van de 15 a 49% en el horizonte A y de 23% en el B, el limo tiene valores de 20 a 43% en el A y de 45% en el horizonte B.

El color en seco es pardo amarillento (10YR5/4) y en húmedo es pardo oscuro amarillento (10YR 3/4) a amarillo pardo oscuro (10YR6/6). El pH en agua va de 6.22 a 6.47, en KCL va de 6.16 a 5.29 y en NaF++ va de 9.98 a 10.

La capacidad de intercambio catiónico va de 36.5 a 21 meq/100 g; los cationes intercambiables, el caso del Na+ va de 0.15 a 0.31 meq/100 g; el K+ va de 0.38 a 0.72, el Ca++ va de 1.88 a 3.63 meq/100 g y Mg++ va de 0.78 a 1.24 meq/100 g, sólo en el caso del Ca++ hay un aumento con la profundidad, caso contrario sucede con el los otros cationes. La materia orgánica va de 7.16 a 0.22 %. El fósforo cambia, va de 1.2 a 0.2 ppm.

Clasificación

De acuerdo a sus características morfológicas y analíticas el perfil COF56 Andosol háplico.

Tipo de Suelo: Andosol Háplico (Serie "El Conejo") (COF 58)

Descripción morfológica

Horizonte A1 (0-25 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con fuerte reacción al NaF es fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de bloques de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos y abundantes por las raíces; raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 4/3 (pardo amarillento); textura limo-areno-arcillosa, presencia de tixotropía.

Horizonte (B) (25-50 cm.)

La separación es tenue, de forma irregular con moderada reacción al NaF es moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de bloques de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos y abundantes por las raíces; raíces finas medianas y grandes abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/6 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 5/4 (pardo amarillento); textura areno-limosa, presencia de tixotropía.

Descripción analítica

La textura es en arcilla de 21 a 16 %; el limo cambia de 36 a 13 % y la arena de 42 a 60 %. El color en seco es pardo oscuro (10YR4/3) y pardo pálido (10YR6/3) y en húmedo va de pardo oscuro amarillento (10YR6/3) a pardo amarillento (10YR5/8).

El pH en agua de 5.97 a 6.32, en KCL va de 5.39 a 5.97 y en NaF va de 10.76 a 10.61.

La capacidad de intercambio catiónico cambia de 32.2 a 13.8 meq/100 g; los cationes intercambiables van, para el Na⁺ de 0.28 a 0.22 meq/100 g, para el K⁺ va de 0.46 a 0.26 meq/100 g, el Ca⁺⁺ 6.45 a 1.66 y el Mg⁺⁺ va de 0.68 a 0.31 meq/100 g.

La materia orgánica va de 5.95 a 0.22 %; el fósforo disponible cambia de 5 ppm.

Clasificación:

El tipo de suelo 5 corresponde al perfil **COF58** el cual es un **Andosol háplico** cuyas características es tener un horizonte A (25 a 50 cm.) pardo amarillento de estructura de bloques subangulares de tamaño mediano y débil desarrollo. Horizonte (B) (50 a 73 cm.) de estructura de bloques subangulares, tamaño mediano y débil desarrollo de color pardo amarillento claro.

Tipo de Suelo: Andosol Háplico, Serie "Tenextepac" (COF41) (<50% de saturación de bases)

Descripción morfológica

Subhorizonte A11 (9-15 cm.)

La separación del horizonte es clara, de forma plana; con moderada reacción al NaF(++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada. La estructura del esqueleto es de bloques subangulares, moderado desarrollo, y tamaño mediano, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro; la porosidad es de poro mediano, en cantidad moderada.

Abundantes raíces pequeñas, finas y gruesas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 5/3 (pardo), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo oscuro); textura areno-limosa.

Horizonte (B) (15-72 cm.)

La separación del horizonte es clara, de forma plana; con ligera y moderada reacción al NaF (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es muy friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares, moderado desarrollo, y tamaño mediano, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro; la porosidad es de poro mediano, en cantidad moderada.

Abundantes raíces pequeñas, finas y muy gruesas, las cuales forman grandes oquedades en el perfil, donde se acumula, humus de textura fina que provienen de la superficie, de color negro y untuosas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 7/6 (amarillo), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo oscuro); textura limo-arenosa.

Descripción analítica

La cantidad de arcilla en el horizonte A va de 16% a 18% y en el H(B) es de 21%; el limo en el horizonte A es de 39% y decrece en el horizonte (B) a 35%, las arenas en el horizonte A son de 34-44 % y en el horizonte (B) aumentan a 44%.

La materia orgánica en el horizonte A es de 2-5% y decrece con la profundidad, y en H(B) es de 1%.

En superficie tienen pH (agua 2:1) es alrededor de 6 en los horizontes A11 y (B), el pH en NaF en el horizonte A es de 9.6 y en el horizonte (B) es de 9.5, lo que denota la presencia de alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 10-13 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 12 meq/100 g.

La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) en el horizonte A <50% y en el horizonte (B) es de <50%, por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte A es de 2.9 a 5 meq/100 g, en (B) es de 4.7 meq/100 g, que los demás cationes.

El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de 4-6 ppm y en el horizonte (B) es de 1 ppm.

Clasificación

El tipo de suelo del perfil COF41 es un Andosol háplico * saturación de bases <50%) sus características son:

Tienen un horizonte A (0-25 cm.) de color pardo oscuro amarillento de textura limo-areno-arcillosa, porosidad de poro grueso abundante, estructura de bloques subangulares de tamaño mediano y débil desarrollo, fuerte reacción al NaF.

Tiene un horizonte (B) de estructura de alteración de color pardo oscuro amarillento, textura areno-limosa con poro grueso y abundante, bloques subangulares, tamaño mediano y débil desarrollo y de moderada reacción al NaF.

3.1.2.3.2. ANDOSOLES HÁPLICOS DE USO AGRÍCOLA

Tipo de Suelo : Andosol Háplico (Serie "Tenextepec") (COF 55)

Descripción morfológica

Horizonte Ap (0-35 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF moderada a fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares, moderado desarrollo, de tamaño grande, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es buena de poro mediano a grueso abundantes; raíces finas, medias y gruesas regularmente abundantes; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 5/3 (pardo amarillento), en húmedo 10YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arenosa.

Horizonte (B) (35-85 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada; la estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares pequeños (3 cm.) y débil desarrollo, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es de poro fino a mediano abundantes; hay presencia de oquedades ocasionadas por las raíces gruesas de los árboles llegan a medir hasta 15 cm. de diámetro, las cuales se rellenan de materia orgánica de la superficie y dan coloraciones oscuras tienen fuerte reacción al NaF; las raíces finas, medias son abundantes y las gruesas son escasas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 6/6 (pardo-amarillento), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo oscuro amarillento); textura limosa.

Descripción analítica

Se caracteriza en el color en seco cambia de pardo (10YR5/3) a parduzco (10YR6/6) y en húmedo de pardo oscuro amarillento (10 YR3/4) a amarillo parduzco (10YR6/8). El pH en agua va de 5.5 a 6.28, en va de 5.47 a 5.8, en Naf++ va de 10.46 a 8.92.

La capacidad de intercambio catiónico va de 19.2 a 20.03 meq/100 g, los cationes intercambiables, en el caso del Na+ va de 0.22 a 0.57 meq/100 g, el K+ va de 0.35 a 1.02 meq/100 g, el Ca++ va de 2.91 a 3.85 meq/100 g y Mg++ va de 0.49 a 1.6 meq/100 g.

La materia orgánica va de 3.38 a 0.35 %. El fósforo va de 40 a 0.8 ppm. La saturación de bases es > 50%.

Clasificación

El tipo de suelo del COF55 es un Andosol Háplico.

Tipo de suelo: Andosol Háplico (Serie "El Conejo") SUELO (COF 59)

Descripción morfológica

Horizonte Ap (0-12 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con ligera reacción al NaF (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño pequeño débil desarrollo; la porosidad es buena de poro grueso abundantes por las raíces.

Raíces finas medianas y grandes abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (café oscuro amarillento), en seco 10YR 6/4 (pardo-amarillento); textura limo-arenosa.

Horizonte (B) (12-39 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con ligera reacción al NaF (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño fino a mediano débil desarrollo; presencia de gravas en poca cantidad y guijarros un poco más; la porosidad es buena de poro grueso abundantes por las raíces; raíces finas medianas y grandes abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/6 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 7/6 (pardo amarillento); textura limo-arenosa.

Descripción analítica

La cantidad de arcilla es de 22% en el horizonte A y en el horizonte (B) es de 17%, el limo en el horizonte A es de 30% y en el horizonte (B) es de 15%, la arena es de 48% en el horizonte A y de 68% en el horizonte (B).

La materia orgánica en el horizonte A es de 5.3% y en el horizonte (B) es de 2.9%.

En superficie tienen pH (agua 2:1) de 5.6 y en profundidad el pH es de 5.7. El pH en NaF en el horizonte A es de 10.7 y en el horizonte (B) es entre 10.8 lo que denota la presencia de alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 16 a 32 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 23 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) en el horizonte (B) es de 12.3 %, por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte (B) es de 2.21 meq/100 g, que los demás cationes.

El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de 0.5 ppm y en el horizonte (B) es de 0.9 ppm.

Clasificación

El tipo de suelo 6b corresponde al perfil **COF59** el cual es un **Andosol ócrico dúctrico** cuyas características es tener un horizonte A (0-12 cm.) de color pardo amarillento y textura limo-arenosa, porosidad gruesa abundante. Estructura de bloques subangulares, de tamaño fino y débil desarrollo, poca reacción al NaF. Tiene un horizonte (B) de estructura de alteración de color amarillo, textura limo-arcillo-arenosa, de poro grueso abundante, bloques subangulares tamaño fino a medio y débil desarrollo y poca reacción al NaF.

Tipo de Suelo : Andosol Háptico (Serie "20 de noviembre") (COF 57)

Descripción morfológica

Horizonte Ap (0-40 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF moderado (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma subangular con la arena y el limo en pequeños y moderados racimos de forma redonda con moderado desarrollo, de tamaño pequeño, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es buena de poro grueso abundantes por las raíces.

Raíces finas y medianas abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 5/4 (pardo amarillento); textura limo-arenosa. Abundancia de arenas gruesas (5 mm.) y finas lo que denota que es un coluvión, presencia de tixotropía.

Horizonte (B) (40-58 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF moderado (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma subangular débil desarrollo, de tamaño grande; presencia de piedras pómez de tepetzil y rocas de basalto; la

porosidad es buena de poro grueso y abundante por las raíces; pocas raíces medianas y gruesas; hay fragmentos de carbón vegetal; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 7.5 YR 5/6 (pardo oscuro), en seco 10YR 7/6 (amarillo); textura limo-areno-arcillosa.

Descripción analítica

La cantidad de arcilla es de 20% en el horizonte A y en el horizonte (B) es de 24%, el limo en el horizonte A es de 39% y en el horizonte (B) es de 39%, la arena es de 40% en el horizonte A y de 36% en el horizonte (B).

La materia orgánica en el horizonte A es de 3% y en el horizonte (B) es de 0.4%.

En superficie tienen pH (agua 2:1) de 6 y en profundidad el pH es de 6.3. El pH en NaF en el horizonte A es de 10.1 y en el horizonte (B) es entre 9.9 lo que denota la presencia de alófono.

La capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A es de 21.7 meq/100 g y en el horizonte (B) es de 28.8 meq/100 g. La saturación en bases intercambiables (Na, Mg, K y Ca) >50%, por lo que el complejo de absorción se encuentra desaturado.

El contenido de nutrientes es generalmente bajo, aunque el calcio es más abundante, en el horizonte A es de 3.1, en el horizonte (B) es de 7.7 meq/100 g, que los demás cationes.

El contenido de fósforo disponible va en el horizonte A de 4 ppm y en el horizonte (B) es de 0.3 ppm.

Clasificación

El tipo de suelo del perfil COF57 es un Andosol háplico cuyas características son:

Un horizonte Ap (0 a 40 cm.) de color amarillento de estructura subangular, moderado desarrollo y tamaño pequeño de textura limo arenosa y reacción moderada al NaF. El Horizonte (B) de 40 a 58 cm. es cámbico de color amarillo, la estructura de forma subangular de débil desarrollo y tamaño grande, de textura limo-areno-arcillosa.

3.2. Propiedades analizadas de los perfiles

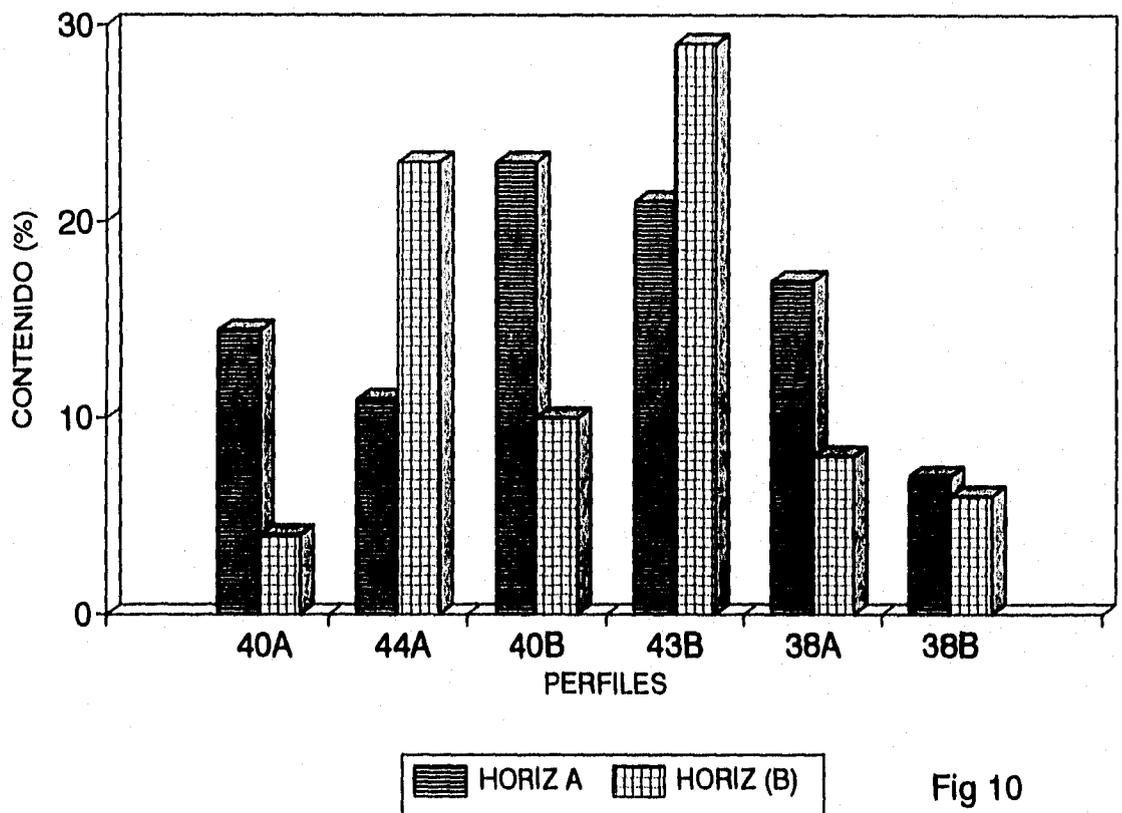
3.2.1. Propiedades Químicas (m.o., pH y CIC)

La Materia orgánica

En los Andosoles úmbricos, tanto el horizonte A como el (B) son ricos en materia orgánica, como se puede ver en la figura 10, donde se presentan todos los perfiles analizados; los perfiles presentan variaciones entre 3 y 30%; el horizonte A fluctúa entre 7 y 23% y en el horizonte (B) entre 4 y 29%.

MATERIA ORGANICA

ANDOSOLES UMBRICOS



En el caso de los suelos de bosque los valores en el horizonte A van de 11 a 17 y en el horizonte (B) de 4 a 23% y para los de cultivo en el horizonte A va de 7 a 23% y en el horizonte (B) va de 6 a 29%.

Para los háplicos la cantidad de materia orgánica es substancialmente menor. Las variaciones van de 0.4 a 6%; En el horizonte A los valores son de 1 a 6% y en el horizonte (B) entre 0.4 y 3% (ver figura 11). En el caso de los de bosque en el horizonte A va de 1 a 6% y para el horizonte (B) va de 0.4 a 3%, En el caso de los de cultivo el horizonte A va de 3 a 5% y en el horizonte (B) 0.3 a 3%; Existe mayor contenido de materia orgánica en el horizonte A que en el horizonte (B).

Los Andosoles úmbricos respecto a los Andosoles háplicos contienen para el horizonte A hasta cerca de 5 veces más materia orgánica. Y en el horizonte (B) hasta cerca de 10 veces más materia orgánica.

El pH

Los Andosoles úmbricos a lo largo de todo el perfil, en agua (1:2.5) los valores van de 4 a 6.5, en KCL (1:2.5) los valores van de 4 a 6.7 y las diferencias entre ambos pHs son de -1 a +1 y en NaF van de 9 a 11. Para los suelos de bosque los valores son para el de agua de 4 a 6.5 y en KCL de 4 a 6.7 y sus diferencias son de 0.5 a -0.2 y en NaF van de 9 a 11. En el caso de los suelos de cultivo en agua van de 4 a 5.5, en KCL 4 a 6.2 y las diferencias entre ambos pHs van de 0.1 a -0.7 y en NaF van de 10 a 11. Ver figura 12.

Los suelos de cultivo son ligeramente más ácidos y las diferencias de pHs son ligeramente mayores sin embargo son un poco más ricos en alófanos.

Los Andosoles háplicos a lo largo de todo el perfil en agua (1:2.5) los valores van de 5 a 7 y en KCL (1:2.5) los valores van de 4 a 6.4 y las diferencias entre ambos pHs son menores de 1 y en NaF van de 9 a 11. Para los suelos de bosque los valores son para el agua de 5 a 7, en KCL de 5 a 6.4 y las diferencias entre ambos pHs son menores de 1 y en NaF 9 a 11. En el caso de los de cultivo en agua son iguales a los anteriores casos y en KCL van de 4 a 6 y las diferencias entre ambos pHs van de valores menores a 1 a -1 y en NaF son iguales a los anteriores casos. Ver figura 13.

Solo se observan ligeros cambios en el pH en KCL siendo muy pocos y las diferencias entre los pHs cuando alcanzan los de cultivo valores negativos son menores de 1.

Los Andosoles úmbricos son más ácidos que los Andosoles háplicos.

MATERIA ORGANICA

ANDOSOLES HAPLICOS

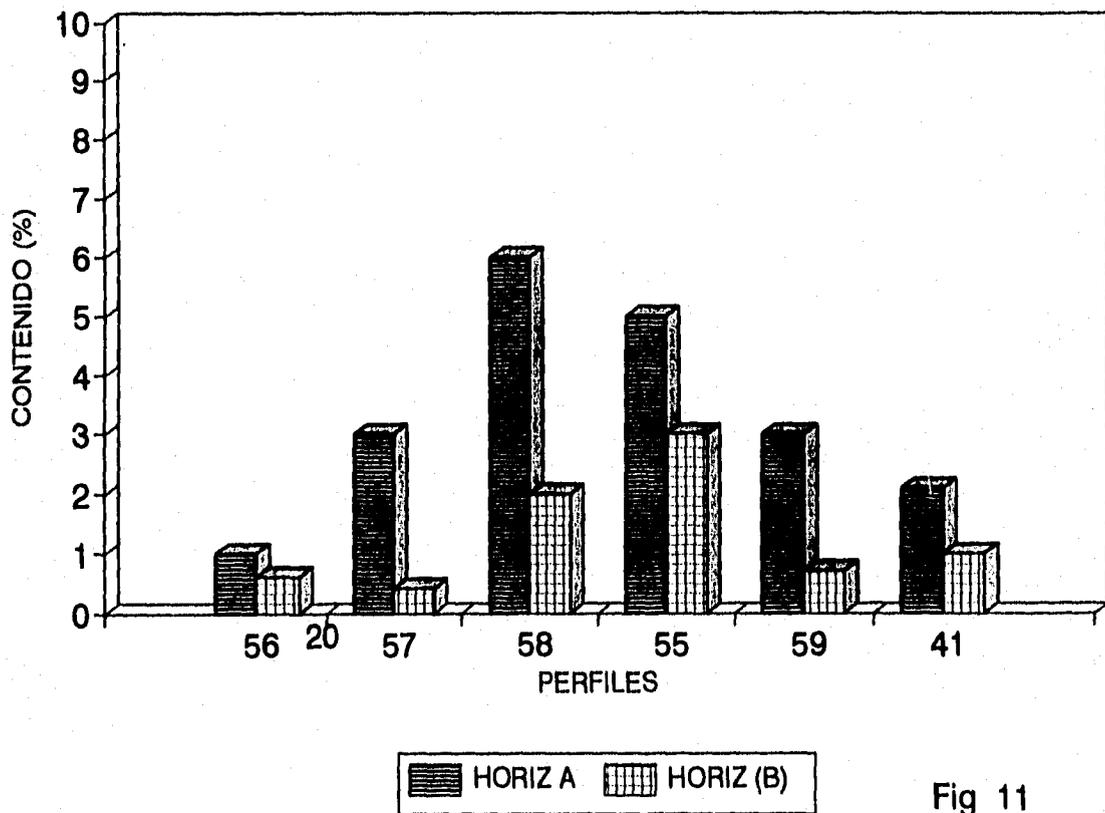


Fig 11

pH DE ANDOSOLES UMBRICOS

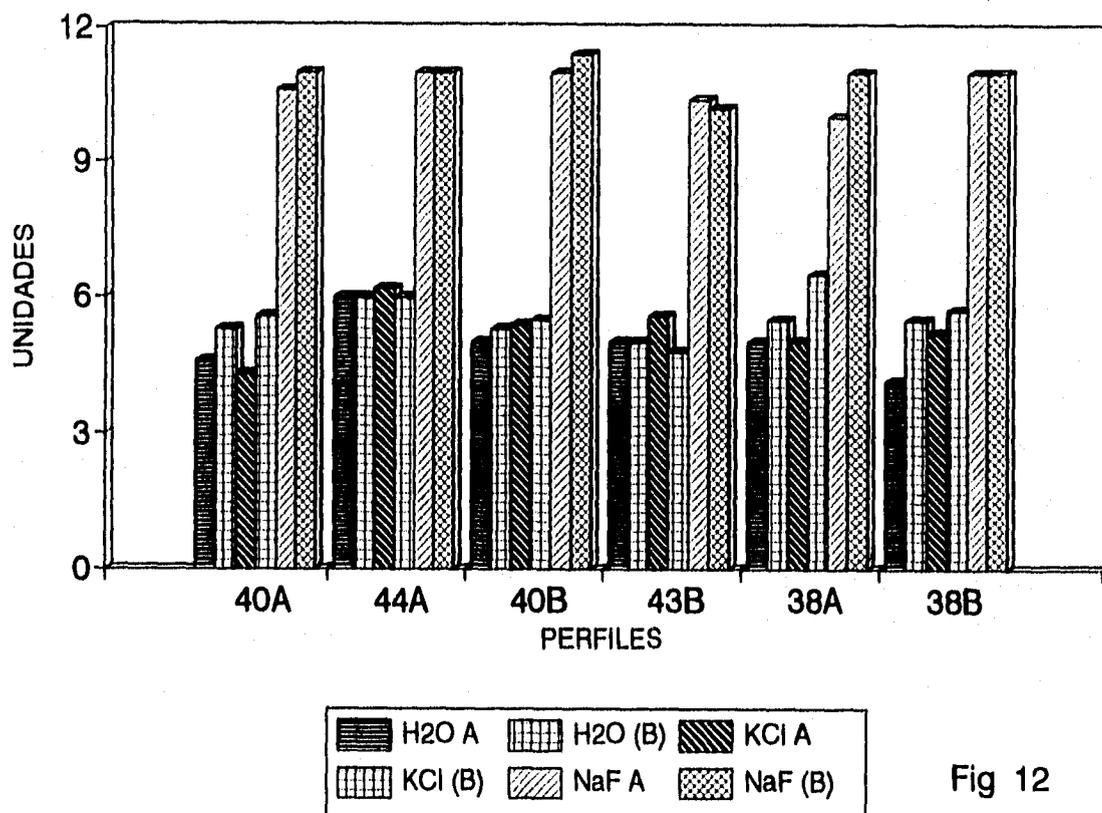


Fig 12

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

pH DE ANDOSOLES HAPLICOS

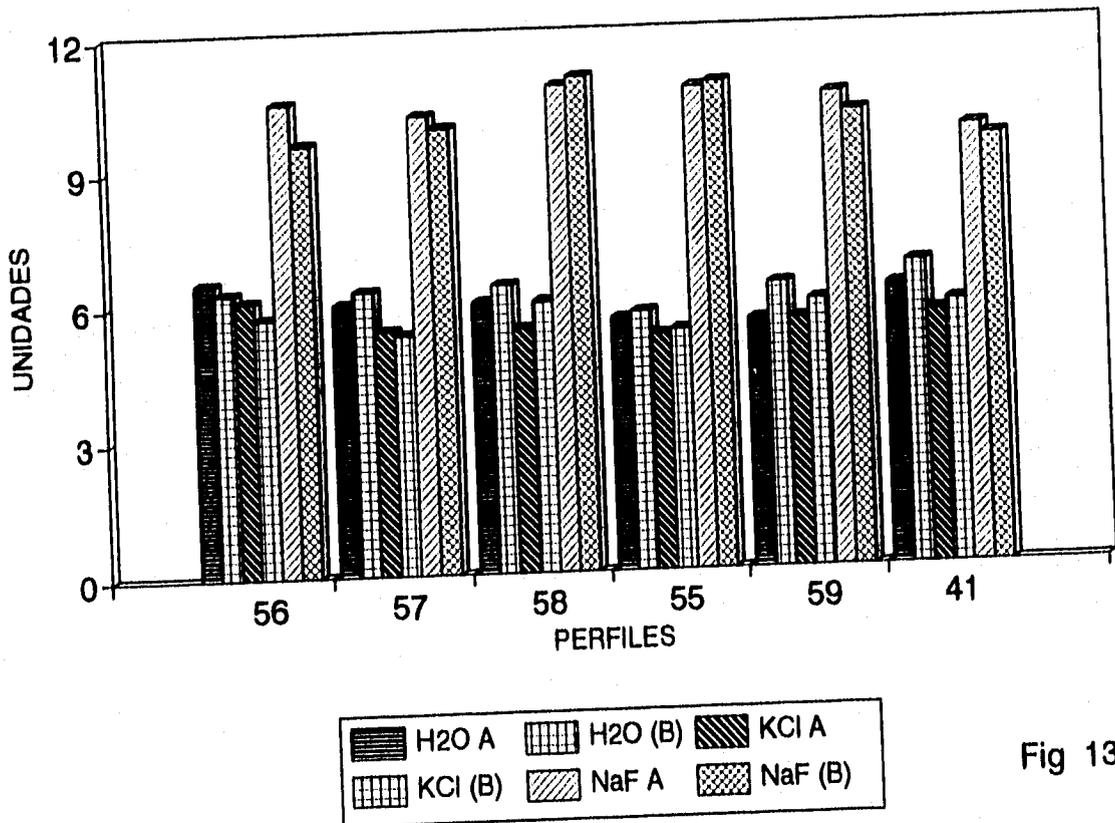


Fig 13

Capacidad de intercambio catiónico

Los Andosoles úmbricos a lo largo del perfil presentan valores de 6 a 31 meq/100 g y para los suelos de bosque los valores van de 7 a 24 meq/100g pero para los de cultivo los valores van de 6 a 31 meq/100g.

Para los Andosoles háplicos a lo largo de todo el perfil presentan valores de 1 a 36 meq/100g, para los suelos de bosque los valores van de 10 a 36 meq/100g pero para los de cultivo los valores van de 1 a 29 meq/100g. Los mayores valores corresponden a los háplicos de bosque.

Saturación de bases

Los Andosoles úmbricos a lo largo del perfil tienen valores entre 2 y 70% estos últimos en las partes profundas con una predominancia de valores menores al 50% para ambos usos del suelo. Ver figura 14.

Para los Andosoles háplicos a lo largo de todo el perfil los valores van de 3 a 87% los valores predominantes son menores a 50% para ambos usos del suelo. Sin embargo para el perfil COF41 tiene valores <50%. Los valores mayores son de los háplicos con respecto a los úmbricos. Ver figura 15.

3.2.2.1. Propiedades Físicas (Granulometría, texturas, densidades y porosidad)

En los Andosoles úmbricos las arcillas en el horizonte A van desde 9 a 36% y en el horizonte (B) de 14 a 24%. Los limos en el horizonte A van desde 34 a 56% y en el horizonte (B) van desde 30 a 48%. Las arenas en el horizonte A van desde 25 a 40% y en el horizonte (B) van desde 31 a 56%. En ambos horizontes las partículas más abundantes son los limos y las arenas. Ver figura 16.

En el horizonte A, la textura es en su mayor parte 50% francas, en menor abundancia migajón arcillosas (33%) y de migajón limosos (17%), para el horizonte (B) el 84% son de textura franca y solo el 16% es migajón limosa. ver tabla siguiente.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

SATURACION DE BASES

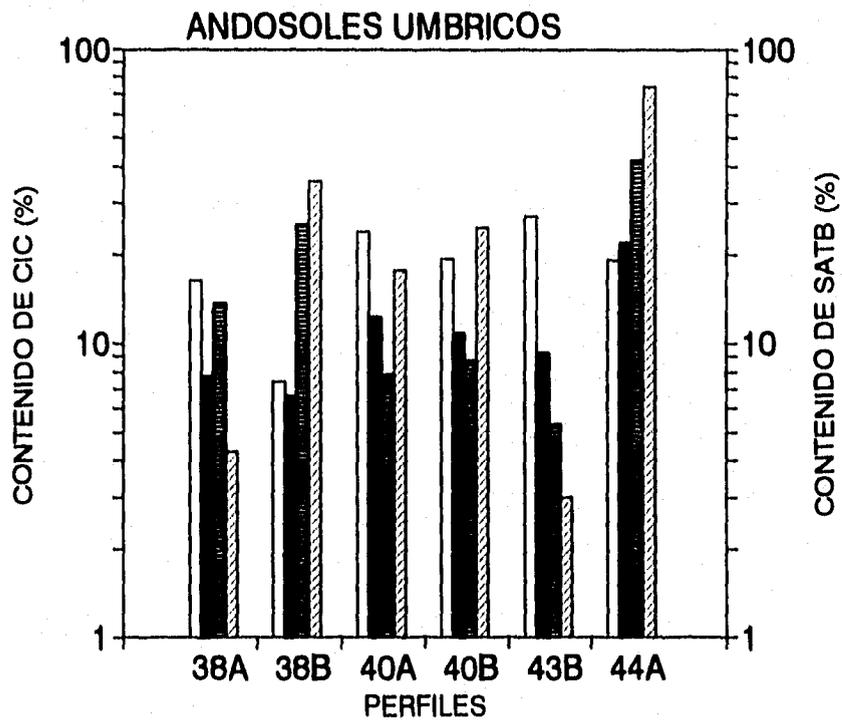
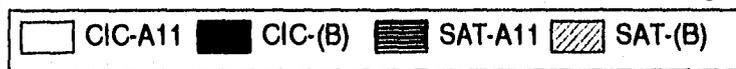


Fig 14



CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO SATURACION DE BASES

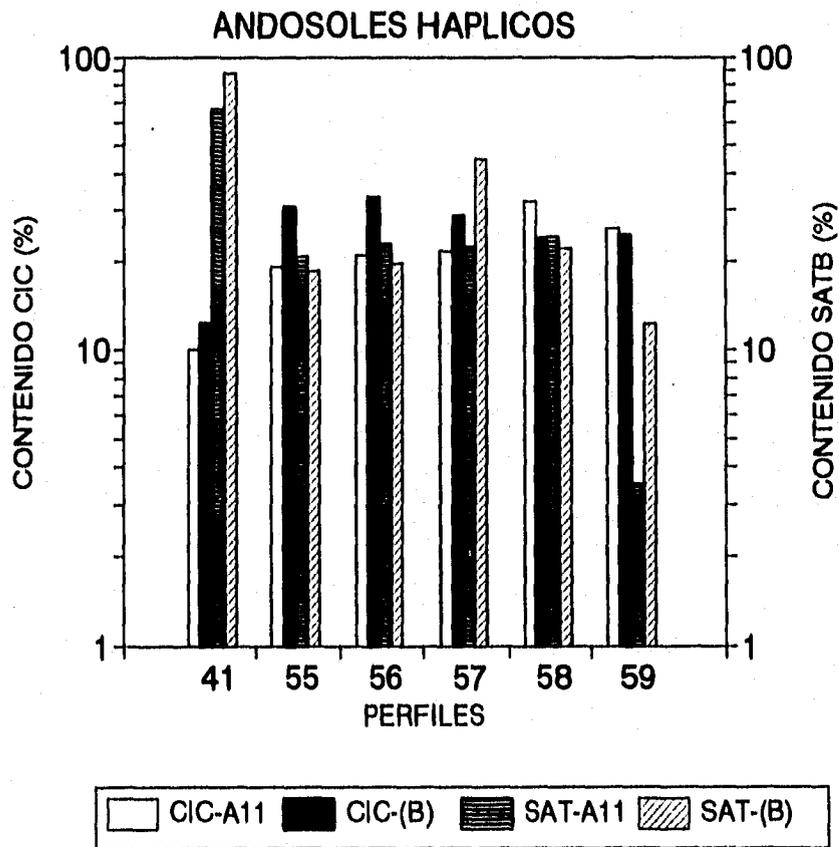
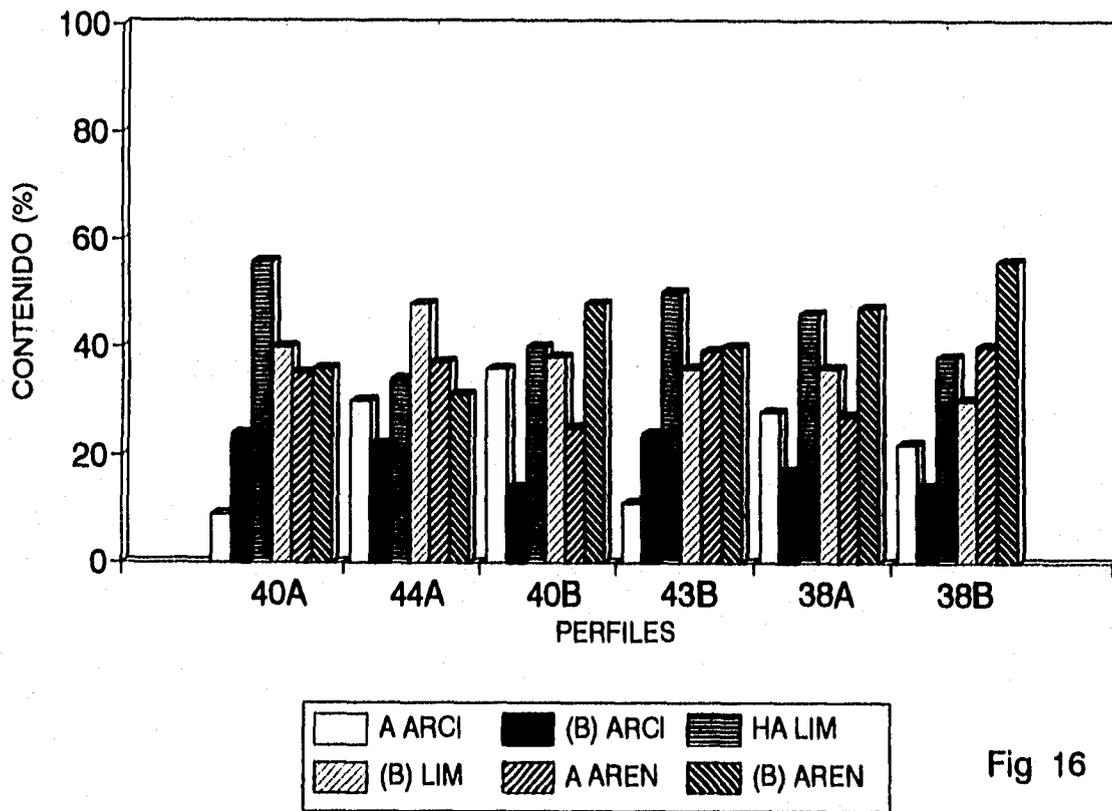


Fig 15

PARTICULAS DE LOS ANDOSOLES

UMBRICOS DEL COFRE DE PEROTE



82

Fig 16

Tabla 5. La textura dominante en los suelos de esta vertiente son los francos tanto en el horizonte A como en el (B).

VERTIENTE HUMEDA	HORIZONTE A	HORIZONTE (B)
COF40A	MIGAJON LIMOSO	FRANCO
COF44A	MIGAJON ARCILLOSO	FRANCO
COF40B	MIGAJON ARCILLOSO	FRANCO
COF43B	FRANCO	FRANCO
COF38A	FRANCO	FRANCO
COF38B	FRANCO	MIGAJON ARCILLOSO

En los Andosoles háplicos las arcillas en el horizonte A van desde 17 a 49% y en el horizonte (B) van desde 17 a 28%. Los limos en el horizonte A van desde 20 a 42% y en el horizonte (B) van desde 15 a 46%. Las arenas en el horizonte A van desde 31 a 48% y en el horizonte (B) van desde 27 a 68%. Ver figura 17.

En el horizonte A las partículas más abundantes son los limos y las arenas y en el horizonte (B) las arenas son las partículas más abundantes.

En el horizonte A presenta el 67% de textura franca y el 17% arcillosas y el otro 17% es migajón arcillosos, para el caso del horizonte (B), el 50% es franco y el 33% migajón arcilloso, solo el 17% s es limosa.

Tabla 6. La textura dominante en ambos horizontes es la textura franca.

VERTIENTE SECA	HORIZONTE A	HORIZONTE (B)
COF56	ARCILLA	FRANCO
COF57	FRANCO	FRANCO
COF58	FRANCO	MIGAJÓN ARCILLOSO
COF55	MIGAJÓN ARCILLOSO	LIMOSO
COF59	FRANCO	MIGAJÓN ARCILLOSO
COF41	FRANCO	FRANCO

La vertiente húmeda presenta menor cantidad de arcillas que la vertiente seca, sin embargo los contenidos de partículas en ambos horizontes son muy parecidos. En ambas vertientes se repite el patrón de dominancia de las texturas francas, le siguen en dominancia las texturas migajón-arcillosa y eventualmente aparece la textura arcillosa sola o con limos o bien limosa solamente, todas ellas para ambos horizontes.

PARTICULAS DE LOS ANDOSOLES

HAPLICOS DEL COFRE DE PEROTE

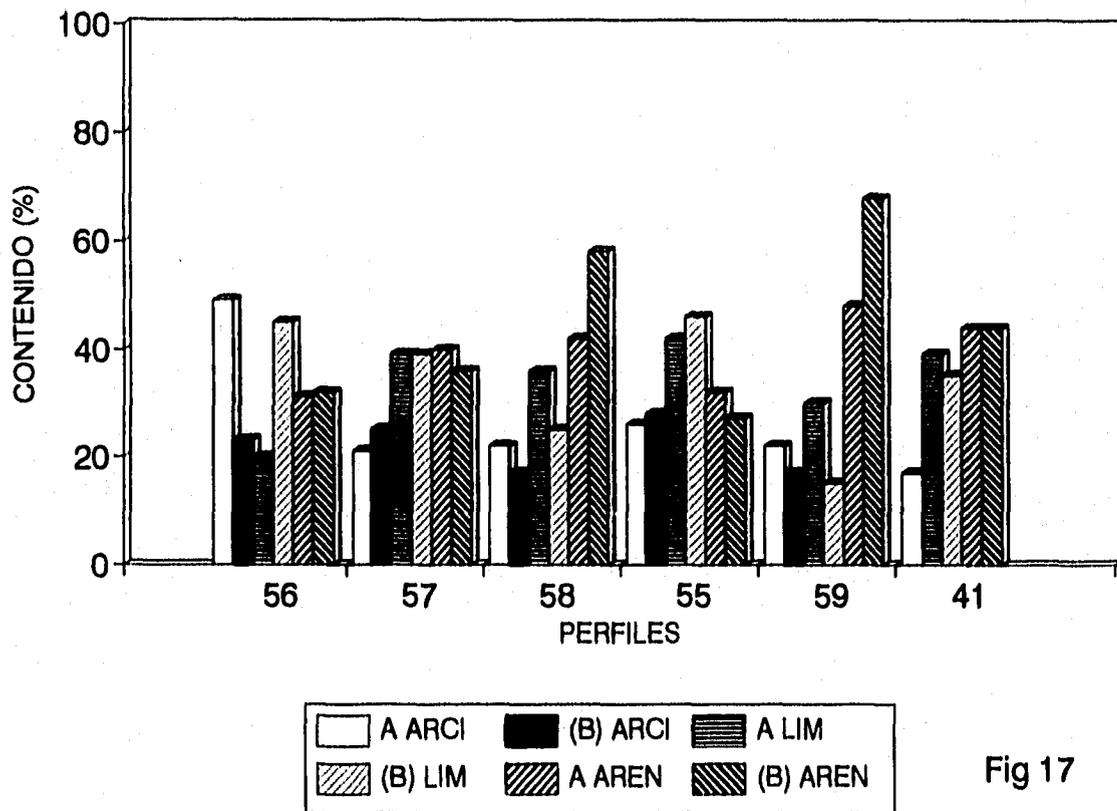


Fig 17

Densidades y Porosidad

Los Andosoles úmbricos en el horizonte A y en el horizonte (B) tienen valores de densidad real de 1.8 a 2.3 g/cm³. En los de bosque los valores son de 2.0 a 2.3 g/cm³ y en los de cultivo los valores son de 1.8 a 2.3 g/cm³.

En el caso de la densidad aparente en el horizonte A tiene valores de 0.5 a 0.8 g/cm³ y en el horizonte (B) va de 0.5 a 1.0 g/cm³. Como se ve en la figura 18 los valores de los de bosque son ligeramente más bajos ambos horizontes aunque los de cultivo en el horizonte (B) sea un poco elevados.

A partir de la relación que se establece entre ambas densidades se obtiene la porosidad total la cual en el horizonte A va de 65 a 78 % y en el horizonte (B) va de 54 a 78 %. Como se ve en la figura 19 la porosidad mayor corresponde a los de bosque entre 70 y 80% con respecto a los de cultivo que son entre 50 y 70%.

La densidad real es parecida para ambos usos del suelo, mientras que la densidad aparente difiere siendo mayor para el horizonte (B) y el cultivo la rebaja; la porosidad es mayor para el uso de bosque y difiere en los horizontes ya que son muy semejantes en el horizonte A pero en el horizonte (B) son mayores los de bosque.

Los Andosoles háplicos en el horizonte A tienen valores de densidad real desde 1.9 a 2.4 g/cm³ y en el horizonte (B) desde 1.7 a 2.3 g/cm³, hay ligera heterogeneidad con respecto a los valores que a veces son iguales, son mayores en el horizonte A o bien son mayores en el horizonte (B); para el uso de bosque en el horizonte A los valores van de 1.9 a 2.4 g/cm³ y para los de uso agrícola de 2.1 a 2.4 g/cm³, los valores mayores son los de uso agrícola; para el horizonte (B) de uso de bosque los valores van de 2.1 a 2.4 g/cm³ para los cultivados los valores van de 1.7 a 2.3 g/cm³. Los valores mayores para el horizonte A son los cultivados y para el horizonte (B) son los de bosque.

La densidad aparente en el horizonte A tiene valores entre 1.0 y 1.3 g/cm³ y en el horizonte (B) van de 0.9 a 1.3 g/cm³, los valores a veces son iguales entre ambos horizontes y en otros casos son mayores en el horizonte A; Como se ve en la figura 20, los valores mayores para el horizonte A es el de uso de bosque pero para el horizonte (B) es el de uso agrícola.

La porosidad total para el horizonte A van de 36 a 58% y el horizonte (B) van de 25 a 62%. Como se ve en la figura 21. La porosidad aumenta en el horizonte A de los de cultivo y disminuye en el horizonte (B).

**DENSIDADES
ANDOSOLES UMBRICOS**

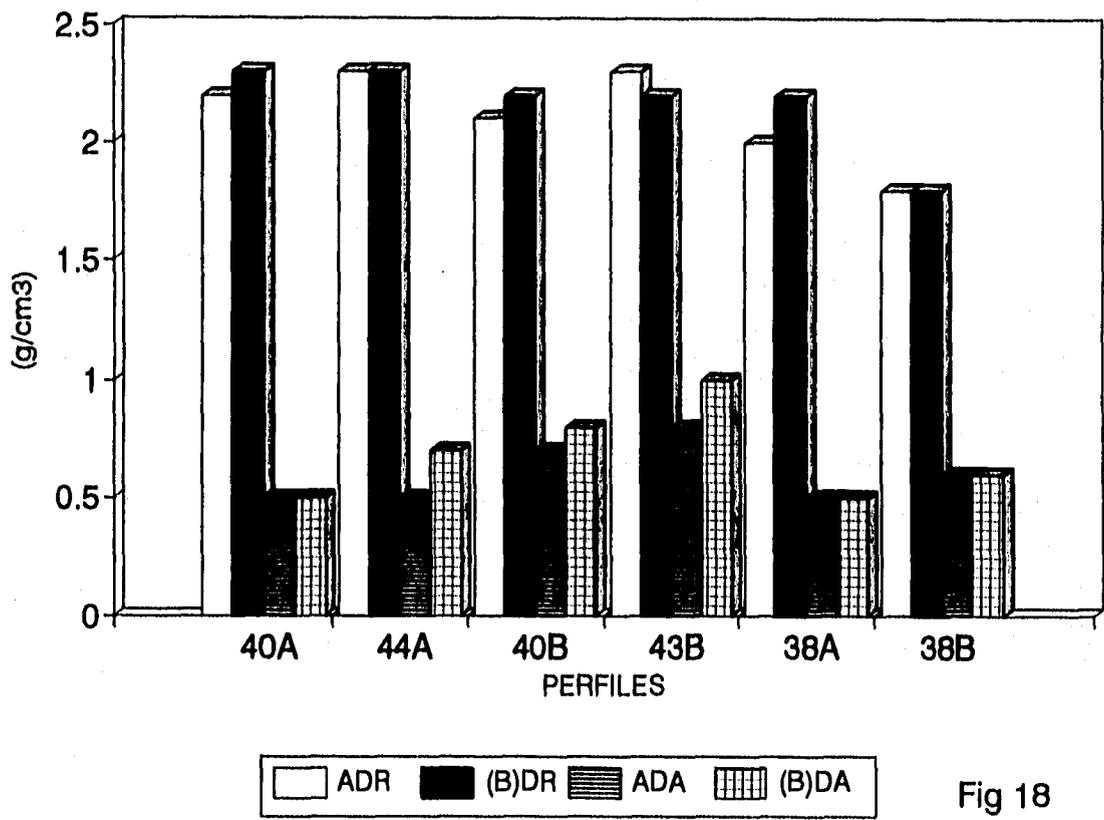
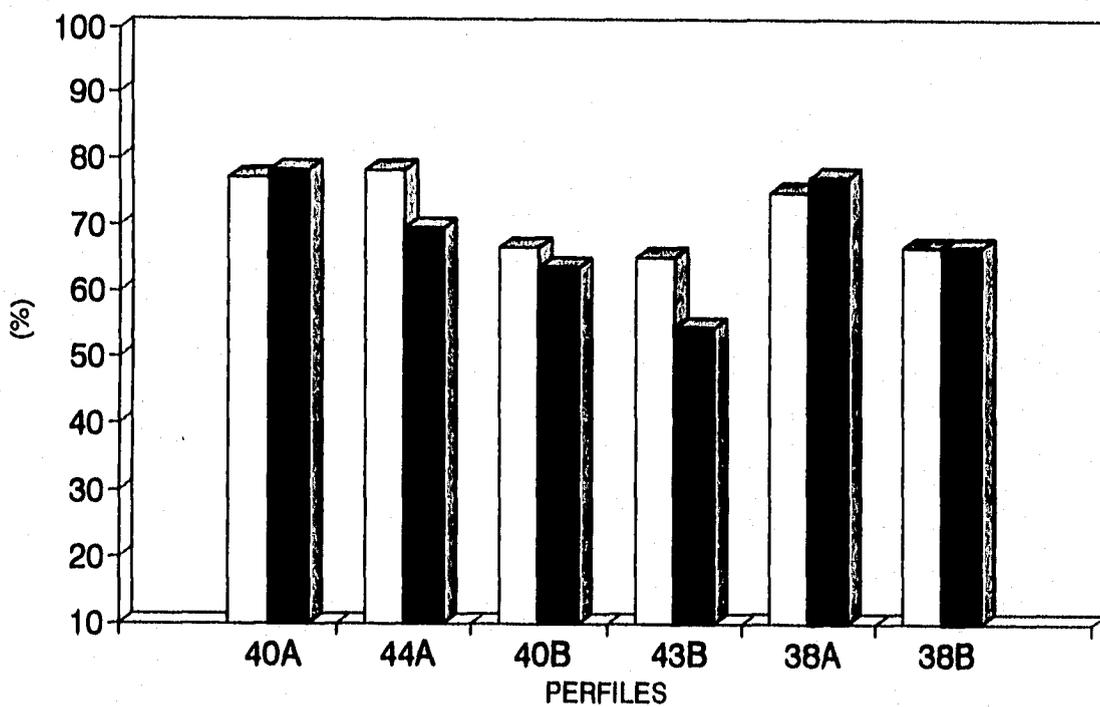


Fig 18

POROSIDADES
ANDOSOLES UMBRICOS



□ HOR A ■ HOR (B)

Fig 19

DENSIDADES
ANDOSOLES HAPLICOS

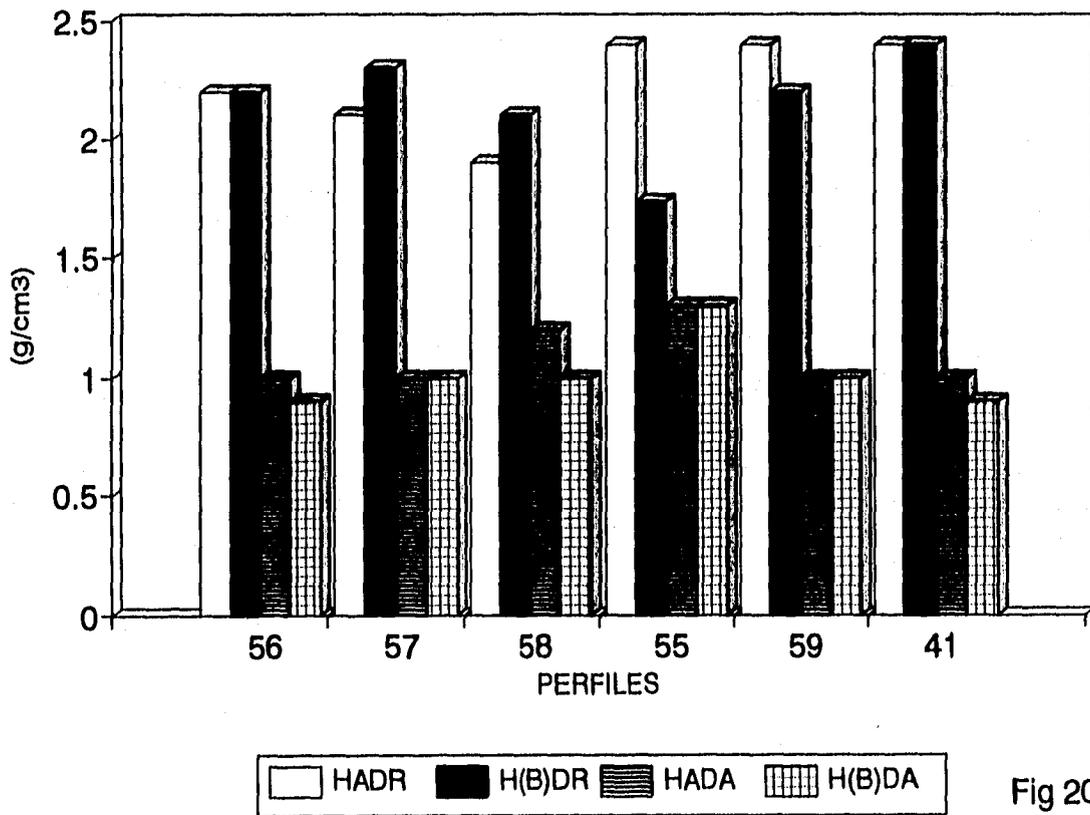


Fig 20

POROSIDADES
ANDOSOLES HAPLICOS

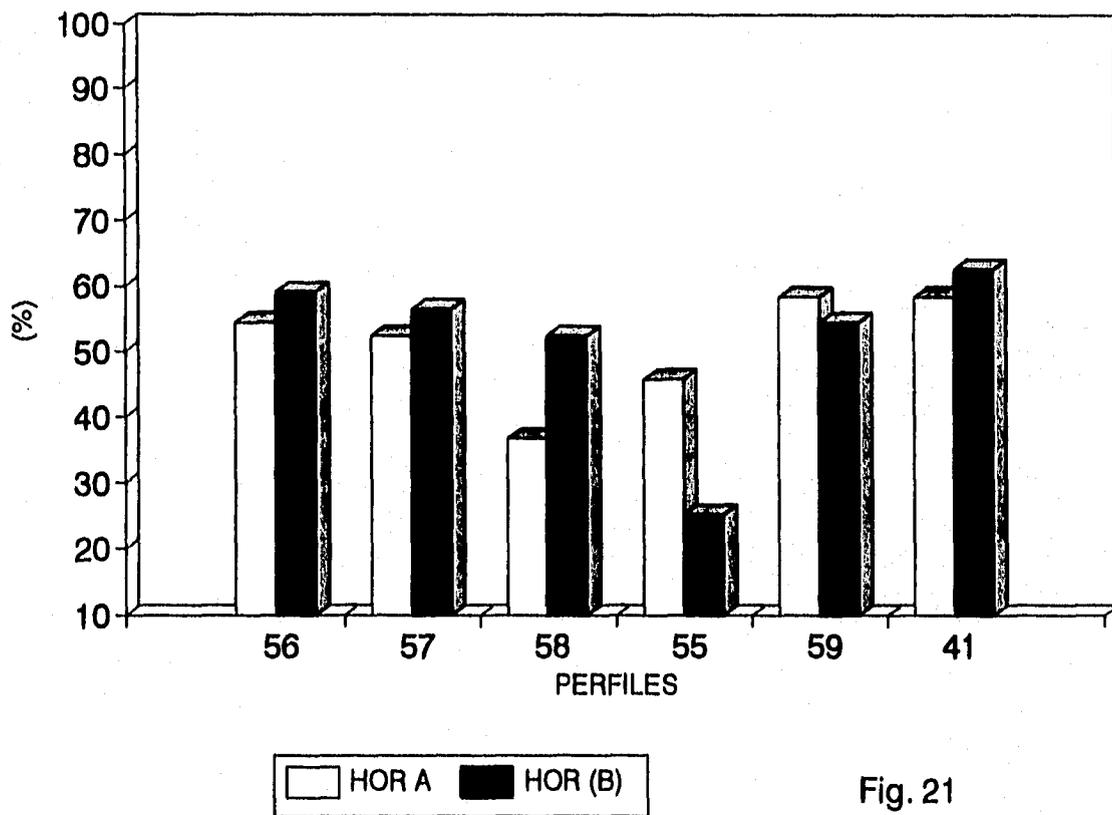


Fig. 21

3.2.2.1.1. Hídricas (Estabilidad, permeabilidad, constantes de humedad, humedad estacional y retención de agua)

Se muestran los resultados de algunas propiedades que influyen directamente en las propiedades hídricas del suelo como son la permeabilidad y la estabilidad de los agregados.

Permeabilidad

En los Andosoles úmbricos en el horizonte A va de 3.5 a 37 cm/h y en el horizonte (B) va de 7.4 a 80 cm/h, o sea el horizonte A van desde los moderado a muy rápidos, de permeables a muy permeables y en el horizonte (B) casi siempre son rápidos y muy rápidos. El horizonte A y (B) los suelos de bosque tienen valores más altos de permeabilidad que el horizonte A de cultivo. Entonces se nota una baja de la permeabilidad por efecto del cultivo. Ver figura 22.

En los Andosoles háplicos en el horizonte A va de 1.2 a 52 cm/h en cambio en el horizonte (B) va de 1.2 a 5.0 cm/h, o sea van de moderado-lento a moderado, poco permeable a medio permeable. Sin embargo la mayoría de los perfiles sus valores fueron muy bajos, como se ve en la figura 23.

El horizonte A de cultivo es más permeable que en el de bosque y en el horizonte (B) también aumenta la permeabilidad pero con menor magnitud que el primero.

Estabilidad estructural

La resistencia de los agregados se analizan según el lugar que ocupan de mayor a menor tamaño:

Para los Andosoles úmbricos los agregados de casi 5 mm. van de 1 a 45 % ; en el caso de los de 2 mm. van de 1 a 56% ; en agregados de 1 mm. los valores van de 3 a 14%; para los de 0.5 mm. los valores van de 1 a 16% y para los más pequeños van de 0.2 a 18%; el grado de estabilidad se maneja de acuerdo a lo propuesto por Le Bissonnais y Le Souder, 1995; Al comparar ambos horizontes se obtienen las siguientes tablas:

PERMEABILIDAD DE LOS ANDOSOLES UMBRICOS

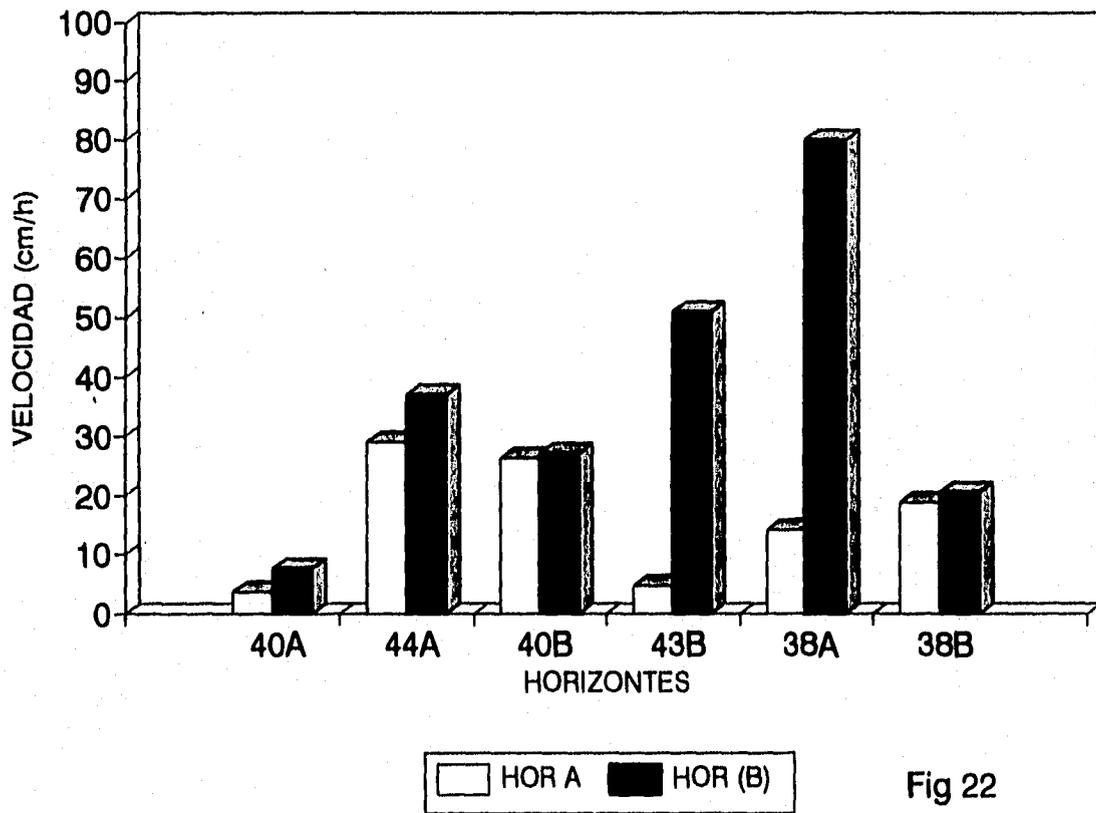


Fig 22

FALTA PAGINA

No. 93

Tabla 7. ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO VERTIENTE HÚMEDA

Muy estable	USO FORESTAL (4.8 mm)			USO AGRÍCOLA		
	Horizon.	40A	44	38A	40B	43,00
A11	8%	17%	22%	4%	5%	15%
(B)	1%	9%	45%	25%	6%	29%

Estable	USO FORESTAL (2 mm.)			USO AGRÍCOLA		
	A11	8%	56%	23%	19%	14%
(B)	1%	11%	14%	33%	8%	10%

Inestable	USO FORESTAL (0.5 mm.)			USO AGRÍCOLA		
	A11	8%	2%	6%	13%	9%
(B)	7%	16%	8%	6%	7%	12%

Muy Inestable	USO FORESTAL (0.250 mm.)			USO AGRÍCOLA		
	A11	3%	0.2%	2%	4%	3%
(B)	7%	10%	2%	3%	6%	7%

Los valores mayores para los agregados grandes corresponden a los suelos de bosque pero para los agregados pequeños son los de cultivo, con lo cual se observa una desestructuración del suelo.

En el caso de los Andosoles háplicos y para los agregados mayores de casi 5 mm. los valores van de 0.06 a 14%, para los de 2 mm. van de 1 a 28%; los de 1 mm. van de 2 a 30%; para los de 0.5 mm. van de 6 a 18% y para los de 0.250 van de 1 a 10%. Los agregados mayores correspondieron al uso de bosque como se ve en los cuadros siguientes:

**Tabla 8. ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO VERTIENTE SECA
ANDOSOLES HÁPLICOS**

MUY ESTABLE	FORESTAL (4.8 mm.)			AGRÍCOLA		
	Horizontes	56	58,00	41	57,00	55,00
A11	14%	1%	1%	0.1	1%	1%
(B)	6%	0.2	0.1		0.3	2%

ESTABLE	FORESTAL (2 mm.)			AGRÍCOLA		
	A11	28%	4%	1%	5%	3%
(B)	21%	4%	3%		2%	5%

POCO ESTABLE	AGRÍCOLA			AGRÍCOLA		
	A11	11%	4%	2%	5%	4%
(B)	12%	4%	0.1		4%	7%

INESTABLE	AGRÍCOLA			AGRÍCOLA		
	A11	6%	11%	3%	8%	8.1%
(B)	12%	17%	9%		10%	18%

MUY INESTABLE	AGRÍCOLA			AGRÍCOLA		
	A11	1%	5%	3%	7%	3%
(B)	3%	8%	3%		8%	9%

Constantes de humedad

En el caso de los AU, se presentan a continuación los resultados de cinco perfiles: COF38A, COF40A, COF44A, COF38B y COF43B que servirán para contrastar las propiedades hídricas en general, entre los usos del suelo, por medio de los horizontes, donde existe cierta correspondencia.

La capacidad de campo en los Andosoles úmbricos va de 77 a 102%p y para los de bosque los valores son de 78 a 101%p y para los de cultivo los valores van de 77 a 102%p. Se nota poca variación en ambos usos. El punto de marchitez permanente va de 30 a 47%p, para los suelos dedicados al bosque es de 30 a 44%p y los de cultivo presentan de 37 a 47%p. Los valores mayores corresponden a los suelos dedicados al cultivo.

El agua útil (agua aprovechable) que permanece en el perfil se encuentra entre las constantes de humedad(CC-PMP) y se calcula en %p, para el caso de los

Andosoles úmbricos los valores fueron 30 a 61%p, en los de bosque fue de 34 a 57%p y para los suelos de cultivo los valores van de 30 a 61%p. Indican valores muy semejantes. ver las siguientes tablas

Tabla 9. CONSTANTES DE HUMEDAD ANDOSOLES UMBRICOS

BOSQUE COF38A	CC	PMP	AA
A11	101,00	44,00	57,00
A12	78,00	44,00	34,00
(B)	79,00	42,00	37,00
COF40A			
A1	84,00	39,00	45,00
COF44			
A11	89,00	34,00	55,00
A12	86,00	30,00	56,00
CULTIVO COF38B			
Ap	77,00	37,00	40,00
COF40B			
A11	77,00	47,00	30,00
COF43B			
A11	102,00	41,00	61,00
A12	90,00	42,00	48,00
(B)	77,00	40,00	37,00

Tabla 10. CONSTANTES DE HUMEDAD ANDOSOLES HÁPLICOS

BOSQUE COF41	CC	PMP	AA
Ao	47,00	12,00	35,00
A1	50,00	16,00	34,00
COF56			
Ao	50,00	34,00	16,00
A1	45,00	22,00	23,00
(B)	57,00	26,00	31,00
COF58			
A1	73,00	16,00	57,00
(B)	58,00	27,00	31,00
CULTIVO			
COF55			
Ap	46,00	24,00	22,00
COF57			
Ap	55,00	30,00	25,00
COF59			
Ap	35,00	25,00	10,00

En el caso de los AH se analizan los perfiles COF41, COF56, COF58, COF55, COF57 y COF59; La capacidad de campo de los Andosoles háplicos tiene valores de 35 a 73%p y para los bosques van de 45 a 73%p y para los de cultivo van de 35 a 55%p, los valores mayores corresponden a los suelos de bosque.

El punto de marchitez permanente va de 12 a 40%p y para los suelos de bosque los valores van de 12 a 34%p y para los de cultivo van de 24 a 30%p por lo que los valores mayores son para los suelos de bosque.

El agua útil o agua aprovechable que permanece en el perfil tiene valores de 10 a 57%p y para los suelos de bosque son de 16 a 57% y para los de cultivo van de 10 a 25%p, por lo que los valores mayores corresponden a los suelos de bosque por lo que se presume conservan mayores cantidades de agua.

Humedad estacional

Se compararon los datos de las estaciones climatológicas de la zona de estudio, con el fin de conocer las características del año y deducir como podrían influir en las propiedades analizadas, de los 28 años anteriores a la época del inicio de este trabajo (1993) y se encontró que: la humedad de los suelos de la zona de

estudio se debe a las aportaciones de la lluvia, la cual en la vertiente húmeda son de 1800 mm. promedio anual con 10 a 12 meses húmedos y en la vertiente seca son de 800 mm. con 7 a 8 meses húmedos. Las dos épocas del año son: Estación húmeda (Julio-diciembre) y la estación seca (Enero-junio. De los datos de los 28 años anteriores se encontró que son parecidas las curvas de precipitación con el año de trabajo (1993), solo que este periodo fue ligeramente más seco en el mes de agosto, la época húmeda correspondió a septiembre, y el resto del año fue seco, respecto a 28 años. ver figura 24.

De acuerdo a los datos de 1965 a 1989, la precipitación alcanzó su máxima en el mes de septiembre con 110 mm. y su mínima en enero con 10 mm., en agosto se presenta un descenso de la precipitación de 40 mm.

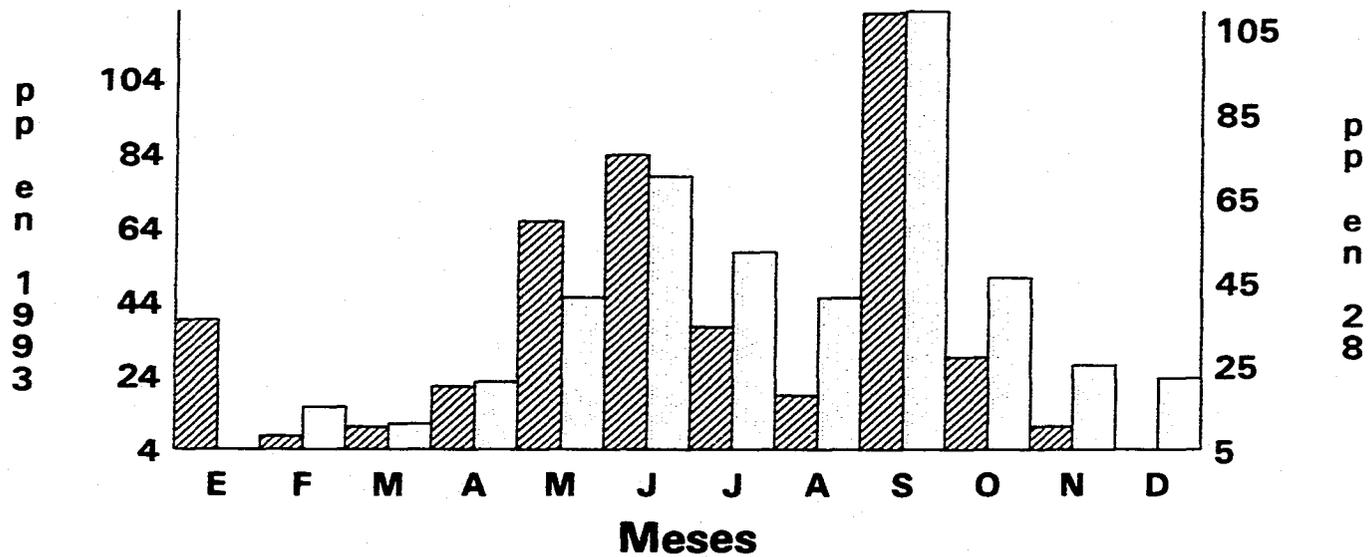
La vertiente húmeda.- Los Andosoles de bosque en la época húmeda y en el horizonte A el contenido de agua es de 60 a 100%p y a veces rebasa a CC (COF 40A), en el horizonte (B) el contenido es de 70 a 80%p. En la época seca el horizonte A el contenido va de 40 a 80 %p y en el horizonte (B) el contenido de agua esta entre 70 y 80%p ambos horizontes rebasan el PMP. El agua disponible para el horizonte A va de 40 a 60%p y en el horizonte (B) es de 40%p y solo en el perfil COF44 (A13) es igual al PMP. Con lo cual se deduce que la disponibilidad de agua para las plantas en el año es de entre 40 y 60%p.

En el caso de la época húmeda los suelos de cultivo el horizonte Ap el contenido de agua es de 70 a 80%p y en el horizonte A11 y A12 el contenido es de alrededor del 60%p ambos no son mayores a la CC, en el horizonte (B) el contenido de agua es de 70 a 90%p y es mayor a la CC. En la época seca el horizonte Ap esta entre 60 y 70%p, el horizonte A11 y A12 son de entre 30 y 50%p y en el horizonte (B) los contenidos están entre 60 y 90%p, en ambos horizontes hay más contenido de agua que el PMP. El agua disponible para el horizonte Ap es de entre 40 y 50%p, para el horizonte A11 y A12 es de 40 a 60%p; para el horizonte (B) el contenido es de 30 a 40%.

Las cantidades menores de los horizontes superiores se debe a que estos últimos están más expuestos a los condiciones de evaporación del medio ambiente y más cuando están dedicados al cultivo. La época seca en todos los horizontes son mayores al PMP, por lo que el agua aprovechable a lo largo del año se mantiene de un 10 a un 60%. ver figuras 25-29.

La vertiente seca.- En la época húmeda los Andosoles de bosque (COF41) contienen la mayor cantidad de agua en el horizonte A de 100 a 170 %p en cambio en el horizonte (B) apenas llega al 10%p, es decir, que en el horizonte A es más alto, en 10 veces, a la CC y en el horizonte (B) queda por debajo de la misma constante. En la época seca el horizonte A tiene valores de 20 a 30%p de humedad pero no alcanzan a los valores de CC, sin embargo los contenidos son reducidos

HUMEDAD ESTACIONAL PEROTE



Lat. 19 34 Long 97 15

pp 1993

pp (28)

Ladera seca fig 24

HUMEDAD ESTACIONAL

ANDOSOL UMBRICO BOSQUE (38A)

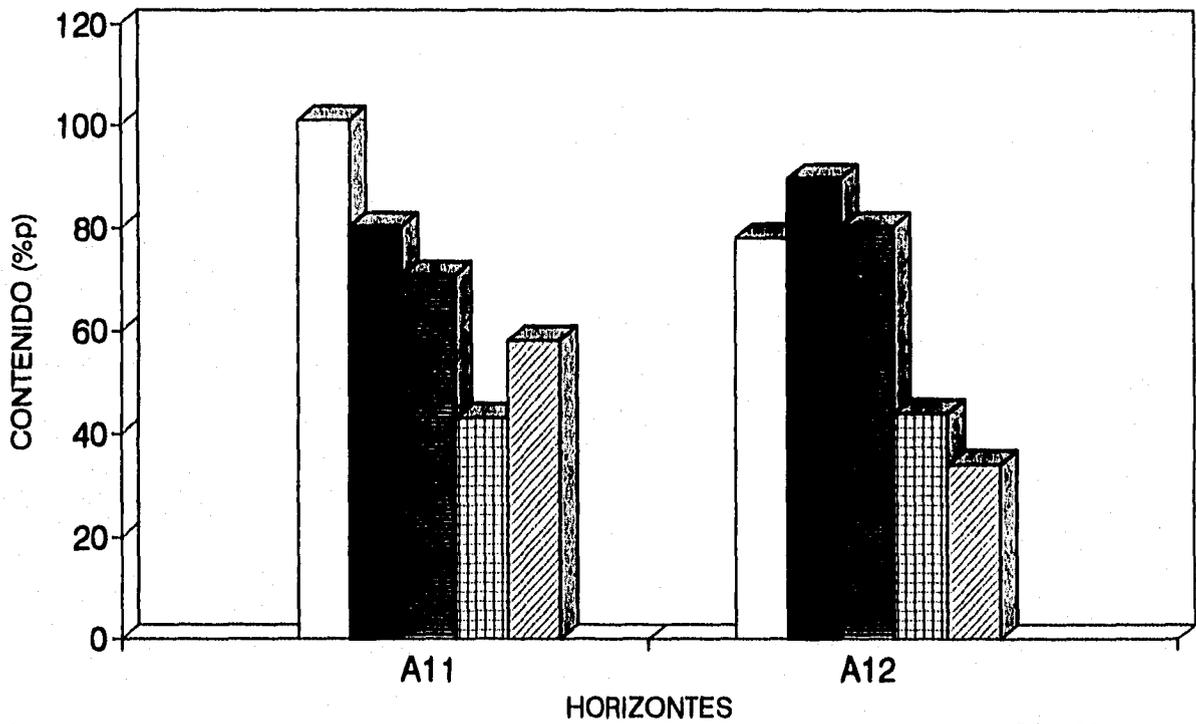
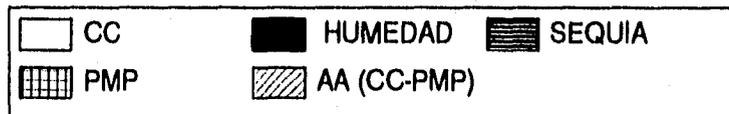


Fig 25



HUMEDAD ESTACIONAL

ANDOSOL UMBRICO BOSQUE (40A)

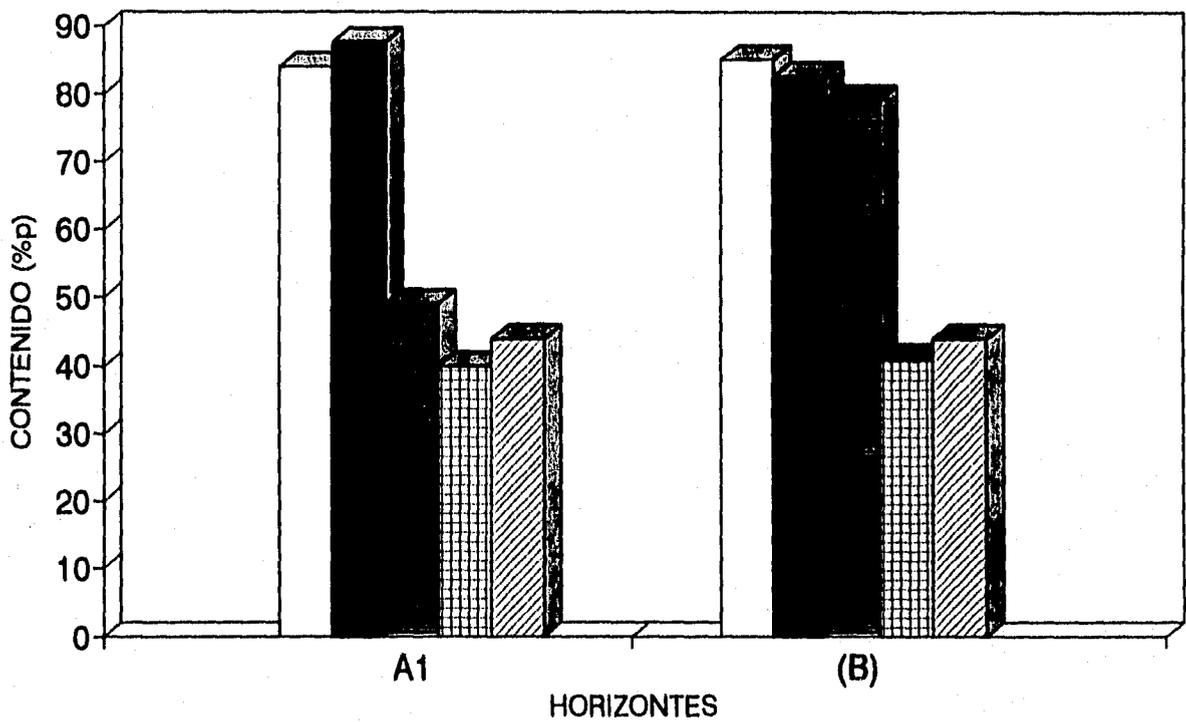
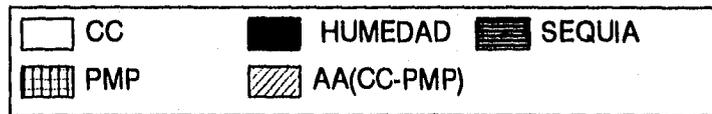


Fig. 26



HUMEDAD ESTACIONAL

ANDOSOL UMBRICO BOSQUE (44)

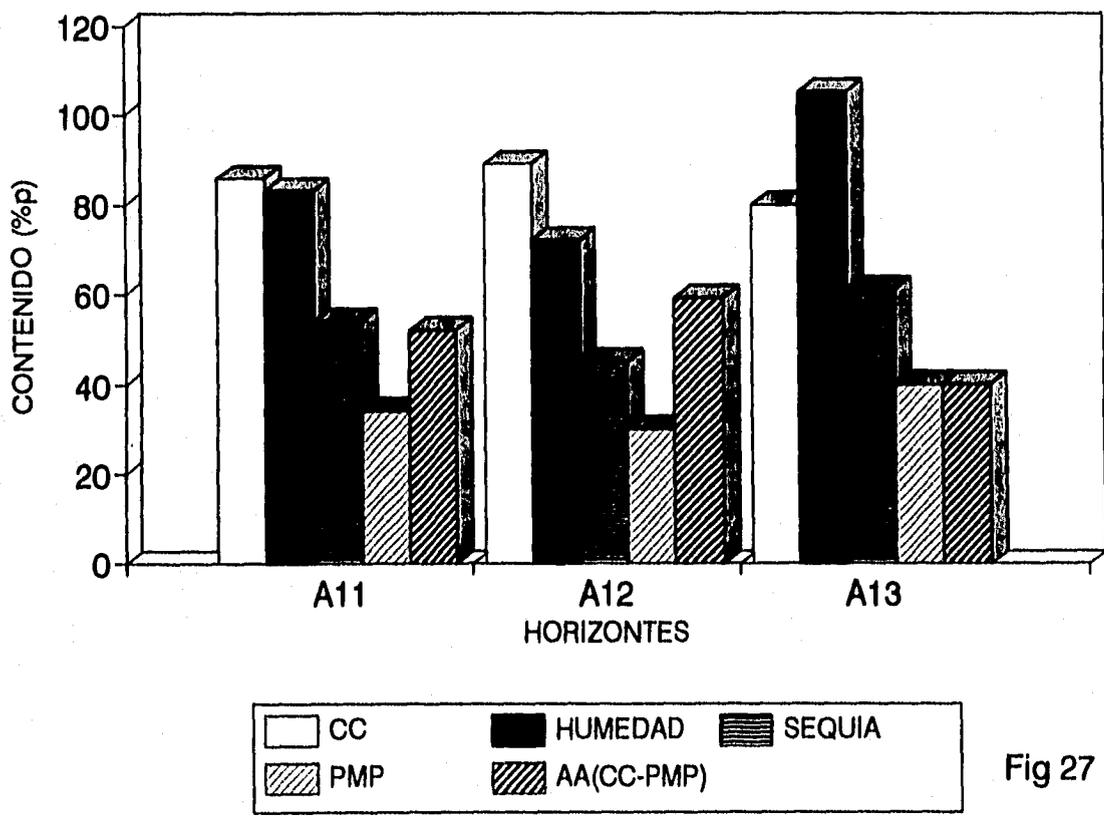


Fig 27

HUMEDAD ESTACIONAL ANDOSOL UMBRICO CULTIVO (38B)

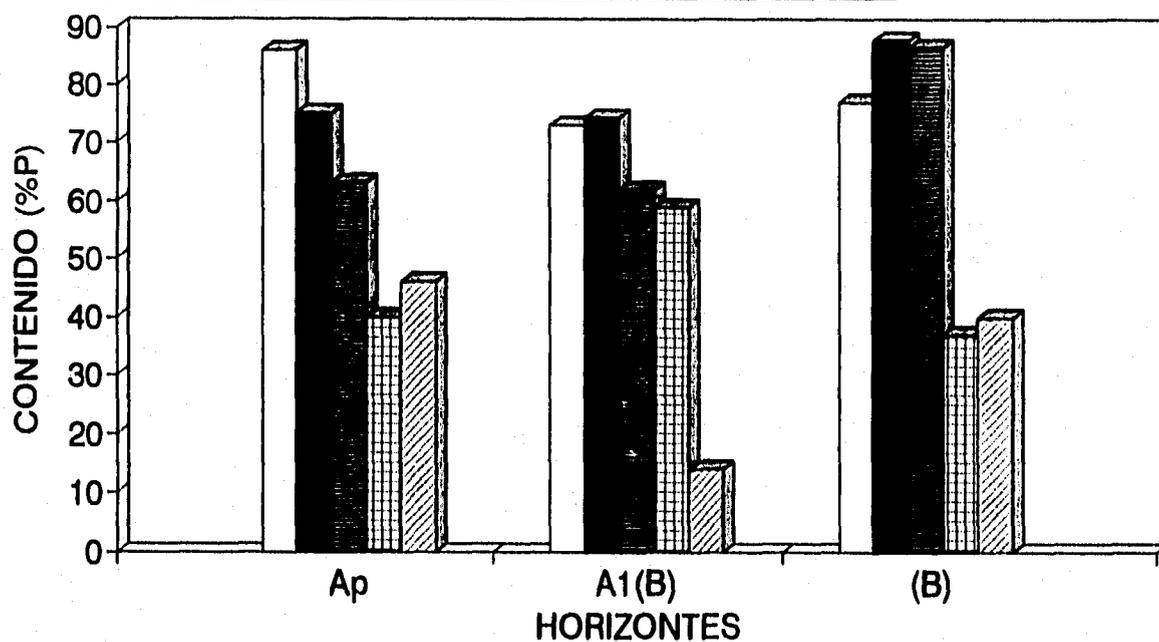
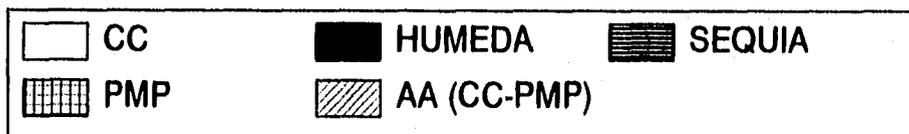


Fig 28



HUMEDAD ESTACIONAL ANDOSOL UMBRICO CULTIVO (43B)

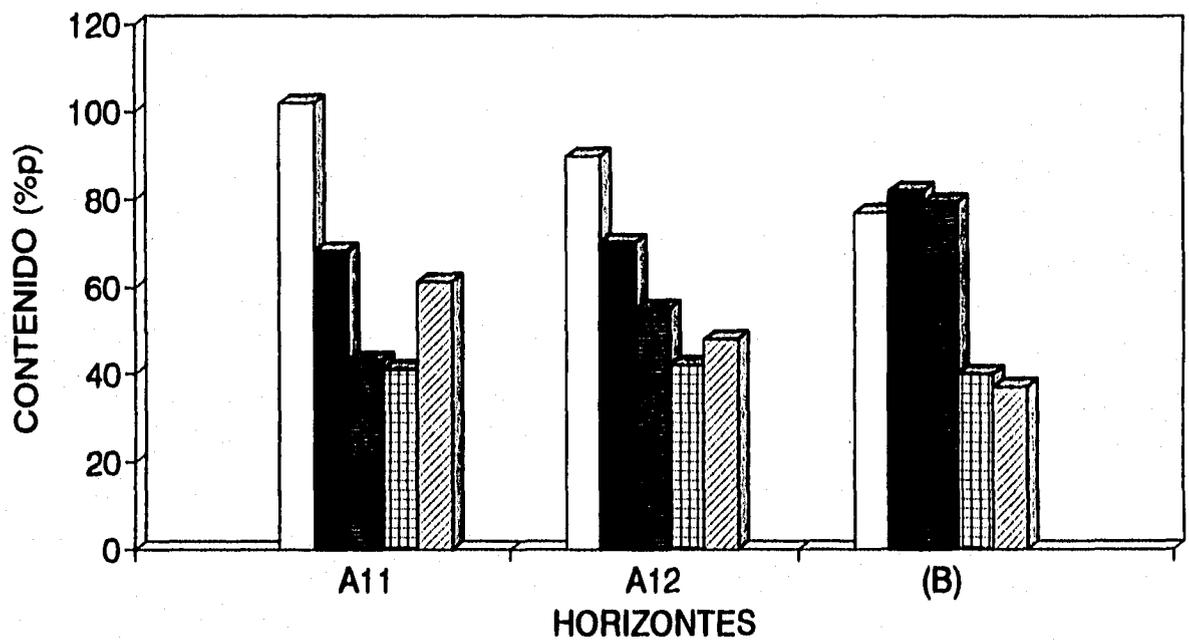
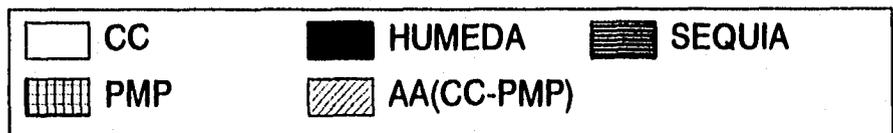


Fig 29



respecto a la época de húmeda; además de que son mayores a los contenidos del PMP, tanto para el horizonte A como para el horizonte (B). El agua aprovechable en el horizonte A va de 20 a 30%p y en el horizonte (B) de 30%p siendo el valor mayor al PMP. A pesar de retener una alta cantidad de agua en el horizonte A esta se evapora o se filtra y queda reducida la cantidad disponible a un 30%p para las plantas por dos razones: la primera porque existe una alta evaporación y la segunda debido a la alta permeabilidad del subsuelo.

Para la época húmeda con uso de cultivo (COF57) la cantidad de agua en el horizonte Ap es de 35%p y en el horizonte (B) es de 15%p, en ambos son menores a la CC. En la época seca en el horizonte Ap el contenido es de 28%p y en el horizonte (B) es de 20%p con lo que se observa que el horizonte A es mayor que el PMP y el (B) es menor que la misma constante, con lo que se genera que el agua aprovechable en el horizonte A sea mayor, 30%p, a la del horizonte (B) que es de 25%p, pero la existencia de esta agua esta presente en este año según corresponde a cada horizonte. El horizonte (B) tiene las menores cantidades de agua en la época húmeda que la del horizonte Ap, lo cual hace suponer que mejora la retención de agua.

El cultivo reduce 3 veces la cantidad de agua en el horizonte A pero en el horizonte (B) no sucede lo mismo sino que se conservan las mismas cantidades, alrededor del 20%p, pero en condiciones de bosque también se observa casi la misma cantidad de agua aprovechable de 30%p para los dos horizontes. Lo cual hace notar que el agua aprovechable no altera mucho su contenido por el cultivo sino que muchas veces ayuda a retener mayor cantidad de agua. Ver figuras 30-33.

Índice de Irreversibilidad

Para calcular este índice se recurrió a calcular las constantes de humedad con muestras sin secar pero tamizadas y por diferencia con la ya obtenida que era muestra seca al aire y tamizada. Quantin, 1992, se calculo con valores de el PMP. De los cuales se obtuvo no para todos los perfiles deseados, para el caso de los umbricos los siguientes: COF38B, COF40B, COF43B y COF44A, de los cuales se obtuvo que los valores de I_{di} son para el uso de bosque y el horizonte Ade 19 a 59% y para los de cultivo de en el horizonte A de 30 a 44% y en el horizonte (B) de 16 a 32%; que caen en los valores reportados por Quantin , 1989, en los andosoles crómicos del horizonte (B). Y parece que aumenta este índice cuando son cultivados estos suelos. Ver figura 34.

En el caso de los háplicos se consideraron los valores de los perfiles COF41, COF56 y COF58, los cuales corresponden al uso de bosque y no fue posible encontrar valores para los de cultivo; los valores para los suelos de bosque en el horizonte A es 42 a 57% y para el horizonte (B) es de cero a 16%. Ver figura 35.

HUMEDAD ESTACIONAL ANDOSOL HAPLICO (41)

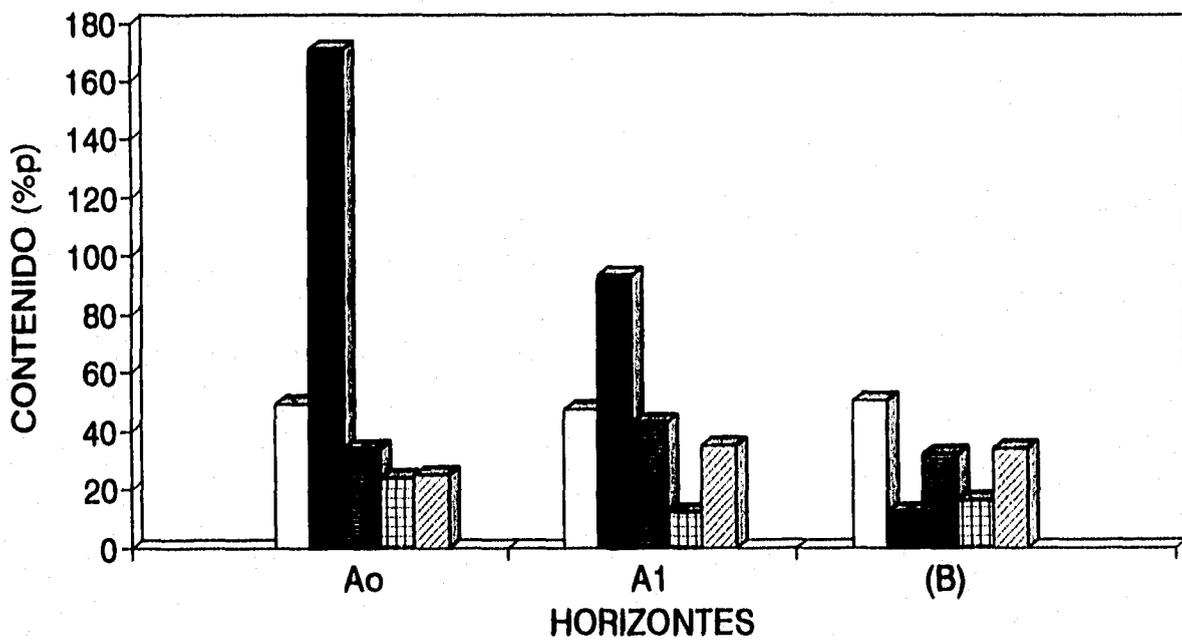
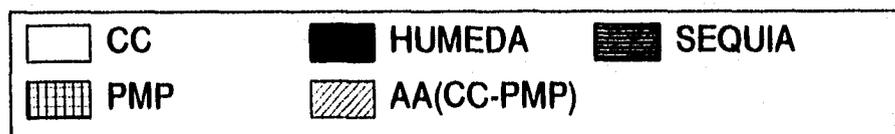


Fig 30



HUMEDAD ESTACIONAL ANDOSOL HAPLICO CULTIVO (57)

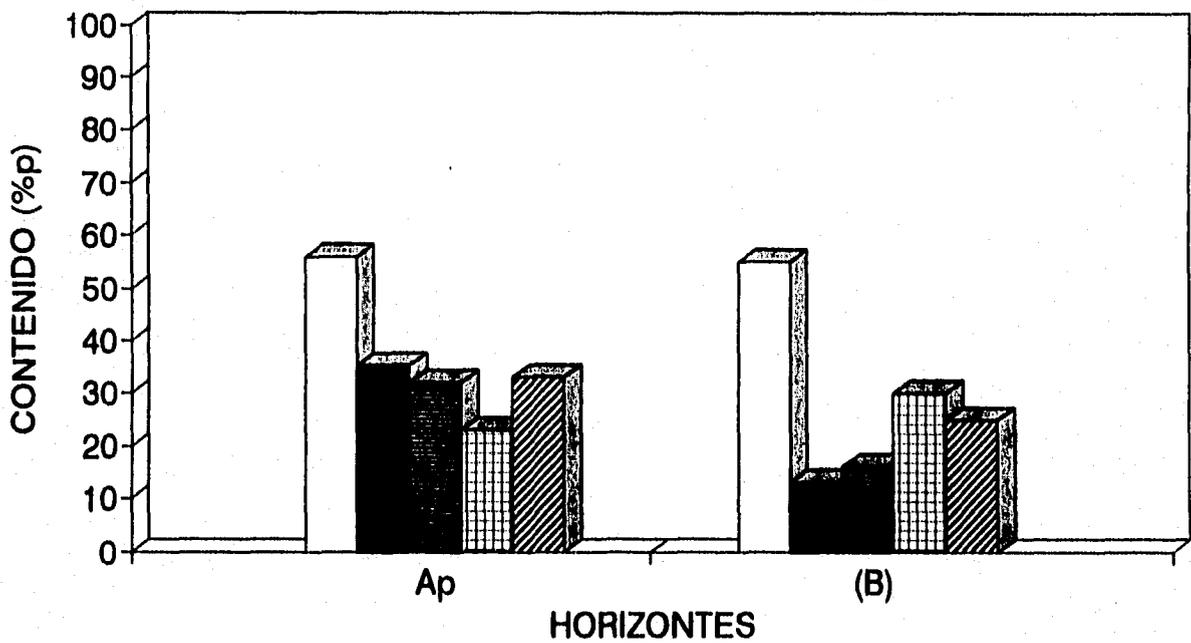
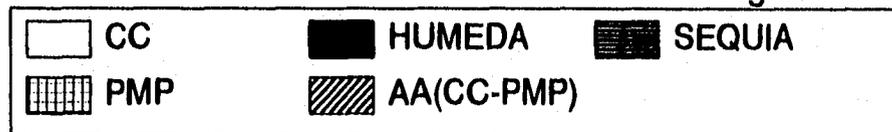


Fig 31



HUMEDAD ESTACIONAL ANDOSOL HAPLICO BOSQUE (58)

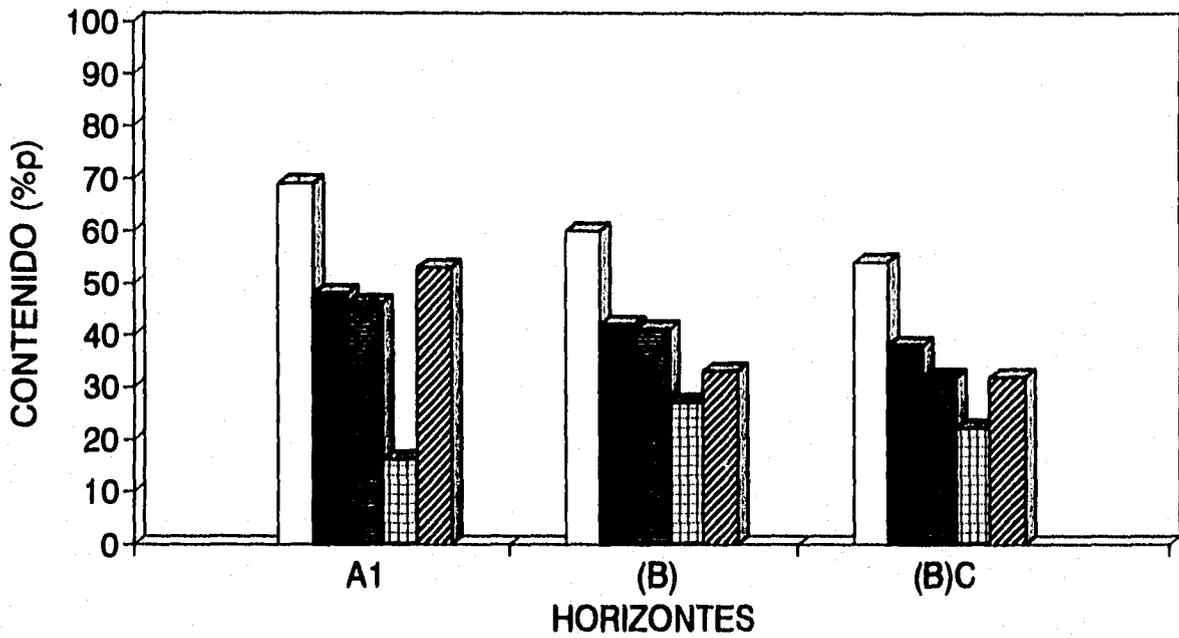
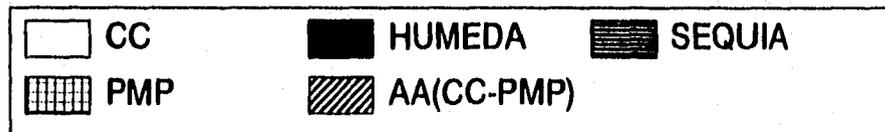


Fig 32



HUMEDAD ESTACIONAL

ANDOSOL HAPLICO CULTIVO (59)

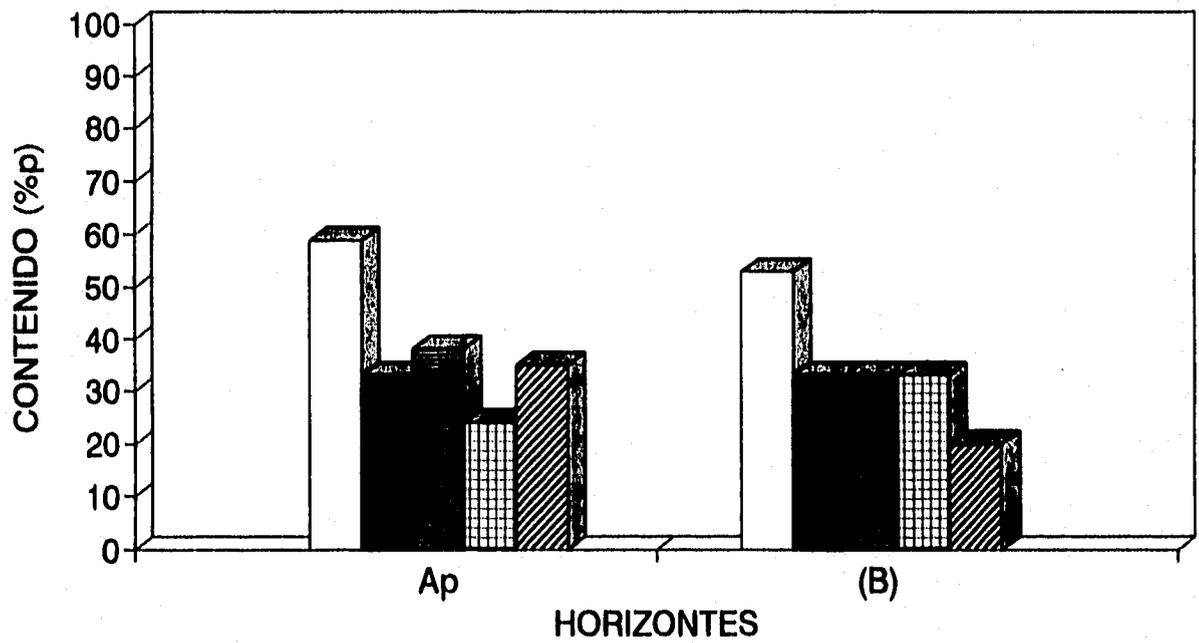
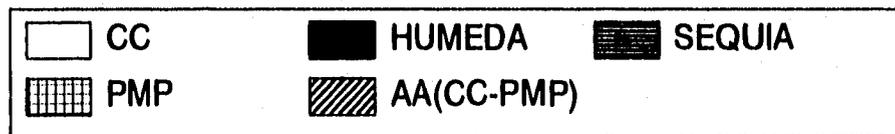


Fig 33



INDICE IRREVERSIBILIDAD ANDOSOLES UMBRICOS

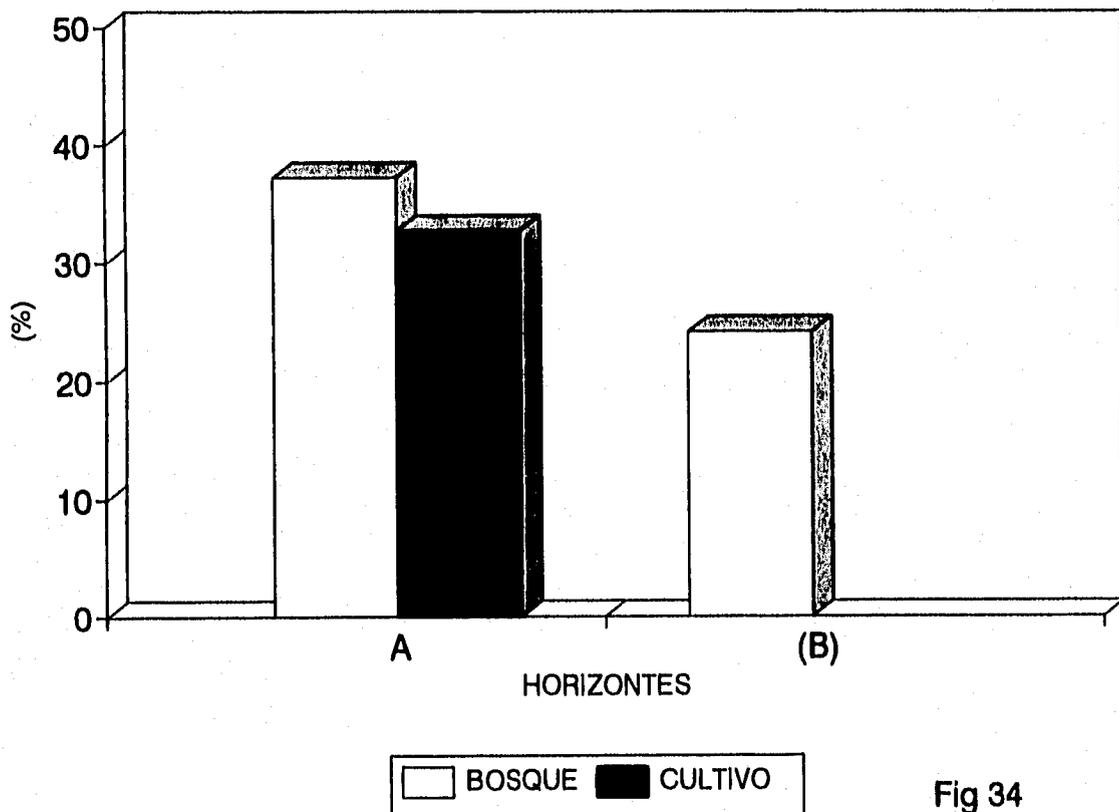


Fig 34

**INDICE IRREVERSIBILIDAD
ANDOSOLES HAPLICOS**

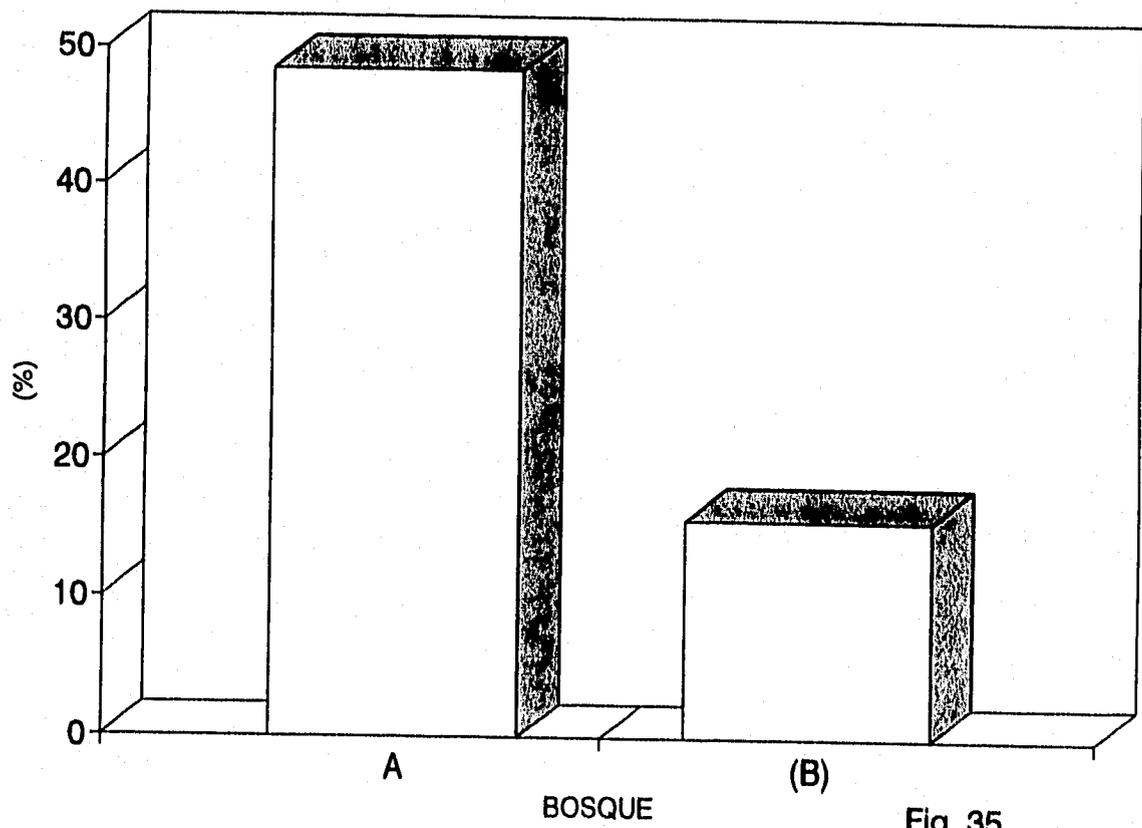


Fig 35

Curvas de Retención de Agua

A fin de analizar el comportamiento del agua en los andosoles se determinaron varias curvas de retención con formas muy parecidas, los puntos analizados fueron a 1, 3, 5 y 10 Bares.

Para los Andosoles úmbricos a 1 Bar de presión los valores van de 20 a 60%p y para los de uso de bosque son de 29 a 60%p y para cultivo de 20 a 48%p por lo que los valores mayores son para el uso de bosque.

En el caso de 3 bares de presión los valores van de 18 a 50%p, para los de uso de bosque van de 18 a 45 y para el cultivo van de 25 a 50%p, se nota valores parecidos para ambos usos, aunque ligeramente mayores para los de uso agrícola.

En el caso de 5 Bares de presión los valores van de 25 a 45%p, en el uso de bosque los valores van de 25 a 45% y para el de uso agrícola los valores van de 27 a 39%p, por lo que los valores mayores son los de bosque.

Para la presión de 10 Bares los valores van de 24 a 54%p, en el uso de bosque los valores van de 24 a 52%p y para los de cultivo los valores van de 27 a 54%. Los valores son mayores para los suelos de cultivo.

En general a bajas presiones los suelos de bosque conservan mayores cantidades de agua y a presiones más altas son los de cultivo, en particular se nota en el horizonte A11. ver figuras 36-38.

Para los Andosoles háplicos a 1 Bar los valores van de 19 a 68%p y para los de uso de bosque son de 19 a 47%p para los de cultivo van de 27 a 68%p, por lo que los suelos de cultivo tiene los valores mayores.

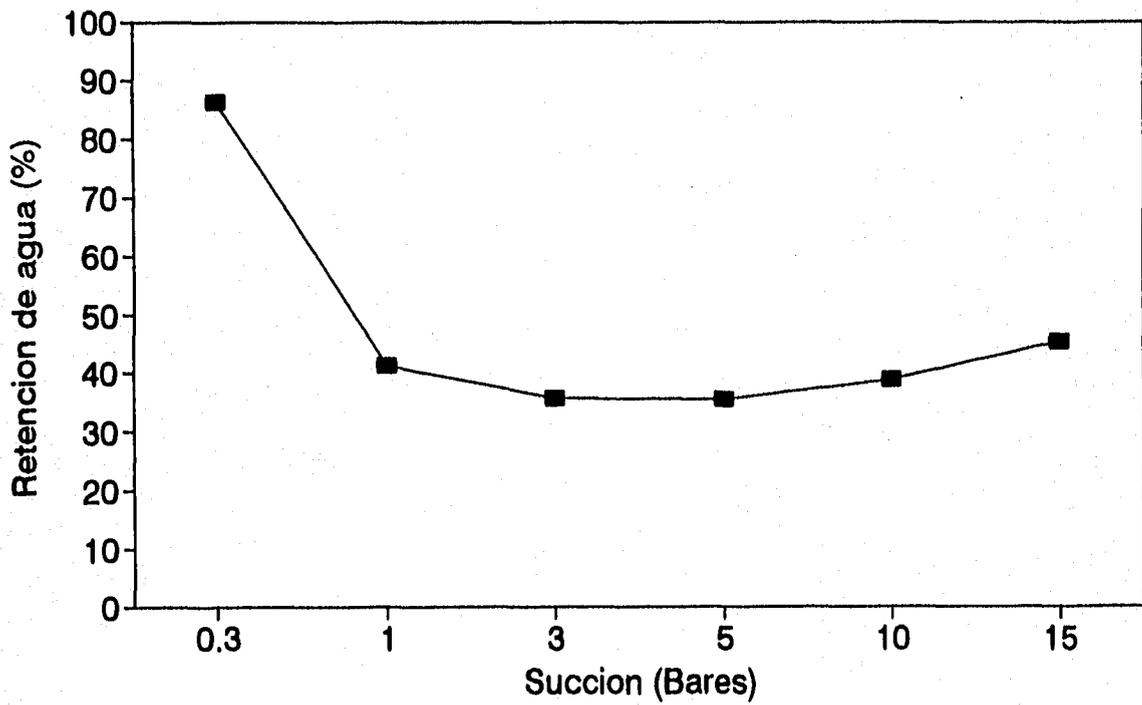
En el caso de 3 Bares de presión van de 14 a 32%p, para los de uso de bosque los valores van de 14 a 28% y para los de cultivo los valores van de 20 a 32%p, con lo cual los valores mayores son para los suelos de cultivo.

Para el caso de 5 Bares de presión los valores van de 11 a 29%p, en el uso de bosque van de 11 a 23%p y para cultivo los valores van de 16 a 29%p, por lo que los valores mayores son para los suelos de cultivo.

En el caso de los de 10 Bares de presión los valores van de 18 a 40% y para el caso de los de bosque los valores van de 18 a 31%p y para los suelos de cultivo los valores van de 17 a 40%p por lo que los valores mayores son para los suelos de cultivo.

En general los valores mayores y que contienen mayores cantidades de agua corresponden a los suelos cultivados. Ver figura 39-41.

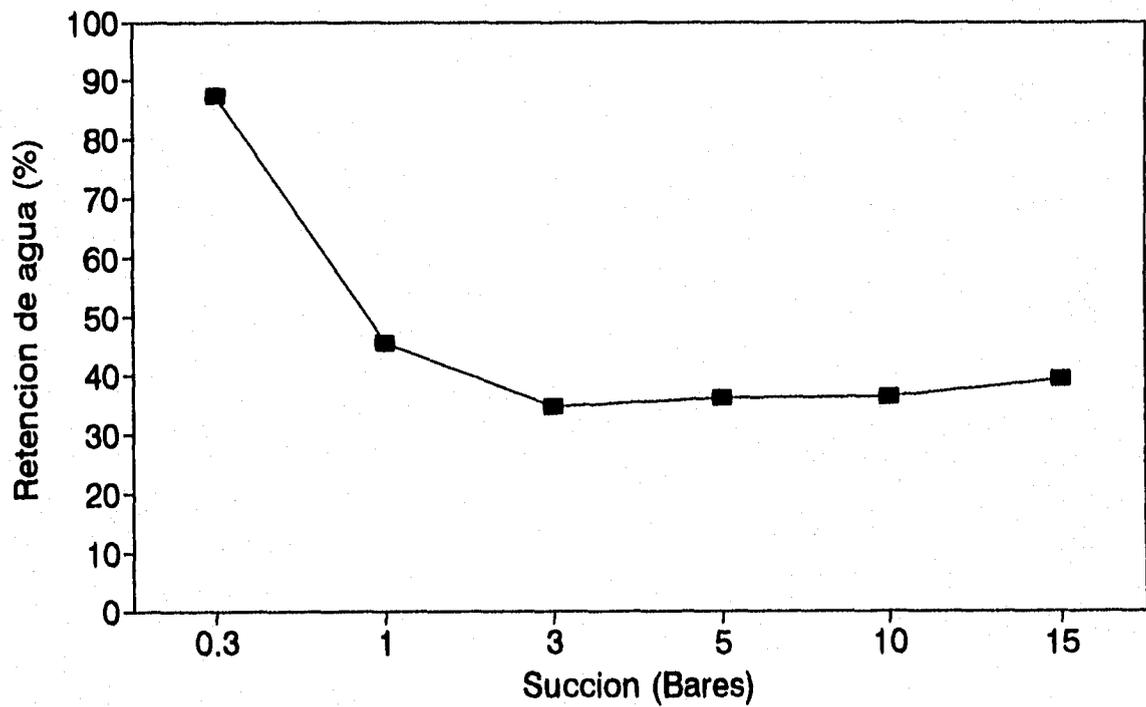
RETENCION DE AGUA ANDOSOLES UMBRICOS



—■— Prom en perfil

Fig 36

RETENCION DE AGUA ANDOSOLES UMBRICOS DE BOSQUE



—■— Prom en perfil

Fig 37

RETENCION DE AGUA UMBRICOS BOSQUE-CULTIVO

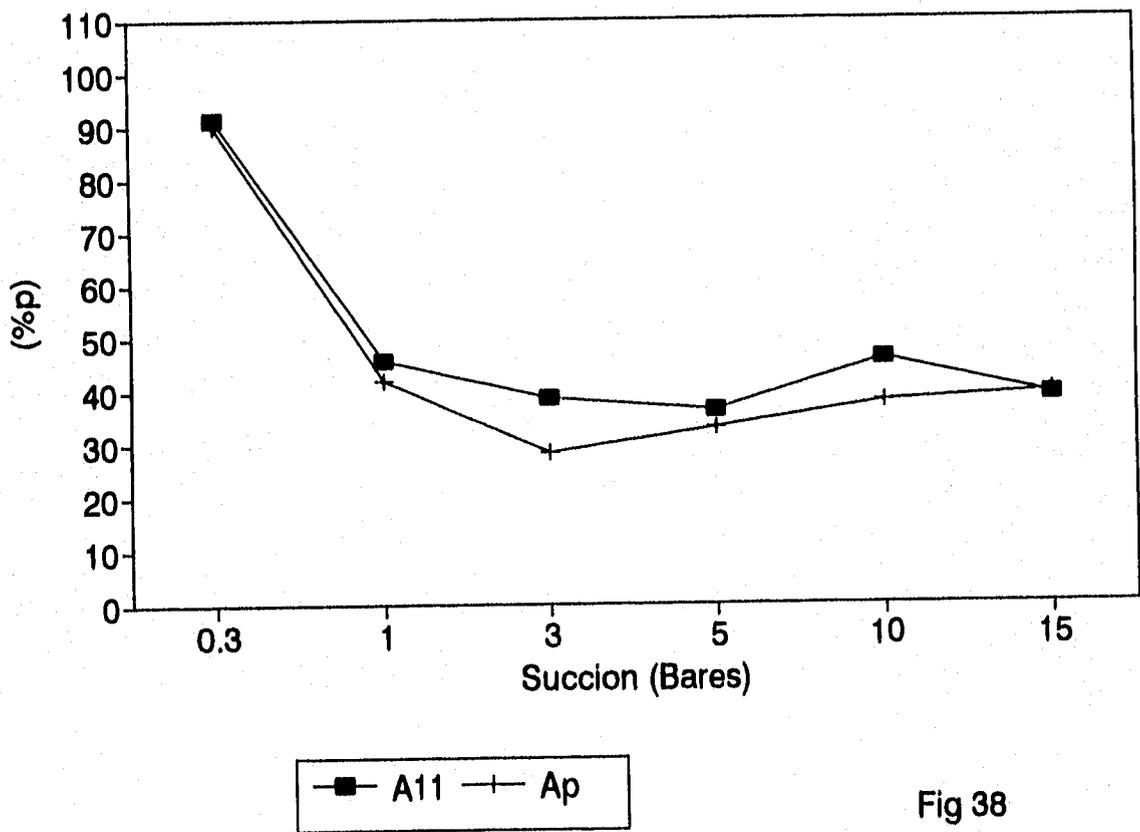
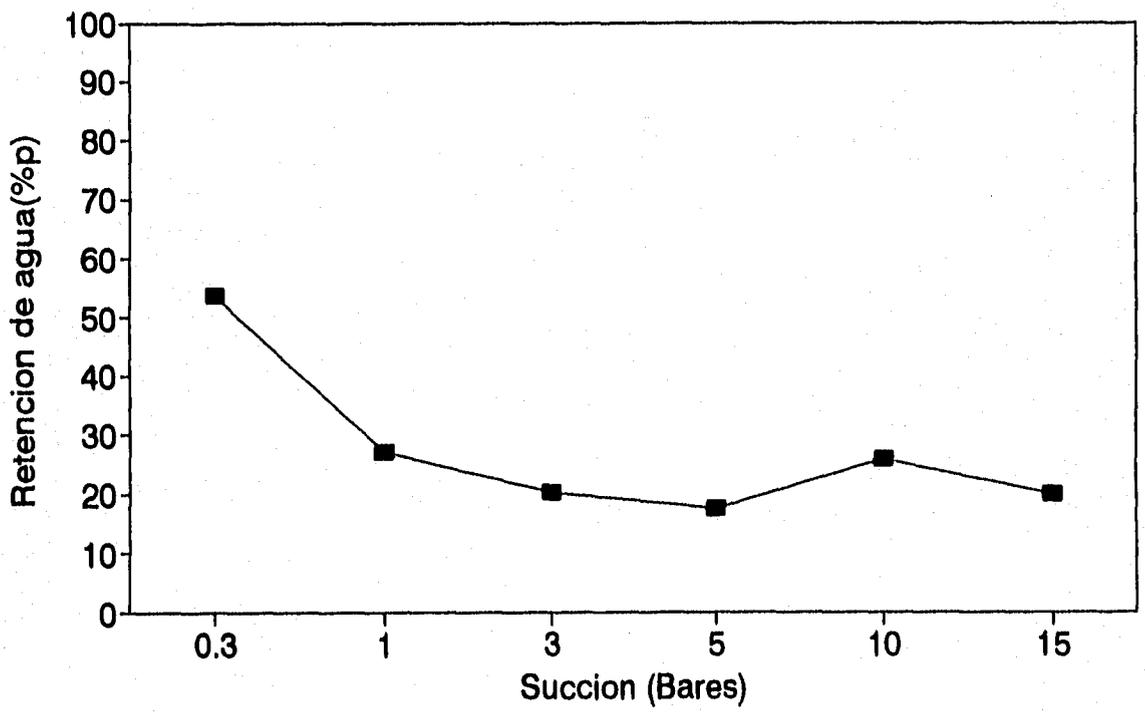


Fig 38

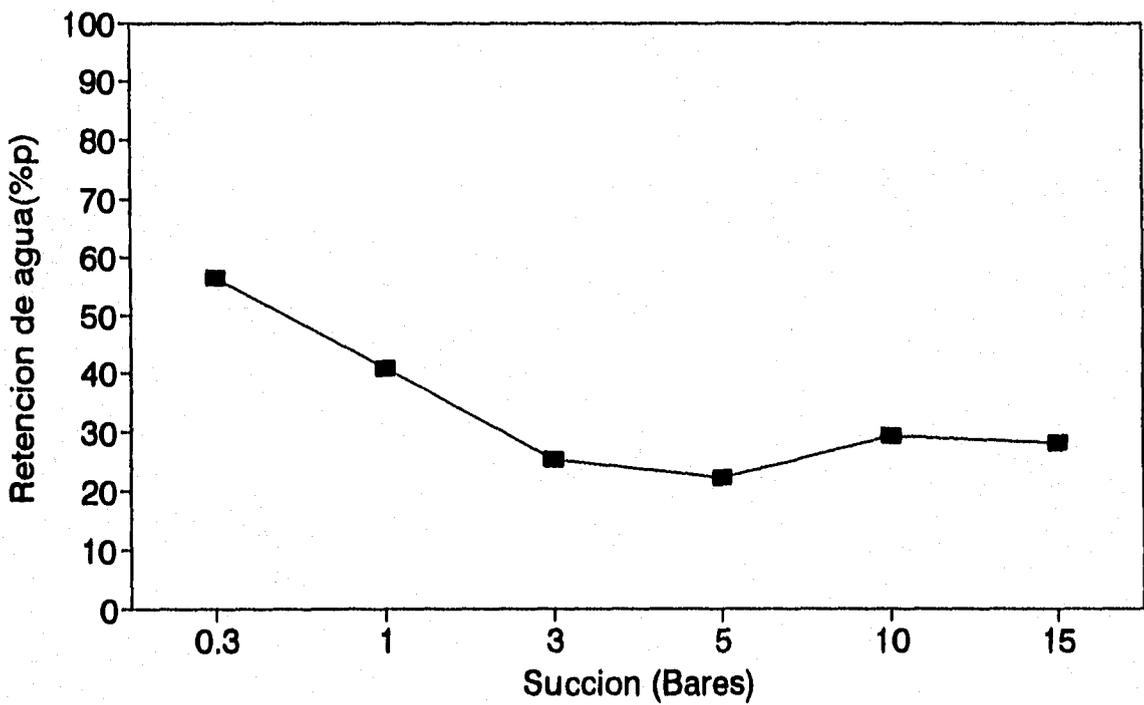
RETENCION DE AGUA ANDOSOLES HAPLICOS CON BOSQUE



—■— Prom en el perfil

Fig 39

RETENCION DE AGUA ANDOSOLES HAPLICOS DE CULTIVO



—■— Prom en el perfil

Fig 40

RETENCION DE AGUA

ANDOSOL HAPLICO BOSQUE CULTIVO

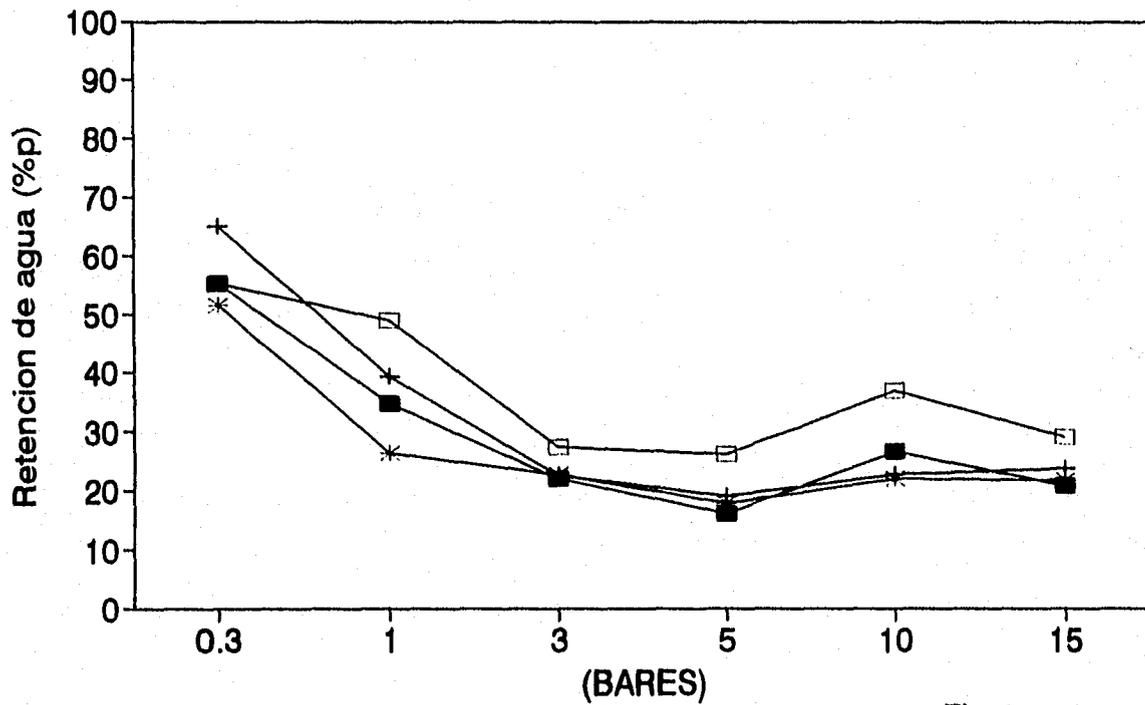


Fig 41

B A11
 C Ap
 B (B)
 C (B)

Para los andosoles úmbricos la curva de retención presenta dos segmentos principales, es fuertemente quebrada en 1 Bar de succión, es decir que a bajas succiones (CC) hay altos porcentajes de retención de agua, sin embargo a altas succiones de agua, se mantiene constante la retención, pero a 10 Bares aumenta ligeramente.

En el caso de los úmbricos bajo bosque y cultivo hay una semejanza en la forma de las curvas; a 1 Bar de succión, los de cultivo disminuyen mientras que los de bosque aumentan ligeramente y a succiones mayores los de cultivo aumentan sus retenciones, mientras que los de bosque disminuyen ligeramente.

Para el caso de los úmbricos dedicados al bosque se ejemplifican los siguientes perfiles COF38A, COF40A y COF44, porque son para los que existe información más completa; en los subhorizontes A11 y A12 alcanza valores desde 80 hasta 105%p a CC; las curvas son muy parecidas para estos tres casos. Conforme aumenta las presiones a 1 Bar, las variaciones van desde 30 a 60%p con una intermedia de 45%p.

A 3 Bares de succión su comportamiento también es muy heterogéneo con valores desde 20 a 50%p y tampoco se observa un descenso, sino que a veces un leve ascenso. Para el caso de 5 Bares de presión, disminuye la variación y los valores van de 20 a 45%p. Para el caso de 10 Bares de succión en general hay un ligero aumento y sus valores van de 20 a 50%p. Para el punto de marchitez permanente en general hay un descenso o a veces ligero aumento y sus valores van desde 25 a 45%p. Ver figura 42.

En el caso de los úmbricos cultivados, el COF38B presenta en el horizonte Ap valores de entre 80-100%p; para 1 Bar es de 40%p, para 3 Bares es de 30%p, para 5 Bares los valores van entre 30-40%p, para 10 Bares van de 30 a 40%p y para el punto de marchitez permanente es de 40%p.

Existe una ligera disminución de la retención del agua en Ap del suelo cultivado con respecto al A11 de los úmbricos de bosque, la cual es notoria entre 3 y 10 Bares. Ver figura 43.

En los Andosoles háplicos la curva es levemente ondulada cóncava, con un quiebre en 3 Bares y una ligera elevación a 5 Bares, la curva se mantiene entre 20 y 60 %p. La curva es muy parecida con los háplicos cultivados. En el caso de los de bosque también es parecida a las anteriores solo que en est caso el quiebre se da a 1 Bar, de presión disminuyendo levemente hasta elevarse a los 10 Bares y volviendo a disminuir en el punto de marchitez permanente. Sin embargo, el rango de retención de agua es el mismo que las anteriores curvas.

RETENCION DE AGUA ANDOSOLES UMBRICOS (38A,40A,44)

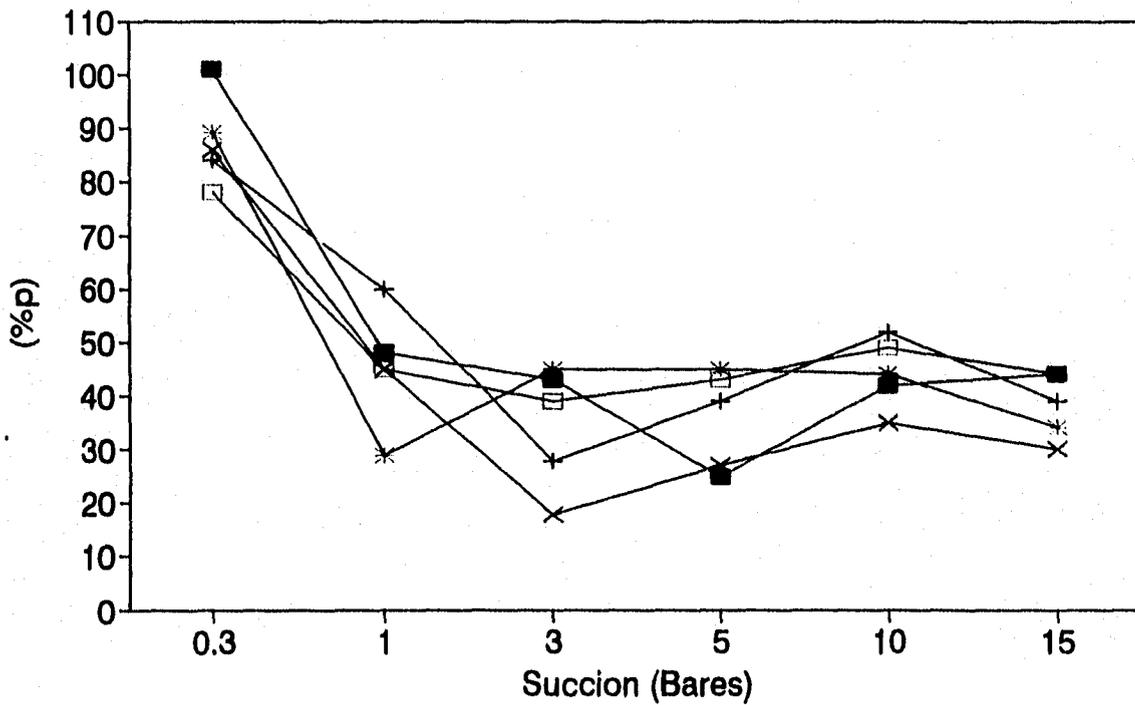
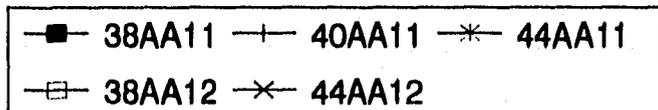


Fig 42



RETENCION DE AGUA ANDOSOL UMBRICO (COF38B)

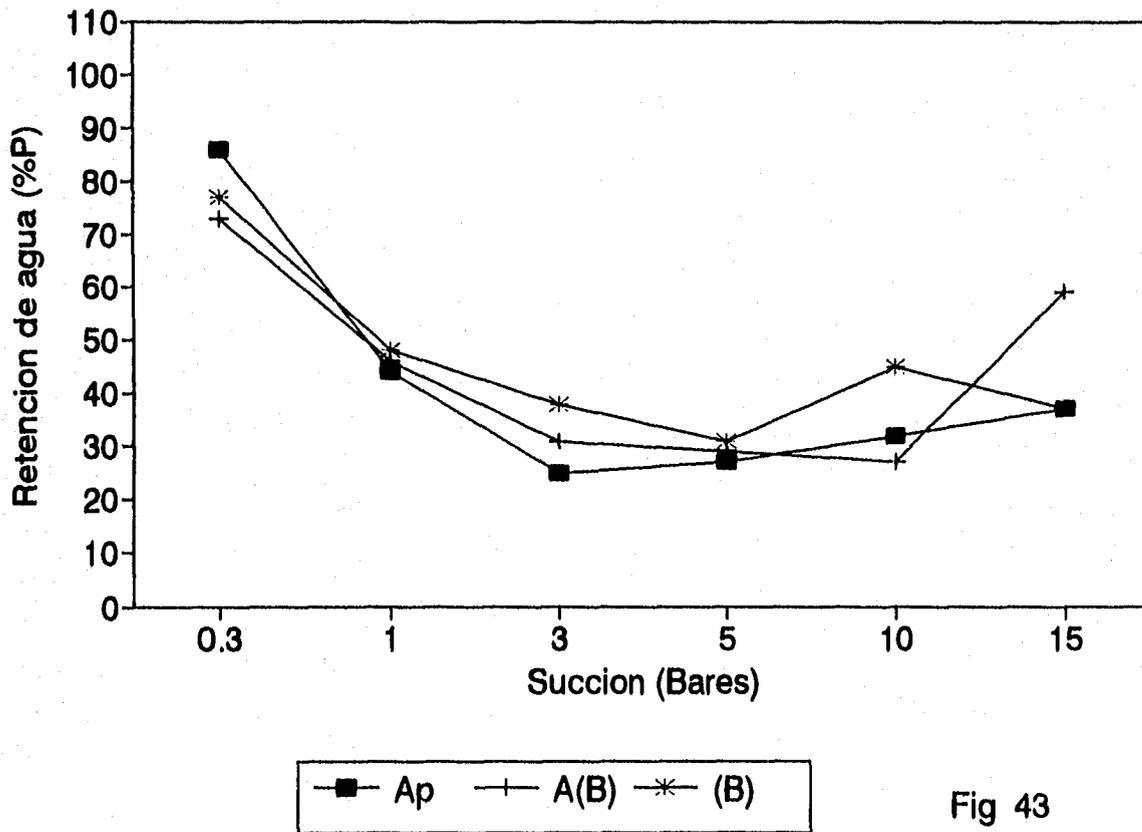


Fig 43

Dentro de los perfiles analizados para los háplicos de bosque se encuentran tres tipos de morfología diferente: el (COF 41) tiene la secuencia de horizontes Ao, A11 y (B) con comportamientos iguales hasta 1 Bar de succión, para después hasta 5 Bares el horizonte tenga valores más elevados y los horizontes A sean iguales, pero a los 10 y 15 Bares haya un aumento en las cantidades pero para el horizonte Ao. El rango las curvas abarcan desde 10 a 50%p.

Un segundo (COF56) caso es donde la secuencia de los horizontes va A11, A12 y (B), donde el horizonte (B) es el que mayor cantidad de agua retiene y el horizonte A12 el que menor cantidad de agua retiene y el rango entre los que se encuentran las curvas va de 20 a 60%p.

El tercer caso (COF58) es donde la secuencia de horizontes es A11 (B) y (B)C y donde el horizonte A11 es el que más retiene agua a bajas presiones y el que menos retiene a altas presiones y solo a 5 Bares de succión es donde el horizonte (B)C es levemente mayor que los otros dos horizontes.

El rango de la retención de éstas curvas va de 10 a 70%p, por lo que es la cantidad mayor, de los tres casos analizados. Ver figuras 44-46.

Para los andosoles háplicos de cultivo, la forma de la curva es levemente ondulada al principio y convexa al final y su rango de retención es entre 20 y 60%p, los puntos de quiebre son a 3 y 5 Bares.

En general se compara la retención en los dos horizontes que son la secuencia generalizada, Ap y (B), donde la curva del horizonte (B) tiene forma convexa, cóncava y convexa; donde el punto de quiebre se da a los 3, 5, y a los 10 Bares. Sin embargo si bien se conserva con valores de retención mayores a lo largo de toda ella; a bajas presiones se coloca por debajo de la curva del horizonte Ap. En el caso del horizonte Ap la curva tiene una forma convexa donde el punto de quiebre se da a los 3 Bares. Con esto se puede decir que los horizontes (B) retienen mayor cantidad de agua que los horizontes Ap.

Al comparar la retención de agua entre Andosoles de bosque y de cultivo, se observa que los de cultivo retienen mayor cantidad de agua que los primeros en todos los puntos de la curva, cuya forma es muy parecida a la generalizada para todos los cultivos.

Los andosoles háplicos retienen en general menores cantidades de agua que los Andosoles úmbricos en casi un 80%p.

RETENCION DE AGUA ANDOSOLES HAPLICOS (COF41)

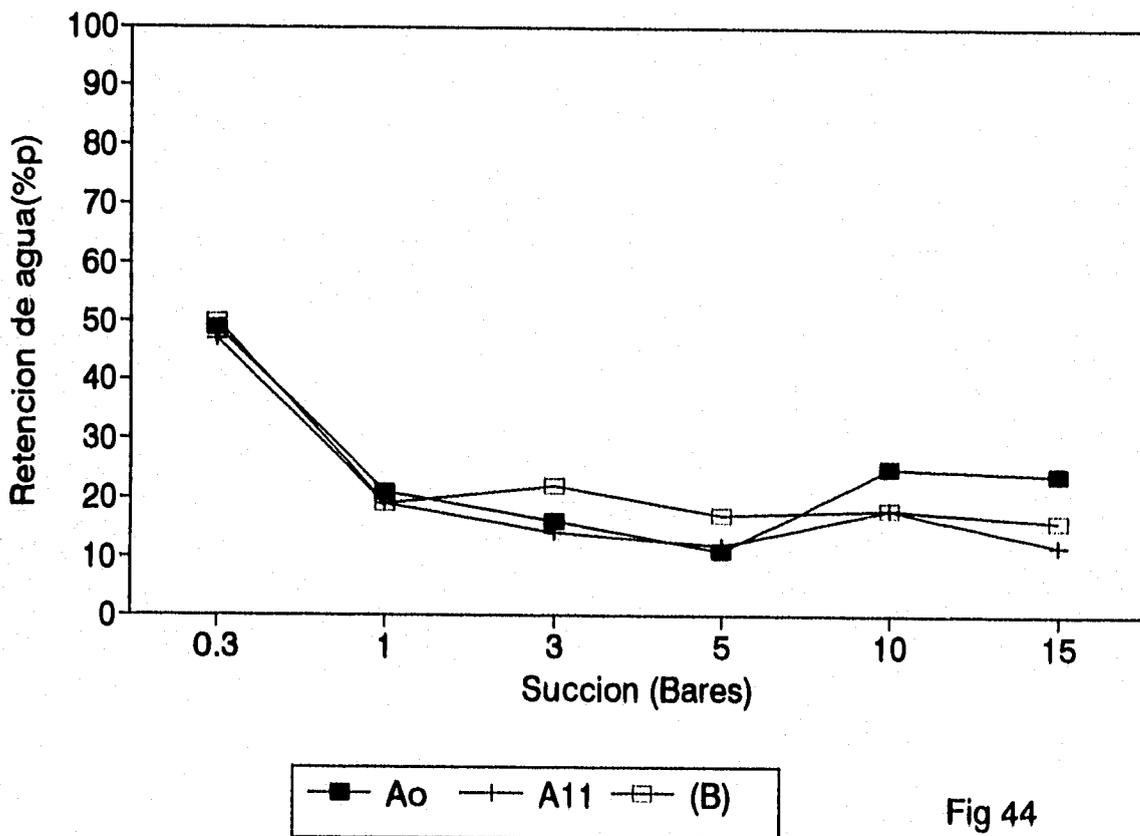


Fig 44

RETENCION DE AGUA

ANDOSOL HAPLICO (COF56)

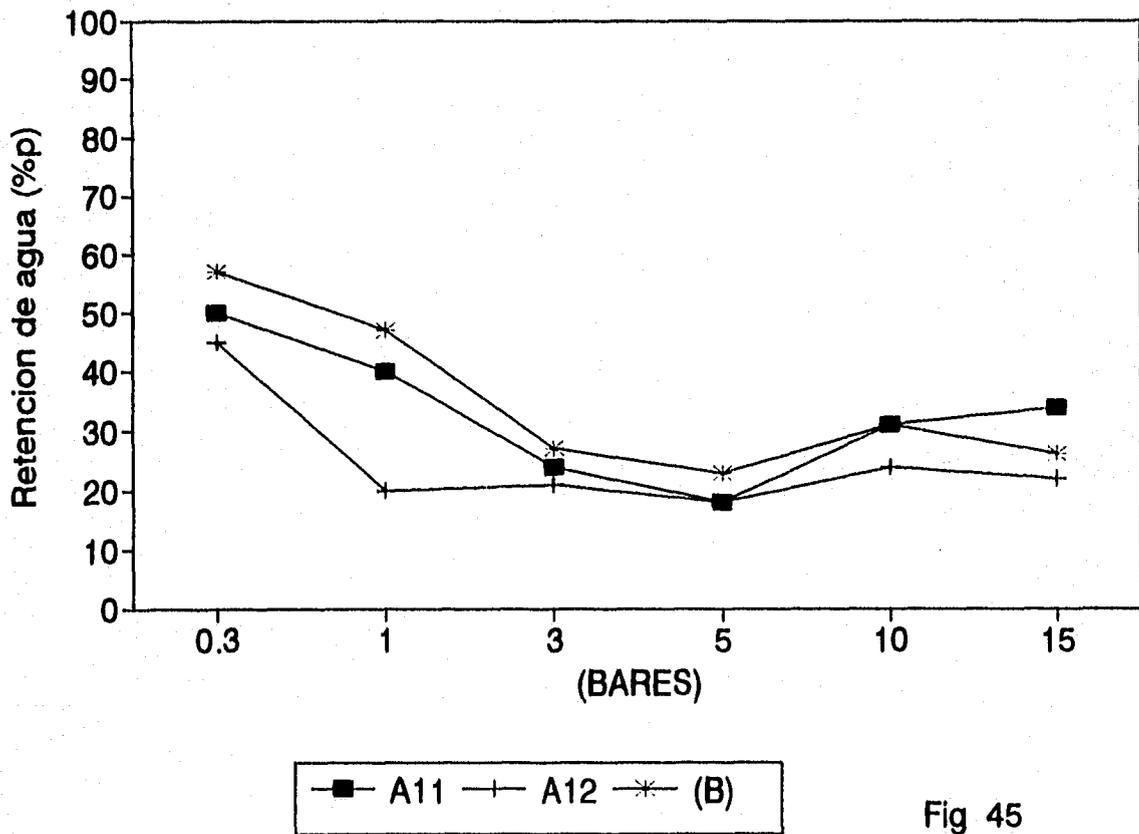
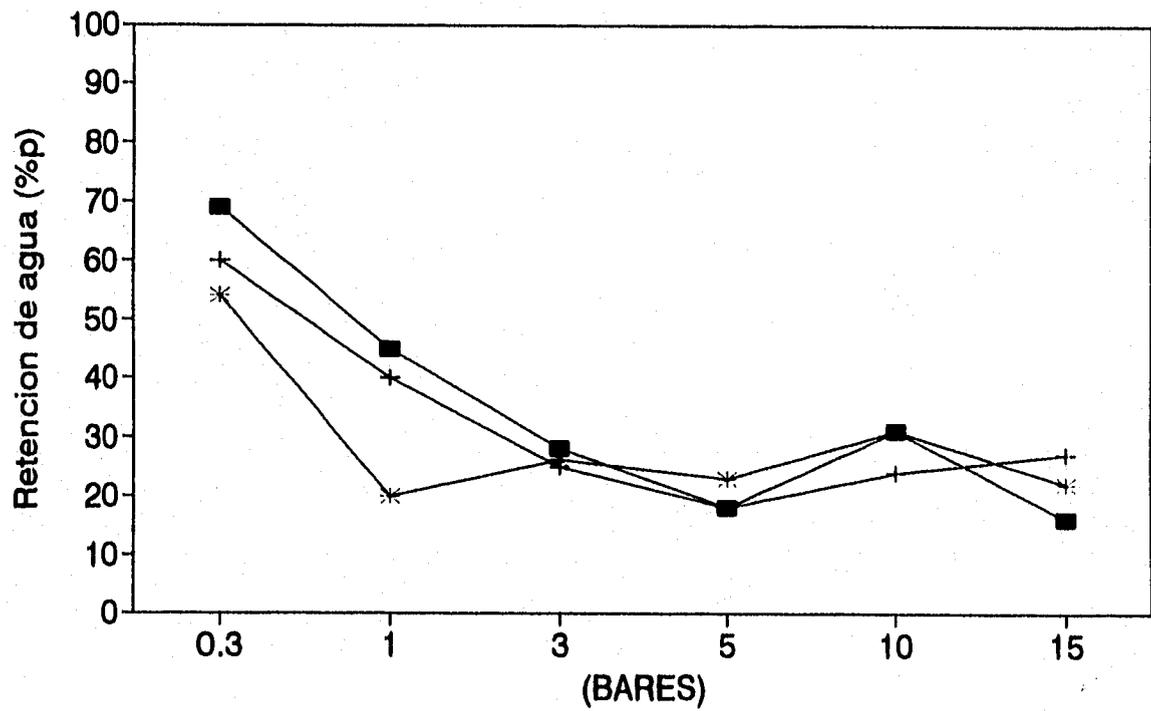


Fig 45

RETENCION DE AGUA

ANDOSOL HAPLICO (COF58)



—■— A11 —+— (B) —*— (B)C

Fig 46

4. DISCUSIÓN

Existen diferencias en las propiedades de los suelos debido al clima, por lo cual los Andosoles de clima húmedo son los úmbricos y los de clima seco son los háplicos, estas diferencias aumentan con los cambios de altura y el uso diferenciado del suelo. Los Andosoles úmbricos tienen diferentes profundidades y por lo tanto morfología que aunque siguen la secuencia A-(B)-C, se encuentran varios subhorizontes y transiciones como Ao-A11-A12-(B)-C así como diferentes espesores de 30 a 90 cm para el horizonte A. Este mismo caso no se presenta en los Andosoles háplicos donde la morfología es más homogénea con la misma secuencia de horizontes de alrededor de 100 cm. para todo el perfil y el espesor del horizonte A es muy delgado, de casi 30 cm.

Los Andosoles Úmbricos tienen mayor cantidad de materia orgánica que los Andosoles Háplicos independientemente de su uso, aunque hay diferencias entre los dos usos comparados aquí. Sin embargo ambos tipos de andosoles son muy ricos en materia orgánica, así lo han reportado varios autores como Quantin *et al*, 1977; Shoji *et al* 1993.

La textura dominante en ambos andosoles es franca con dominancia de partículas, sobretodo en el horizonte A, de limos y arenas. Pero en el horizonte (B) de los háplicos son las arenas. Se tienen muchas dificultades para desagregar el suelo de tal manera que los limos siempre presentan altos valores. (Baize, 1988).

Las densidades reales de ambos son muy parecidas en cambio difieren en la densidad aparente, con valores mayores en los háplicos, con el cultivo no se altera mucho en los háplicos como en los úmbricos. Mientras que la porosidad es mayor en los úmbricos respecto a los háplicos. La porosidad en el horizonte A es de 85% y en cultivo, disminuye, es de 69%; de igual manera para el horizonte (B) en bosque es de 76% y en cultivo disminuye a 70%.

La permeabilidad, en los úmbricos, es mayor en el horizonte A en bosque que en cultivo y en los háplicos son más permeables los de cultivo que los de bosque. Entonces la permeabilidad disminuye en los úmbricos y aumenta en los háplicos por efecto de las actividades culturales. Sin embargo este factor solo altera la superficie ya que en lo profundo permanecen sin muchos cambios siendo en este caso altas en los úmbricos y bajas en los háplicos.

Con respecto a la estabilidad de los agregados, los mas grandes se encuentran en mayor cantidad en los suelos con bosque y los de menor tamaño en los de cultivo, independientemente del tipo de Andosol.

Estos suelos presentan valores altos de constantes de humedad respecto a otros suelos como lo indican Sánchez (1976), Quantin (1992), Baize y Girard (1990); para los andosoles úmbricos son mayores que los háplicos. Existen pequeñas diferencias según los horizontes entre ambos tipos de andosoles.

El agua aprovechable es mayor para los andosoles úmbricos que para los háplicos y a veces es mayor el contenido cuando tienen bosque, por lo que se presume contribuyen con mayor cantidad de agua a la recarga de los acuíferos y con mas cantidad los andosoles úmbricos (Doubroeuq , *et al* 1992) y con el cultivo esta propiedad se deteriora con el tiempo.

El agua disponible en el horizonte A es mayor en bosque que en cultivo, en los úmbricos y háplicos debido a que son más espesos, contienen más materia orgánica, partículas con mayor área de superficie activa, una elevada porosidad. En el caso del horizonte (B) pero en cultivo retienen más agua que en bosque debido al espesor y a la cantidad de materia orgánica y elevada porosidad.

Algunos autores han notado que muchos suelos derivados de cenizas volcánicas son irreversibles en su retención de agua cuando son secados al aire, sin embargo es el procedimiento más común para tratar estos suelos, (Forsythe, *et al.* 1970; Forsythe y Vázquez 1973; Colmet-Daage *et al* 1967).

En este trabajo se calculó el índice de deshidratación y los valores obtenidos son más bajos a los reportados por Quantín, 1992, pero se debe a que los suelos analizados son más secos, incluso los más húmedos, respecto a los reportados por dicho autor.

Sin embargo se confirma lo que dicen los autores antes citados. (Mediante dicho índice y se eleva en el horizonte A en bosque.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se ha mostrado que los andosoles úmbricos de clima húmedo y los Andosoles háplicos de clima seco del Cofre de Perote se caracterizan por propiedades diferentes como contenido de materia orgánica, retención de agua, agua aprovechable, porosidad y densidad aparente.

Asimismo, se ha podido mostrar que los cambios de uso del suelo de forestal a agrícola generan modificaciones en algunas propiedades como la retención de agua, estabilidad de agregados, porosidad, permeabilidad y disminución de la materia orgánica. Estas alteraciones, muy particulares de los Andosoles, son altamente irreversibles.

Se recomienda continuar con este tipo de estudios con énfasis en el manejo de las muestras y un análisis sistemático y estadístico que permita elaborar modelos de funcionamiento para implementar estrategias de conservación de suelos con la finalidad de permitir una rápida recarga de los acuíferos, dada la importancia de la región ya que nacen tres cuencas que distribuyen el agua a lo largo de su cauce hasta desembocar en el mar. También se sugiere crear centros de esparcimiento que ayuden a la conservación de la flora y la fauna natural que fomente el espíritu de la admiración por la belleza natural de la región y de los recursos naturales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, H.N. 1955. Estudio preliminar del contenido arcilloso de un perfil de Tepatitlán, Jalisco. *Revista Chapingo* 21: 13-17.
- AGUILERA, H.N. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de México. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba, Costa Rica. Julio 6-13. 4 pp.
- AGUILERA, C.M. y R. MARTÍNEZ. 1990. Relaciones agua-suelo-planta--atmósfera. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. 321 pp. México.
- ALVARADO, A. y S.W. BUOL. 1975. Toposequence relationships of Dystrandepts in Costa Rica rev. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* vol. 39 p. 932-937.
- AOMINE, S. y H. OTSUKA. 1968 Surface of soil allophanic clay. *Int. Congr. Soil Sci.*; 9 Adelaide, vol. 1:731-737.
- AOMINE, S. y K. WADA. 1962. Differential weathering of volcanic ash and pumice, resulting in formation of hydrated halloysite. *The American Mineralogist.* 47:1024-1048. September-october.
- ARIAS, R.H. 1988. FÍSICA DE SUELOS. Documento interno curso de postgrado. de la Facultad de Ciencias UNAM. pp. 108. México.
- BAIZE, D. 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA. pp. 172. France.
- BAIZE, D. y M. GIRARD (Coord.) 1990. Référentiel Pédologique Français. AFES-INRA. 3éme. proposition. Avril. 279 pp. France.
- BARRADAS, V. 1983. Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en Pinus montezumae Lambert, de la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. *Biótica.* 8(4):427-431.
- BAVER, L., W. GARDNER y W. GARDNER. 1972. Física de Suelos. UTEHA. pp. 529. México.
- BEAR, M. y R. BRUCE. 1993. A comparison of methods for measuring water-stable aggregates: implications for determining environmental effects on soil structure.: *Geoderma* 56(87-104). Amsterdam.

- BLACK, C., et. al. (editores). 1965. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. No 9. Serie pp. 770 Agronomy USA.
- BONNEAU, M. y B. SOUCHIER 1979 2. Constituants et proprietes du sol edit. Masson, bajo la dirección de Duchaufour y Souchier, 459 pp Paris.
- BOUYOUCOS, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. in Agronomy Journal 54: 464-465.
- BRAY, R.H. y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available phosphorus in soil. in Soil Sci. 59:39-45.
- BUSCHBACHER, R. 1986. Tropical deforestation and pasture development: BioScience. 36(1):22-28.
- CASSEL, D. y L. NELSON, 1985. Spatial and temporal variability of soil physical properties of norfolk loamy sand as affected by tillage, 5:5-17.
- CHÁVEZ, H. Y. 1988. Principales interacciones entre los suelos forestales y las coníferas del Cerro de la Cruz, Mich. p. 4-32 CIFO-SARH. México.
- CHÁVEZ, H. Y. 1993. Calculo fácil de retención de humedad en los suelos de Uruapan, Mich.. Andosoles y Luvisoles. Folleto Técnico Núm.. 3; 22 pp. SARH-INIFAP-CIPCM. Julio 1993 Morelia, Mich. México.
- CHÁVEZ, H. Y. 1993. Método fácil para calcular la humedad que retienen los suelos de Pátzcuaro, Michoacán, Andosoles y Luvisoles. Folleto Técnico Núm 4; 22 pp. SARH-INIFAP-CIPCM Julio 1993 Morelia, Mich.. México.
- COLMET-DAAGE, F. y P. LAGACHE. 1965. Caracteristiques de quelques groupes de sols derives de roches volcaniques aux Antilles Francaises. Cah. Orstom, ser. Pedol. 3(2):91-122.
- COLMET-DAAGE, F., CUCALON, M. DELAUNE, J. Y., M. GAUTHEYROU y B. MOREAU. 1967 Caracteristiques de quelques derives de cendres volcaniques. Essai de carte sols des regions tropicales humides. Cah. ORSTOM Pedol. Vol. V, No. 1, 3-38.
- COREY, A. y G. BLAKE. 1953. Moisture available to various crops in some New Jersey soils. Soil Science Society Procceding. 314-317.
- CUANALO, DE LA C., H. 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2a. ed.. Colegio de Postgraduados. Chapingo, pp 30. México.

- CUERVO, U. 1979. Relaciones de los suelos derivados de cenizas volcánicas y andosoles con Phytophthora infestans (Martt.) De Bary y cultivo de papa. Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias, UNAM. pp 111. México.
- DE LA O. C.R. 1983. Estudio de la relación entre el suelo y la productividad de las plantaciones forestales de **Pinus patula** (Schl. & Cham. 1831) en la región del Cofre de Perote. Tesis de Licenciatura. U.V. México. 72 p.
- DEMOLON, A. 1972. Crecimiento de vegetales cultivados. Principios de agronomía. Tomo II. Ed. Omega. España. 587 pp.
- D'HOORE, J. 1959. Influence de la mise en culture sur l'évolution des sols dans la zone de forêt dense de basse et moyenne altitude. In: UNESCO. Tropical soils and vegetation. Proceeding of the Abidjan Symposium. Africa South 115 pp.
- DOUBROEUCQ, D.A. CAMPOS y D. GEISSERT. 1992. Comportamiento de los andosoles negros con respecto al agua en el volcán Cofre de Perote (Ver.): Terra 10(1):51-58. México.
- DOUCHAUFOR, P. 1984. Edafología. 1 Edafogénesis y clasificación. Masson, S.A. 493 pp España.
- DOUCHAUFOR, P. y B. SOUCHIER. 1966. Sols andosoliques et roches volcaniques des vosages. Sci. Terre, 2(3):348-365.
- DUCHENNE, T. y A. BIARNES. 1990. Sistemas de cultivo y elaboración del rendimiento de la papa en los estados de Veracruz y Puebla (México). Informe del primer año de observación. Documento de trabajo INAPG Chaire D'agronomy- Orstom- Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- DUDAS, M. y M. HARWARD. 1975. Wathering and anthigenic halloysite in soils developed in Mazama ash. Soil Sci. Soc. Am. Proc.; 39:561-566.
- ESPINOSA, R. J.M. 1984. Metodología para cartografiar la erosión potencial Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM-INIREB, Tesis de Licenciado en Geografía.
- ETCHEVERS, J. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie Cuadernos de Edafología 1. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2a. ed. Roma.
- FAO-UNESCO 1990 Mapa Mundial de Suelos. 142 pp Roma.

- FERNANDEZ, Y. 1981. Evaluación de invernadero de la roca fosfórica de Baja California Sur Mezclada con abonos orgánicos en suelos de ando de la Meseta Tarasca. Tesis de Bióloga. Facultad de Ciencias UNAM. 119 pp. México.
- FERRIZ, H. y G. M. MAHOOD. 1984. Eruptions rates and compositional trends at Los Humeros volcanic center, Puebla, México. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 89(B10):8511-8524
- FOLSTER, H. 1994. Stability of forest ecosystems in the humid tropics. *Interciencia*. Nov.-Dec. 19(6):291-296.
- FORSYTHE, W. y M. WARREN 1975. Manual de laboratorio IICA, San José de Costa Rica.
- FORSYTHE, W.M., S.A. GAVANDE y M.A. GONZÁLEZ. 1970. Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas considerando algunos suelos de América Latina. *Bol. sobre suelos derivados de cenizas volcánicas*, no. 1 Abril IICA, Turrialba, pp 7 Costa Rica.
- FORSYTHE, W. M. y O. VÁZQUEZ. 1973. Effect of air-drying on the water retention curves of disturbed samples of three soils of Costa Rica derived from volcanic ash. *Turrialba* 23(2):200-207.
- FRANCO, W. y N. DEZZEO. 1994. Soils and soil water regime in the Terra-Firme-Coatinga Forest complex near San Carlos de Río Negro, State of Amazonas, Venezuela. *Interciencia*. Nov.-Dic. 19(6): 305-316.
- GAVANDE, S. 1987. Física de suelos. Principios y aplicaciones. 6a. reimpresión. Limusa-Wiley. México. 351 pp.
- GEISSERT, D. DUBROEUCQ, A. CAMPOS y E. MEZA. 1994. Carta de Paisajes geomorfoedafológicos de la región volcánica Cofre de Perote edo. de Veracruz, México. Esc. 1:50,000. Instituto de Ecología-ORSTOM-CONACyT.
- GEISSERT, D., D. DUBROEUCQ, A. CAMPOS y E. MEZA. 1994. Cartografía, Génesis y restricciones al uso de los suelos de origen volcánico de la región natural Cofre de Perote, Veracruz, México. Proyecto CONACyT no. 0796-N9110 (Informe final). Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México.
- GEREZ, F. 1983. Crónica del uso de los recursos naturales en la cuanca de Perote-Libres. in: Golberg, A. (Comp.) El Cofre de Perote. Investigaciones ecológicas en un área conflictiva. INIREB-MAB. Cuaderno de Divulgación No. 9. Xalapa, Ver. pp. 11-16. México

- GOMEZ-TAGLE, R.A. 1985. Levantamiento de suelos del campo experimental forestal Barranca de Cupatitzio, y sus relaciones con la vegetación de coníferas. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. UNAM. 135 p. México.
- HANKS, R., y G. ASHCROFT. 1980. Applied soil physics. Soil water and temperature applications. Utah State University. USA.
- HILLEL, D. 1980. Fundamentals of soil physics. Academic Press, Inc. USA.
- HALL, D. y F. HEAVEN. 1979. Comparison of measured and predicted soil moisture deficits: *Journal of Soil Science*. 30:225-237.
- HIGASHI, T. 1982. Amorphous inorganic constituents under prominent accumulation of humus in volcanic ash soils. *PEDOLOGIE*, 32(1):5-18.
- HECHT, S. 1993. The logic of livestock and deforestation in Amazonia: *BioScience*. 43(10):687-695.
- INEGI, 1984 Carta edafológica Veracruz, esc. 1:250 000 México.
- INEGI. 1988. Síntesis geográfica. Nomenclator y anexo cartográfico del Estado de Veracruz. 69 p. 13 mapas.
- INEGI-ORSTOM. 1991. Cuaderno de información básica región Cofre de Perote. 58 pp y anexos cartográficos.
- ISHIZUKA, Y. y C. A. BLACK (editores). 1980. Suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. 63 p.
- KLUTE, A. (ed.) 1986. *Methods of Soil Analysis. Physical and Mineralogical Methods*. 2a. ed. Number 9 (part 1). Agronomy. American society of Agronomy-Soil Science Society of America. USA. 1188 p.
- KOHNKE, H. 1968. *Soil Physics*. McGraw Hill, Inc. USA. 224 p.
- LAL, R. 1979. Physical properties and moisture retention characteristics of some Nigerian soils. *Geoderma*, 21:209-223.
- LAL, y D. GREENLAND (editores). 1979. *Soil physical properties and crop production in the tropics*. John Wiley & sons. Great Britain.
- LE BISSONNAIS y LE SOUDE. 1995. Mesurer la stabilite structurale des sols pour evaluer leur sensibilite a la battance et a l'erosion. *Etude et Gestion des Sols* 2(1): 43-56.

- LEAMY, M. 1987. International committee on the classification of andisols (ICOMAND): Circular letter no. 9. New Zealand Soil Bureau, DSIR, Lower Hutt. 59 p.
- MAEDA, T. y B.P. WARKENTIN. 1975. Void changes in allophane soils determining water retention and transmission. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39(3):398-403.
- MAASS, M.J. y F. GARCIA 1990 "La conservación de suelos en zonas tropicales: Caso de México" *Ciencia y Desarrollo* vol. XV núm 90 pp 21-36.
- MEZA, E. 1992 Los Andosoles del cultivo de papa en los Altos, Veracruz. Fac. de Ciencias UNAM (Documento interno, Inédito).
- MEHLICH, G., H. HEIDE-WEISE y W. KNEIB. 1984. Chronosequenzen und anthropogene veränderungen andesitischer vulkanascheböden in drei klimastufen eines randtropischen gebirges (Sierra Nevada de México). Universität Hamburg. Alemania.
- MORENO, F., J. MARTIN-ARANDA, K. KONSTANKIEWICZ y F. GOMEZ-ROJAS 1986. Changes in soil physical and mechanical properties due to transformation from dry farming (olives) to irrigation (annual crops). *Soil & Tillage Research.* 7:75-84.
- MUNSELL. 1975. Soil color charts. Munsell color. Company Inc. Baltimore, MD. USA.
- NANZYO, N, SHOJI, S. y DAHLGREN, R. 1993. Physical characteristics of volcanic ash soils. In: SHOJI, NANZYO Y DAHLGREN. Volcanic ash soils. Genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21, Cap. 7, p 189-207, Elsevier.
- NARAVE, H. 1985. La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Biótica.* 10(1):35-54.
- NEGENDANK, J., R. EMMERMANN, R. KRAWCZYK et al. 1985. Geological and geochemical investigations on the eastern trans mexican volcanic belt.: *Geof. Int.* 24(4):477-575.
- NIELSEN, D., R. JACKSON, J. CARY y D. EVANS (editors). 1972. Soil water. American Society of Agronomy-Soil Science Society of América. Madison, Wisconsin. 175 p.
- PAGE, A. (Ed.) 1982 *Methods of soil Analysis-Chemical and Microbiological properties.* Part 2. Agronomy. 2 ed. USA. 779 p.

- PARFITT, R., M. SAIGUSA y J. COWIE. 1984. Allophane and halloysite formation in a volcanic ash bed under different moisture conditions. *Soil Science* 138(5):360-364. November.
- PARFITT, R. y B. CLAYDEN. 1991. Andisols -the development of a new order in soil Taxonomy. *Geoderma*. 49: 181-198.
- PEÑA, M.V. 1980. Alófono y minerales amorfos y sus relaciones con los andosoles y suelos de origen volcánico en Veracruz. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- PORTILLA, E. 1980. Suelos en la región Xalapa y su relación con la productividad. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. UV. Xalapa, Ver. 39 p.
- PRITCHETT, W. 1986. Suelos Forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. 1a. ed. LIMUSA. México. 634 p.
- QUANTIN, P. TEJEDOR-SALGUERO, M. y E. FERNANDEZ-CALDAS. 1977. Climatosequence de la région méridionale de l'île de Ténérife (Iles Canaries). 1ère. partie: écologie, morphologie, caractéristiques physico-chimiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15(4):391-407.
- QUANTIN, P. 1992 Les sols de l'Archipel volcanique des nouvelles-hébrides (Vanuatu). Etude de la pédogenèse initiale en milieu tropical. ORSTOM. Bondy, Francia.
- QUANTIN, P., J. BALESSENT, A. BOULEAU, M. DELAUNE y C. FELLER. 1991. Premiers stades d'altération de pnces volcaniques en climat tropical humide (Montagne Pelée, Martinique). *Geoderma* 50:125-148.
- QUANTIN, P. 1972. Note sur la nature et la fertilité des sols sur cendres volcaniques provenant d'éruptions récentes dans l'archipel des Nouvelles-Hébrides. 1ér. partie. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 10(2):123-133.
- QUANTIN, P. 1972. Note sur la nature et la fertilité des sols sur cendres volcaniques provenant d'éruptions récentes dans l'archipel des Nouvelles-Hébrides. 2o. partie. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 10(2):135-151.
- QUANTIN, P. 1972. Note sur la nature et la fertilité des sols sur cendres volcaniques provenant d'éruptions récentes dans l'archipel des Nouvelles-Hébrides. 3e. partie. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 10(3):207-217.
- QUANTIN, P. 1992 L'induration des matériaux volcaniques pyroclastiques en America Latine: processus géologiques et pédologiques, *Terra*. 10: 24-33.

- ROSSIGNOL, J. A. Campos, D. Geissert & P. Quantin. 1988. Morfoedafología del área Xalapa-Coatepec y sus aplicaciones a los usos agrícola, pecuario y forestal. Documento interno. INIREB-ORSTOM-ENITHP. México. 118 p.
- SÁNCHEZ, B. S. 1980. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros en la zona volcánica del municipio de Hueytamalco, estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM. México. 85 p.
- SÁNCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and sons, Inc. USA. 618 p.
- SÁNCHEZ, V.A. 1987. Conceptos elementales de Hidrología Forestal. Agua-Cuenca y Vegetación. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 149 p.
- SHOJI, S. *et. al.* 1993. Volcanic ash soil. Genesis, properties and utilizacion. Developments in Soil Science. 21. Elsevier. 288 p.
- SHOJI, S. y T. ONO. 1982. Physical and chemical properties and clay mineralogy of andosols from Kitakami, Japan. Soil Science. 126(5):297-312.
- SOTO, E.M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. INIREB. . México. 137 p.
- SWINDALE, L. 1964. Propiedades de los suelos de cenizas volcánicas. Boletín sobre suelos de cenizas volcánicas, abril 1:1-9.
- TERCINIER, G. y P. QUANTIN. 1968. Influence de l'altération de cendres et ponces volcaniques d'age récent sur la nature, les propriétés et la fertilité des sols aux Nouvelles-He'brides. Cah. ORSTOM, sér. Pédon., vol. VI, No. 2:203-224.
- TISDALL, J.M y J.M. OADES. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. Journal of Soil Science. 33:141-163.
- UNGER, P. W. 1975. Water retention by core and sieved soil samples. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:1197-1200.
- WADA, S. y K. WADA. 1977. Density and structure of allophane. Clay Minerals 12:289.
- WADA, K. y S. AOMINE. 1973. Soil development on volcanic materials during the quaternary. Soil Science. 16(3):170-177.

YODER, R. 1936. An direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. 28:337 Journal American Society on Soil Agronomy.

YOUNG, A. 1990. Agroforestry for soil conservation. C.A.B. International. pp. 197-227.

ZEBROWSKI, C. 1992. Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. Rev. Terra. 10:15-23. México.

7. ANEXOS, GLOSARIO Y CLAVES USADAS

ANEXO 1

MORFOLOGIA DE LOS PERFILES DEL COFRE DE PEROTE VERACRUZ

TIPO DE SUELO: ANDOSOL ÚMBRICO de la serie "Los Laureles".

PERFIL COF38A

LUGAR: Se localiza aproximadamente a 1 km. en dirección Este del poblado Los Laureles, 50 m del lado derecho del camino que conduce al poblado de Tonalaco. Municipio: Ixhuacán de Los Reyes.

ALTITUD: 2625 msnm **LATITUD:** 19° 26'01" y **LONGITUD:** 97° 08' 08"

VEGETACIÓN Y USO: Bosque de Pinus patula (Pino); Stipa ichu, Geranium seemannii, etc. Forestal en la mayor parte del ejido; existe un manejo del bosque y vigilancia por parte de los ejidatarios para evitar el pastoreo e incendios.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: Fuertemente ondulado.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento, fase lítica, muy pedregoso en el 10 % del área y moderados afloramientos rocosos, expuestos en 10 a 25 % del área; no erosionado.

MATERIAL PARENTAL: Cenizas volcánicas y roca subyacente basáltica.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Residual.

CLIMA: Zona Húmeda

FECHA DE MUESTREO: 20 DE MARZO DE 1993 (época seca)

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ao (0-6 cm.)

Es una capa de residuos orgánicos en proceso de descomposición con abundante mantillo y raíces enteras. Presenta una separación clara, de forma plana, hay una fuerte reacción al fluoruro de sodio, no tiene un esqueleto definido, pues toda su estructura son materiales en descomposición, presencia de abundantes lombrices y su drenaje interno es bueno; el color en seco es 7.5YR 5/4 (pardo) y en húmedo 7.5YR 2/2 (pardo muy oscuro).

Subhorizonte A11 (6-15 cm.)

La separación es clara pero discontinua, la reacción al NaF es intensa (+++), la consistencia en seco y en húmedo es ligeramente dura y friable respectivamente; la adhesividad y plasticidad son ligeras en ambos casos, la cementación es moderada; se observan abundantes piedras de origen basáltico (aproximadamente 25 piedras en 1 m²), de tamaño entre 15-40 cm. de diámetro y material en proceso de intemperismo avanzado.

La estructura es de bloques angulares de tamaño grueso y débil desarrollo. La porosidad es fina menor de 1-3 mm. y con abundantes poros cada 0.5 cm. o menos.

Hay presencia de raíces muy finas, finas y medias; presenta abundantes

lombrices, el drenaje interno es bueno; color en seco es 10YR 5/3 (pardo) y en húmedo 10YR 2/1 (negro), la textura es limosa.

Subhorizonte A12 (15-33 cm.)

La separación es gradual y discontinua, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++), la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras para ambos casos, la cementación es moderada; también se observan rocas ígneas de basalto, abundantes, las cuales están fuertemente intemperizadas y mezcladas con este horizonte, de tamaño entre 15-40 cm. de diámetro.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño grande y desarrollo moderado; la porosidad es fina y abundante.

Presencia de pedazos de carbón orgánico. Desarrollo de raíces abundantes, muy finas, finas y medias; con buen drenaje interno; color en seco 10YR 5/3 (pardo) y en húmedo 10YR 2/1 (negro); la textura al tacto es limosa.

Horizonte (B) (33-45 cm.)

La separación es clara y ondulada, quebrada irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++), la consistencia en seco y en húmedo es ligeramente dura y friable respectivamente; la adhesividad y la plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La forma de la estructura es de bloques subangulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Hay frecuentes raíces finas y medias; el drenaje interno es bueno; color en seco es 10YR 5/3 (pardo) y en húmedo 7.5YR 3/2 (pardo oscuro); la textura es limo arcillosa, untuoso al tacto.

Horizonte C (45-110 cm.)

La separación es clara y ondulada; la reacción al fluoruro de sodio es intensa. La consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y la plasticidad son moderadas; presenta una cementación moderada.

El esqueleto presenta gravas de 2 cm., redondeadas, escasas (5-15% en volumen) y piedras de forma redondeada y abundantes (40 a 80% en volumen); también se observan rocas ígneas de basalto, no muy abundantes, las cuales están fuertemente intemperizadas y mezcladas con la ceniza volcánica en este horizonte.

La estructura es de bloques subangulares, de tamaño medio y débil desarrollo; porosidad grande y abundante. Escasas raíces finas, medias y gruesas; el color en seco es 10YR 6/4 (pardo ligeramente amarillento) y en húmedo es 10YR 3/4 (pardo muy amarillo); la textura al tacto es limo-arenosa.

Perfil: COF 38A
 Localidad: Los Laureles
 Uso Actual: Bosque de Pino

ANDOSOL ÚMBRICO (Moderado Profundo)
 Fecha: 20-Marzo-1993

Análisis Químicos						
Horizonte		A ₀	A ₁₁	A ₁₂	BH	C ₁
Profundidad		0 - 6	6 - 15	15 - 33	33 - 45	45 - 11
H ₂ O	Unidades	5.21	5.07	5.29	5.50	5.93
KCl	pH(1:2.5)	5.34	4.75	5.19	6.52	6.70
DETA pH	H ₂ O KCl	0.13	0.32	0.10	-1.02	-0.77
NaF		9.45	10.11	11.01	10.96	11.03
CIC	meq/100g	24.00	16.50	10.40	7.70	9.00
Na ⁺	meq/100g	SD	0.15	0.15	0.06	0.11
K ⁺	meq/100g	SD	0.10	0.05	0.04	0.05
Ca ⁺⁺	meq/100g	SD	1.80	0.53	0.19	0.71
Mg ⁺⁺	meq/100g	SD	0.21	0.08	0.01	0.06
PSH	%	SD	13.70	7.80	4.30	4.80
Al ₂ O ₃ inc.		1.30	1.30	0.00	0.00	
Acidez in	meq/100g	2.20	2.20	1.09	0.55	
N.O.	%	40.00	17.40	13.10	7.90	4.00
P dispon.	ppm	18.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Análisis Físicos						
Arcilla	(%)	SD	27.60	26.20	17.30	12.70
Limo	(%)	SD	45.60	41.60	36.00	25.30
Arena	(%)	SD	26.70	32.20	46.70	62.00
Textura		SD	franco	franco	franco	micajón arenoso
Color Seco		7.5YR	10YR5	10YR5	10YR5/	10YR6
		pardo	pardo	pardo	pardo	parlia
Color Húmedo		7.5YR	10YR2	10YR2	7.5YR3	10YR3
		parman	negro	negro	palose	parman
DR	g.cm ³	SD	2.15	2.02	2.24	SD
DA	g.cm ³	SD	0.30	0.50	0.50	0.95
CC (0.30)	(%)		85.00		69.00	
PM ₁₀ (150)	(%)		42.00		41.00	
Humedad	(%)	80.20	69.60	66.50	88.30	64.00

COF 38 A
 Andosol Umbrico (poco profundo)
 Uso: Forestal



		horizontes	profundidad (cm)
		A ₀	6
		A ₁₁	15
	raíces cenizas volcánicas	A ₁₂	33
	gravas	(B)	45
	pedras	C-R	110

TIPO DE SUELO : ANDOSOL ÚMBRICO de la serie "Los laureles" (Ejido)

PERFIL NUM: COF 38B

LUGAR: Se localiza aprox. a 1 km. en dirección Este del poblado Los Laureles, 50 m del lado izquierdo del camino que conduce al poblado de Tonalaco. Municipio: Ixhuacán de Los Reyes, dueño de la parcela es Sr. Erubiel Vázquez

ALTITUD: 2625 MSNM. **LATITUD:** 19°26'01" y **LONGITUD:** 97°08'08"

VEGETACIÓN Y USO: Cultivo de papa-maíz, rodeado de Baccharis conferta. Agrícola.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: Fuertemente ondulado.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento, fase lítica, muy pedregoso en el 10 % del área y moderados afloramientos rocosos, expuestos en 10 a 25 % del área; no erosionado.

MATERIAL PARENTAL: Cenizas Volcánicas y roca subyacente basáltica.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Residual.

CLIMA: ZONA HÚMEDA

FECHA DE MUESTREO: 20 DE MARZO DE 1993

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ap (0-12 cm.)

La separación es clara pero de forma ondulada quebrada; la reacción al NaF es intensa (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es muy friable; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

Presenta un buen desarrollo y el horizonte está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es esponjosa y abundante.

Las raíces medias y finas son abundantes; hay poca actividad biológica; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 4/2 (gris oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (pardo muy oscuro), textura limosa.

Subhorizonte A1-(B) (12-23 cm.)

La separación es gradual de forma irregular; con intensa reacción al NaF; consistencia en seco suelta y en húmedo friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada; se presentan piedras de forma redondeada pero en escasa cantidad; El subhorizonte está bien diferenciado con un buen desarrollo.

La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Las raíces finas y medias son abundantes; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 3/3 (pardo oscuro) y en húmedo es 7.5YR 3/4 (pardo oscuro); la textura es limosa.

Horizonte (B) (23-55 cm.)

La separación es difusa de forma irregular, la reacción al NaF es intensa (+++); la consistencia en seco y en húmedo es suave y muy friable respectivamente; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

El horizonte presenta un buen desarrollo y está bien diferenciado, la estructura es de bloques angulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Se presentan raíces finas, medias y gruesas, en descomposición; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 4/4 (pardo amarillento oscuro) y en húmedo 7.5 YR 3/4 (pardo oscuro); textura limosa (untuosa al tacto).

Subhorizonte C1 (55-70 cm.)

La separación es difusa de forma irregular, la reacción al NaF es intensa (+++); la consistencia en seco y en húmedo es suave y muy friable respectivamente; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es débil. Presenta un buen desarrollo y está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante. Con manchas rojizas amarillentas escasas.

Se presentan raíces finas; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 4/3 (pardo oscuro) y en húmedo es 10YR 3/6 (pardo oscuro amarillento); textura limosa.

Subhorizonte C2 (70-90 cm.)

La separación es difusa de forma irregular, la reacción al NaF es intensa (+++), la consistencia en seco y en húmedo es blanda y muy friable; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

Con piedras escasas de tamaño pequeño, el horizonte presenta un buen desarrollo y está bien diferenciado. La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Se presentan raíces finas; buen drenaje interno; el color en seco es 10YR 6/6 (pardo amarillo pardusco) y en húmedo es 10YR 3/6 (pardo oscuro amarillento); textura limosa.

Subhorizonte II(B1) (Enterrado) (90-130 cm.)

La separación es difusa de forma discontinua; la reacción con el NaF es intensa (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo firme; tanto la adhesividad como la plasticidad son moderadas; la cementación es moderada; presencia de gravas redondeadas y escasas; piedras angulares y abundantes.

La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante; presencia de películas de arcilla en forma frecuente.

Raíces finas escasas; color en seco 10 YR 6/4 (pardo amarillento claro) y en húmedo 7.5YR 4/4 (pardo oscuro); textura limo-arcillosa.

Subhorizonte II(B)-C (130-8)

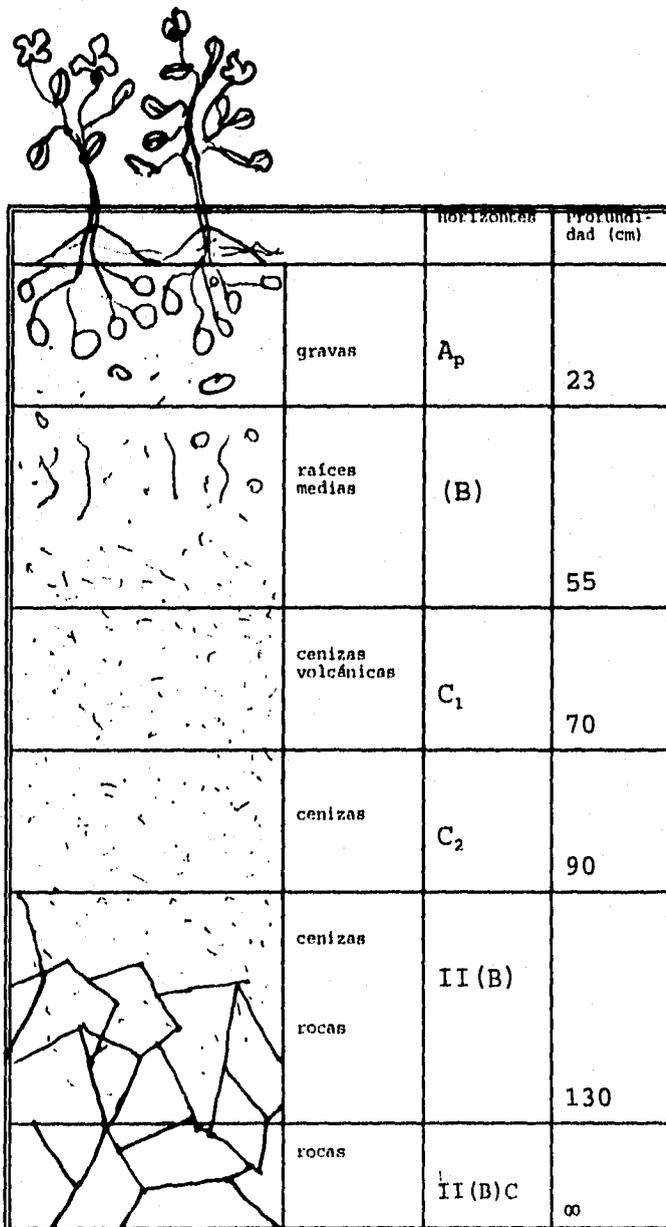
La separación es difusa e irregular; la reacción con NaF es intensa; la consistencia en seco es blanda y en húmedo suelta; la adhesividad y la plasticidad son moderadas; la cementación es fuerte; presencia de gravas redondeadas y escasas; piedras angulares y abundantes.

La estructura es de forma granular, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad grande en moderada cantidad; presencia de películas de arcilla en forma frecuente; color en seco es 10 YR 7/6 (pardo amarillento) y en húmedo 10YR 3/6 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arcillosa.

PERFIL	38B							
ANDOSOL	UMBRICO							
LOCALIDAD	LAURELES (Moderado Profundo)							
USO	CULTIVO PAPA							
FECHA	20-03-93							
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	Ap	A1	(B)	C1	C2	II(B)	II(B)-C
		0-12	12-23	23-55	55-70	70-90	90-130	130-__
H2O	UNIDADES	4,79	4,15	5,47	5,55	5,67	5,44	5,36
KCL	pH (1:2.5)	4,57	5,23	5,68	6,07	6,20	6,06	5,96
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,22	-1,08	-0,21	-0,52	-0,53	-0,62	-0,60
NaF		10,94	10,91	10,96	10,94	10,87	10,85	10,87
CIC	Meq/100 g	12,33	7,41	6,61	3,26	3,00	2,73	1,64
Na+	Meq/100 g	0,28	0,22	0,22	0,24	0,19	0,3	0,22
K+	Meq/100 g	0,15	0,08	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08
Ca++	Meq/100 g	1,78	1,28	1,61	1,65	0,95	1,36	1,03
Mg++	Meq/100 g	0,60	0,32	0,44	0,44	0,54	0,88	0,34
PSB	%	22,79	25,64	35,70	73,93	58,33	96,337	101,83
MO		14,43	7,14	6,30	3,52	2,86	3	1,8
ACIDEZ int.	Meq/100 g	0,8	0,08	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
P disponible	ppm	4,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
ANALISIS FISICOS								
ARCILLA (0-2microm)	%	26,20	22,20	13,60	16,20	7,60	11,60	17,60
LIMO (2-50 microm)	%	35,60	37,60	30,00	35,60	20,00	20,00	26,00
ARENA50-2000 microm)	%	38,20	40,20	56,40	48,20	72,40	68,40	56,40
TEXTURA		FRANCO	FRANCO	MIGAREN				
COLOR		10YR4/2	10YR3/3	10YR4/4	10YR4/3	10YR6/6	10YR6/4	10YR7/6
SECO		PARDO	PARDOSC	PARAMOS	PARDOSC	AMARIPAR	PAAMAACL	AMARILLO
		10YR2/2	7.5YR3/4	7.5YR3/4	10YR3/6	10YR3/6	7.5YR4/4	10YR3/6
HUMEDO		PAMOSC	PARDOSC	PARDOSC	PAOSCAM	PAOSCAM	PARDOSC	P.O.AM.
DR	g*cm-3	1,95	1,83	1,83	1,72	1,52	1,90	2,00
DA	g*cm-3	0,50	0,40	0,40	0,77	SD		
POROSIDAD	(%)	74,359	78,142	78,142	55,233			

COF 38 B
Andosol Umbrico (moderado profundo)

Uso: cultivo de papa



TIPO DE SUELO: ANDOSOL ÚMBRICO de la Serie "Tembladeras"

PERFIL NUM: COF 40A

LUGAR: Se localiza aproximadamente a 1 km. antes de llegar al poblado de Tembladeras, a 20 m del margen derecho del camino que va en dirección de dicho poblado. Municipio: Xico.

ALTITUD: 2960 msnm **LATITUD:** 19°31'01" y **LONGITUD:** 97°06' 03"

VEGETACIÓN Y USO: Vida silvestre, con bosque de mas de 10 años de edad, de Pino y Abetos de Pinus patula y P. ayacahuite, Baccharis conferta y Abies hickelii.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: Fuertemente ondulado, el terreno forma parte de un lomerío que conforma una barranca que desemboca a una planicie.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento, fuertemente pedregoso en el 70 % del área y numerosos afloramientos rocosos, expuestos en 60 % del área; ligeramente erosionado.

MATERIAL PARENTAL: Materiales volcánicos de acarreo y depositados, solo hay ligeras capas de cenizas volcánicas sobre las rocas de riolita y andesita.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Residual.

CLIMA: ZONA HÚMEDA

FECHA DE MUESTREO: 27 DE MARZO DE 1993

El material es muy poroso, hay una reacción lenta en los tres horizontes observados, la ceniza tiene fragmentos de rocas de andesita. El dueño del terreno es el señor Abel Arriaga.

DESCRIPCIÓN

Horizonte A11 (0-20 cm.) Modificado por erosión

La separación es clara y recta; con moderada reacción al fluoruro de sodio (+ lenta); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es débil. La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Presencia de raíces gruesas medias, las finas son abundantes; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/2 (grisáceo oscuro) y en húmedo es 10 YR 4/3 (pardo oscuro); textura limoso.

Horizonte (B) (20-50 cm.)

La separación es difusa y de forma discontinua; con moderada reacción al fluoruro de sodio (++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es débil; Presencia de guijarros y gravas de 5 a 40 cm. de diámetro, subredondeadas frecuentes, con moderada alteración de dichos materiales, revestimiento de alófanos sobre las rocas.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño mediano y débil desarrollo, con microagregados generalizados que ocupan todo el material; la porosidad es esponjosa y abundante, poros en forma de canales tubulares

horizontales. Presencia de raíces gruesas medias, finas en abundancia; presenta buen drenaje interno; color en seco es 7.5 YR 5/6 (pardo intenso) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Horizonte (B)/C (50-& cm.)

La separación es difusa y de forma discontinua; con fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es débil; Presencia de guijarros y gravas de andesita, subredondeadas frecuentes, moderada alteración de dichos materiales o sea del esqueleto, revestimiento de alófanos sobre las rocas.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño mediano y débil desarrollo, con microagregados generalizados sueltos de tamaño fino que ocupan todo el material; la porosidad es grande y abundante.

Presencia de raíces gruesas medias, en abundancia; presenta buen drenaje interno; color en seco 10 YR 4/3 (pardo oscuro) y en húmedo 5 YR 4/4 (rojizo); la textura es areno-arcillo-limosa.

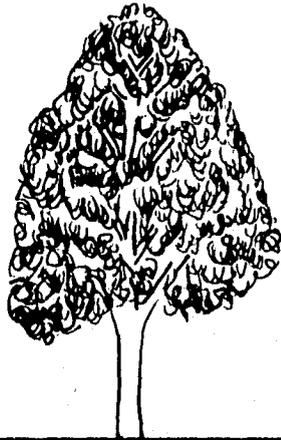
Horizonte R (>100-&) Rocas de andesita

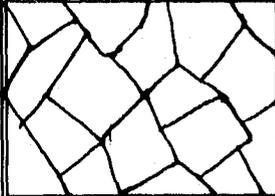
PERFIL	40A			
ANDOSOL	UMBRICO			
LOCALIDAD	TEMBLADERAS			
USO	BOSQUE DE PINO			
FECHA	27-03-93			
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	A1	(B)	(B)C
		0-20	20-50	50-+100
H2O	UNIDADES	4,65	5,31	5,5
KCL	pH (1:2.5)	4,32	5,4	5,6
DELTApH	(H2O-KCl)	0,33	-0,09	-0,1
NaF		10,6	10,98	10,9
CIC	Meq/100 g	24,06	12,18	11,69
Na+	Meq/100 g	0,13	0,13	0,13
K+	Meq/100 g	0,27	0,21	0,13
Ca++	Meq/100 g	1,39	1,71	1,98
Mg++	Meq/100 g	0,08	0,1	0,21
PSB	%	7,77	17,65	20,96
ACIDEZ int	Meq/100 g	3,4	1,01	0,47
M.O.	%	14,5	4	2
P dispon	ppm	12,6	3,5	3,5
ANALISIS FISICOS				
ARCILLA	%	8,73	24,2	30,7
LIMO	%	56,5	39,64	41,28
ARENA	%	34,77	36,16	28
TEXTURA		MIGLIMO	FRANCO	MIGARCI
COLOR		10YR4/2	10YR3/2	10YR4/2
SECO		PAGOSC	PAGMOSC	PAGOSC
		10YR2/1	10YR2/1	10YR2/1
HUMEDO		NEGRO	NEGRO	NEGRO
DR	g*cm-3	2,07	2,06	2,2
DA	g*cm-3	0,5	0,5	0,8

COF 40A

Andosol Umbrico (poco profundo)

Uso: Forestal



		horizonte	Profundi- dad (cm)
	raíces gruesas	A ₁₁	20
	gravas rocas	(B)	50
	raíces medias	C-R	+ 100
			∞

TIPO DE SUELO: ANDOSOL ÚMBRICO de la serie "Tembladeras"

PERFIL NUM: COF 40B

LUGAR: Se localiza aproximadamente a 3 km. antes de llegar al poblado de Tembladeras, 20 m del margen izquierdo del camino que va en dirección de dicho poblado. Municipio: Xico.

ALTITUD: 2950 MSNM. **LATITUD:** 19°31'01" y **LONGITUD:** 97°06'03"

VEGETACIÓN Y USO: Cultivo de papa, con algunos árboles intercalados de Pinus patula y P. ayacahuite, y rodeando las parcelas con Baccharis conferta.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: Planicie ligeramente ondulada.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento, ligeramente pedregoso en el 10 % del área y moderados afloramientos rocosos, expuestos en 10 % del área; no erosionado.

MATERIAL PARENTAL: Materiales volcánicos de acarreo y depositados, dichos materiales son depositaciones derivadas del intemperismo de rocas de basalto sobre Cenizas Volcánicas, debajo de las cuales se encuentran las rocas volcánicas de riolita.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Aluvial.

CLIMA: ZONA HÚMEDA

FECHA DE MUESTREO: 27 DE MARZO DE 1993

Los suelos localmente se conocen como de Sámago

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ap (0-20 cm.)

Es un horizonte cultivado, con límite claro, en forma ondulada; con fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son nulas; la cementación es débil.

Presencia de guijarros y gravas, subredondeadas frecuentes, poca alteración de dichos materiales o sea del esqueleto.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es grande y abundante.

Presencia de raíces medias, finas y gruesas; también hay actividad animal, como grillos; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/2 (grisáceo oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro); la textura es limo-arenosa.

Subhorizonte A1 (20-32 cm.)

La separación es clara, la forma es plana; la reacción al fluoruro de sodio es intensa (+++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad es moderada y la plasticidad es nula; la cementación es moderada; gravas de 2 a 7 cm. de forma subredondeada y frecuentes de origen volcánico, también hay guijarros y piedras de riolita, poco intemperizados.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es esponjosa y en moderada cantidad.

Las raíces son muy finas, finas y medias; el drenaje interno es moderado; color en seco es 10 YR 3/2 (negro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Subhorizonte A1-(B) (32-50 cm.)

La separación es gradual de forma ondulada; la reacción al fluoruro de sodio es intensa (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable; la adhesividad es ligera y la plasticidad es ligera; la cementación es moderada; presencia de piedras redondeadas y frecuentes, además de los guijarros.

La estructura es de bloques angulares, de tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es fina y abundante.

Las raíces comienzan a ser muy finas y finas; es imperfectamente drenado; color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo es 5 YR 2.5/2 (pardo oscuro rojizo); la textura es limosa.

Horizonte (B) (50-75 cm.)

La separación es gradual, forma irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es muy friable, la adhesividad es ligera, la plasticidad es ligera, la cementación es moderada.

Estructura de bloques subangulares, de tamaño medio y débil desarrollo; la porosidad es de poro fino y abundante; las gravas son de .5 cm., redondas y frecuentes, las piedras son abundantes poco intemperizadas.

Las raíces son finas; el color en seco es 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro) y en húmedo es 5YR 2.5/2 (pardo oscuro rojizo); la textura es limosa.

Horizonte C1 (75-92 cm.)

La separación es abrupta y de forma plana; reacción al fluoruro de sodio fuerte (+++); consistencia en seco suelta y en húmedo friable; adhesividad moderada y plasticidad ligera; cementación fuerte; presencia de piedras redondeadas y frecuentes, al igual que guijarros, ambos poco intemperizados. Estructura de bloques subangulares, de tamaño medio y fuerte desarrollo; porosidad de poro fino y abundante.

Raíces regulares finas; el color en seco es 10YR 6/4 (pardo amarillento claro) y en húmedo amarillo. La textura es arenosa, son cenizas volcánicas muy consolidadas, de color amarillo.

PERFIL	40B			
ANDOSOL	UMBRICO			
LOCALIDAD	TEMBLADERAS			
USO	CULTIVO PAPA			
FECHA	27/III/93			
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUNDIDAD	Ap	A1	A₁-(B)
		0-20	20-32	32-50
H2O	UNIDADES	4,64	4,92	5,09
KCL	pH (1:2.5)	4,51	5,39	5,5
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,13	-0,47	-0,41
NaF		10,4	10,86	11,39
CIC	Meq/100 g	23	19,5	10,8
Na+	Meq/100 g	0,28	0,19	0,28
K+	Meq/100 g	0,15	0,08	0,09
Ca++	Meq/100 g	1,86	0,99	1,24
Mg++	Meq/100 g	0,56	0,44	1,08
PSB	%	12,39	8,72	24,91
M. O.	%	23	19,5	11
ACIDEZ INTERCAMB.	Meq/100 g	4,4	1,6	1,09
Al+++ INTERC		3,5	1,3	
FOSFORO DISPONIBLE	ppm	9	trazas	trazas
ANALISIS FISICOS				
ARCILLA	%	37,64	35,64	13,64
LIMO	%	37,64	39,64	38
ARENA	%	24,72	24,72	48,36
TEXTURA		MIGARCI	MIGAJON ARCILLOSO	FRANCO
COLOR		10YR2/2	10YR6/4	10YR7/3
SECO		PAMOSC	PAAMCLA	PAMUPAL
		10YR2/1	10YR2/1	10YR2/2
HUMEDO		NEGRO	NEGRO	PAMOSC
DR	g*cm-3	2,07	2,16	2,25
DA	g*cm-3	0,69	0,4	0,4

FALTA PAGINA

No. 155

TIPO DE SUELO: ANDOSOL ÚMBRICO de la serie "Plan de la Guinda"

PERFIL NUM: COF 43B

LUGAR: Se localiza 1 km. antes de llegar al poblado del mismo nombre a 20 m al margen izquierdo del camino principal.

ALTITUD: 2930 MSNM **LATITUD:** 19°29'05" y **LONGITUD:** 97°06'09"

VEGETACIÓN Y USO: Cultivo de papa, recién sembrada, con algunos árboles intercalados de Pinus patula, P. ayacahuite, rodeando las parcelas con Baccharis conferta.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: Planicie fuertemente ondulada, forma parte del edificio del Cofre de Perote, es una pequeña zona de acumulación de materiales aluviales, localmente llamados "sámago". Es un terreno muy sinuoso, en el cual comienzan barrancas muy profundas.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento, fuertemente pedregoso en el 70 % del área y fuertes afloramientos rocosos, expuestos en 80 % del área; erosionado.

MATERIAL PARENTAL: Materiales volcánicos de acarreo y depositados, además de una capa fina de cenizas volcánicas, debajo de ellos se encuentran las rocas volcánicas de riolita y andesitas basálticas.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Aluvial.

CLIMA: Humedo

FECHA DE MUESTREO: 17 DE ABRIL DE 1993

Alta influencia humana, es pedregoso con afloramientos rocosos.

A los horizontes superficiales los campesinos le llaman "sámago"

y es muy fértil, a los demás suelos que no tienen la misma consistencia ni color les llaman tierra barrosa.

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ap (0-20 cm.)

La separación es clara en forma plana; con moderada reacción al fluoruro de sodio (++); la consistencia en seco es suelta y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil. Presencia de guijarros y gravas, de forma angular frecuentes, poca alteración de dichos materiales.

La estructura es de forma granular, tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es muy fina y abundante.

Presencia de raíces medias, finas y gruesas; presenta buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 4/4 (pardo) y en húmedo es 7.5 YR 2/0 (negro); la textura es limo-arenosa.

Subhorizonte A11 (20-30 cm.)

La separación es clara, la forma es discontinua; la reacción al fluoruro de sodio es moderada (++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable; la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es moderada;

hay gravas de 1 a 2 cm. de tamaño, forma redondeada y escasas, de origen volcánico, poco intemperizadas.

La estructura es de bloques angulares, tamaño medio y moderado desarrollo; la porosidad es de poro fino y escaso.

Las raíces son muy finas, finas y medias abundantes; el drenaje interno es moderado; color en seco es 10 YR 2/1 (negro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro); la textura es limosa.

Subhorizonte A12 (30-62 cm.)

La separación es gradual e irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco y en húmedo es suelta, la adhesividad y la plasticidad es ligera; la cementación es débil, y de estructura nodular; las piedras son subredondeadas y abundantes; levemente intemperizadas.

La estructura es granular de tamaño fino y débil desarrollo; la porosidad es fina pero en escasa cantidad.

Raíces finas y medias; buen drenaje interno, color en seco es 10 YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro) y textura limosa.

Horizonte (B) (62-89 cm.)

La separación es difusa y discontinua; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son moderadas, la cementación es débil con gravas de 5 cm. de forma subredondeada escasas.

La estructura de bloques subangulares de tamaño medio y débil desarrollo, la porosidad es fina y escasa cantidad.

Abundantes raíces finas; color en seco es 10 YR 2/1 (pardo) y en húmedo es igual y la textura es limo-arcillosa.

Horizonte IIA (89-104 cm.)

La separación es gradual e irregular, la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable; la adhesividad, la plasticidad son moderadas, la cementación es moderada; las gravas son de 1-2 cm., redondas y escasas, las piedras son redondeadas y frecuentes.

La estructura es granular, tamaño fino y débil desarrollo, los poros son medianos y chicos, en escasa cantidad, se presentan películas de revestimiento continuas de óxido de hierro y arcillosa, delgadas y ubicación horizontales.

Raíces muy finas, finas y regulares; color en seco 5YR 2.5/2 (pardo oscuro rojizo), húmedo 10 YR 2/1 (negro) y textura limo-arcillosa.

Horizonte C1 (104-&)

La separación es clara y plana; con fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura en bloques subangulares de tamaño moderado, tamaño fino y débil desarrollo; escasa porosidad de poro fino, presencia de actividad animal como gallinas ciegas.

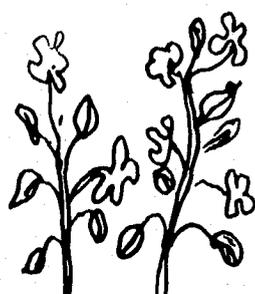
Raíces finas escasas; color en seco 10 YR 5/4 (pardo amarillento) y en húmedo es 10 YR 6/8 (amarillo parduzco); textura areno-limosa.

PERFIL	43B						
ANDOSOL	UMBRICO						
LOCALIDAD	PLAN DE GUINDA						
USO	CULTIVO PAPA						
FECHA	17-04-93						
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	Ap	A11	A12	(B)	IIA	C1
		0-20	20-30	30-62	62-89	89-104	104-__
H2O	UNIDADES	4,8	4,73	4,75	5,18	4,9	5,13
KCL	pH (1:2.5)	4,5	4,53	5,48	5,58	4,81	5,02
&pH	(H2O-KCl)	0,3	0,2	-0,73	-0,4	0,09	0,11
NaF		10,53	10,46	10,63	10,41	10,27	10,97
CIC	Meq/100 g	31,2	27,1	16,7	23,5	18,2	9,2
Na+	Meq/100 g	0,11	0,11	0,13	0,13	0,11	
K+	Meq/100 g	0,26	0,13	0,05	0,05	0,11	
Ca++	Meq/100 g	2,15	1,09	0,59	0,46	0,38	
Mg++	Meq/100 g	0,23	0,1	0,08	0,06	0,05	
PSB	%	8,81	5,28	5,09	2,98	3,57	
ACIDEZ Intercamb.	Meq/100 g	2,73	5,2	2,73	3,3		1,09
M.O.	%	22,4	21,1	15,9	29,1	15,6	4,4
FOSFORO DISP.	ppm	12	1	Trazas	4	1	1
ANALISIS FISICOS							
ARCILLA(0-2microm)	%	33,64	11,28	35,64	35,64	24,2	19,3
LIMO (2-50 microm)	%	31,64	50	39,64	37,64	35,64	36
ARENA50-2000 microm)	%	34,72	38,72	24,72	26,72	40,16	44,72
TEXTURA		MIGARCI	FRANCO	MIGARCI	MIGARCI	FRANCO	FRANCO
COLOR SECO		10YR2/1	10YR2/1	10YR3/1	10YR2/1	5YR2.5/2	10YR5/4
		NEGRO	NEGRO	GRIMOSC	NEGRO	PAROOSCURO	PAAMA
COLOR HUMEDO		7.5YR2/0	10YR2/1	10YR2/1	10YR2/1	10YR2/1	10YR6/8
		NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	PAAMA
D.R.	g*cm-3	2,1	2,17	2,26	2,18	3,1	2,4
D.A.	g/ml	0,4	0,4	0,4	1	SD	SD
POROSIDAD	(%)	80,95238	81,56682	82,30088	54,12844		

COF 43 B

Andosol Umbrico (profundo)

Uso: Cultivo de papa



	horizontes	Profundidad (cm)
<p>papas</p>	A _p	30
<p>gravas</p>	A ₁₂	62
<p>cenizas volcánicas</p> <p>raíces medias</p>	(B)	89
<p>rocas</p>	C-R	104 200-m

TIPO DE SUELO: ANDOSOL ÚMBRICO de la serie "Plan de Guinda"

PERFIL NUM: COF 44A

LUGAR: Se localiza hacia el lado derecho del camino, 1 km. antes de llegar al poblado del mismo nombre.

ALTITUD: 3100 MSNM **LATITUD:** 19°29'05" y **LONGITUD:** 97°06'09"

VEGETACIÓN Y USO: Bosque de Pinus patula, Abies hickelii, Baccharis conferta y Quercus sp.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: 70° fuertemente ondulado, forma parte de una ladera de un cerro que corta el camino.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: Ceniza volcánica, es un flujo de alta temperatura y alta velocidad (blast), con abundantes vidrios es el fondo de este flujo.

EDAD: 32000 Años (Dubroeuq 1993)

MODO DE FORMACIÓN: Aluvial

CLIMA: ZONA HÚMEDA

FECHA DE MUESTREO: 17 de abril de 1993

COMENTARIOS: Suelos de baja densidad, buenos receptores de alófanos ligados a la materia orgánica, localmente se conocen como suelos "samagosos".

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ao (0-15 cm.)

Separación clara de forma plana, fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++), la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad es ligera y la plasticidad es ligera; la cementación es débil.

La estructura es granular de tamaño fino y poco desarrollo; la porosidad es poro fino y abundante.

Raíces medias y finas abundantes; buen drenaje interno; color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro); textura es limo-arenosa.

Subhorizonte A11 (15-35 cm.)

La separación es difusa y de forma plana; las reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño grande y fuerte desarrollo; la porosidad es de poro fino y abundante.

Raíces finas y medias abundantes; hay intensa actividad animal de lombrices, drenaje interno es bueno, color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10 YR 2/1 (negro), la textura es limosa.

Subhorizonte A12 (35-77 cm.)

La separación es difusa de forma plana; fuerte reacción al fluoruro de sodio (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son moderadas, la cementación es moderada; presencia de carbón vegetal.

La estructura es de bloques subangulares, tamaño grande y buen desarrollo, poco intemperizado; porosidad fina y abundante.

Raíces gruesas, medias y finas en abundancia; intensa actividad animal de lombrices de tierra, drenaje interno bueno, color en seco 10 YR3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) en húmedo es 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro); la textura arcillo-limosa.

Subhorizonte A13 (77-125 cm.)

La separación es difusa de forma continua, la reacción es fuerte (+++) al fluoruro de sodio, la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura de bloques subangulares tamaño grande y buen desarrollo; la porosidad es fina y abundante, raíces son medias y finas abundantes; el drenaje interno es bueno; color en seco es 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro); textura arcillo-limosa.

Subhorizonte A14 (125-173 cm.)

La separación es difusa y continua; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es firme, la adhesividad y la plasticidad son moderadas, la cementación es moderada.

La estructura de bloques subangulares de tamaño grande y buen desarrollo; la porosidad es fina y abundante.

Las raíces son finas; el drenaje interno es bueno; color en seco 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) y en húmedo es 10 YR 2/1 (negro), la textura es arcillo-limosa.

Horizonte (B) (de aporte lateral) (173-186 cm.)

La separación es clara y continua; la reacción al fluoruro de sodio es fuerte (+++), la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y la plasticidad son ligeras, la cementación es débil.

La estructura es en bloques subangulares de 2 cm. de tamaño mediano y moderado desarrollo; la porosidad es fina y abundante.

Raíces finas y pocas, drenaje interno bueno, color en seco 10 YR 4/3 (pardo oscuro) y en húmedo 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); la textura es limo-arenosa.

Horizonte C1 (186-&)

La separación es clara y continua, con fuerte (+++) reacción al fluoruro de sodio; la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable, la adhesividad y la plasticidad son ligeras, la cementación es moderada, es ceniza meteorizada.

La estructura es de bloques subangulares de forma casi poliédrica, de tamaño fino (casi 1 cm.), muy débiles, se desmoronan en microagregados redondos muy finos, significa que hay arcilla, se observan poros de compactación, estos son poliédricos (esta forma físicamente es la más estable y es la que ocupa mayor espacio), se observan cristales.

Raíces finas escasas; drenaje interno bueno; color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arcilloso.

PERFIL	44							
ANDOSOL	UMBRICO							
LOCALIDAD	CARABINAS							
USO	BOSQUE DE PINO							
FECHA	17-04-93							
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	AO 0-15	A11 15-35	A12 35-77	A13 77-125	A14 125-173	(B₁₁) 173-186	C1 186-&
H2O	UNIDADES	5,73	6,12	6,54	5,87	5,67	5,41	5,83
KCL	pH (1:2.5)	5,77	5,54	6,22	6,05	5,80	5,64	6,05
DELTA pH	(H2O-KCl)	-0,04	0,58	0,32	-0,18	-0,13	-0,23	-0,22
NaF		10,35	10,96	10,80	10,50	10,94	11,10	11,05
CIC	Meq/100 g	24,20	19,30	22,00	22,00	18,50	6,70	6,00
Na+	Meq/100 g	0,74	0,22	0,24	0,28	0,22		
K+	Meq/100 g	0,77	0,58	0,15	1,05	0,04		
Ca++	Meq/100 g	8,94	6,86	9,36	11,65	2,70		
Mg++	Meq/100 g	1,34	0,45	0,76	3,33	0,68		
PSB	%	48,72	42,02	47,77	74,14	19,68		
ACIDEZ Intercamb.	Meq/100 g	0,55	0,54		1,09	1,09	1,09	1,09
M.O.	%	19,10	10,70	11,20	17,50	23,30	3,41	1,50
FOSFORO dlsp.	ppm	9,00	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	1,00
ANALISIS FISICOS								
ARCILLA	%	29,64	30,20	21,64	8,00	18,20	16,20	10,72
LIMO	%	33,64	43,64	47,64	41,28	37,64	35,64	17,28
ARENA	%	36,72	26,16	30,72	50,72	44,16	48,16	72,00
TEXTURA		MIGAJON RCLLOSOI	MIGAJON RCILLOSO	FRANCO	MIGAJON ARENOSO	FRANCO	FRANCO	MIGAJON ARENOSO
COLOR		10YR3/2	10YR3/2	10YR3/2	10YR2/1	10YR2/1	10YR2/2	10YR4/3
SECO		PARDO GRIS MUY OSCURO	PARDO GRIS MUY OSCURO	PARDO GRIS MUY OSCURO	NEGRO	NEGRO	PARDO MUY OSCURO	PARDO
COLOR		10YR2/1	10YR2/2	10YR2/1	10YR2/2	10YR2/1	10YR2/2	10YR3/4
HUMEDO		NEGRO	PARDO MUY OSCURO	NEGRO	PARDO MUY OSCURO	NEGRO	PARDO MUY OSCURO	PARDO MUY OSCURO
DR	g*cm-3	2,18	2,36	2,30	2,32	2,27	2,28	2,33
DA	g/ml	0,40	0,50	0,40	0,30	SD	SD	SD
POROSIDAD	(%)	81,65138	78,81356	82,6087	87,0689655			

TIPO DE SUELO : ANDOSOL HÁPLICO de la serie "Tenextepec"

PERFIL NUM: COF 41

LUGAR: Se localiza en el camino que comunica a Tenextepec con el Escobillo, a 10 km. antes de llegar al segundo poblado, en la ladera W del Cofre de Perote.

ALTITUD: 2850 MSNM. **LATITUD:** 19°05' y **LONGITUD:** 97°12'02"

VEGETACIÓN Y USO: Bosque de Pino de cono pequeño, rodeado de Muhlebergia macroura y Baccharis conferta. Los árboles de pino miden 25 m de alto y 0.8 m. de diámetro.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 8 %, ondulado, forma parte de una ladera.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: El material parental es lapilli (tepetzil) y ceniza volcánica.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN : Coluvial

CLIMA: Zona seca

FECHA DE MUESTREO: 24 de junio de 1993

Comentarios: La grava tiene tamaños de 0.5 a 3 cm. de diámetro, material acarreado, coluvial, el material superficial forma costras separadas de 1 a 2 cm. de espesor de textura limosa. Hay tixotropía.

DESCRIPCIÓN

Subhorizonte Ao (0-9 cm.)

La separación del horizonte es clara, de forma plana, con moderada reacción al NaF es moderada (++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo es firme; la adhesividad y plasticidad son bajas a moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares, moderado desarrollo, tamaño mediano, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro; la porosidad es de poro mediano, en cantidad moderada.

Abundantes raíces pequeñas, finas y gruesas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 5/4 (pardo amarillento), en húmedo 10YR 4/3 (pardo oscuro); textura limo-arenosa.

Subhorizonte A11 (9-15 cm.)

El límite del horizonte es claro, de forma plana; con reacción moderada al NaF(++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares, moderado desarrollo, y tamaño mediano, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro; la porosidad es de poro mediano, en cantidad moderada.

Abundantes raíces pequeñas, finas y gruesas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 5/3 (pardo), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo oscuro); textura areno-limosa.

Horizonte (B) (15-72 cm.)

La separación del horizonte es clara, de forma plana; con ligera reacción al NaF(+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es muy friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares, moderado desarrollo, y tamaño mediano, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro de tepetzil y de basalto; la porosidad es de poro mediano, en cantidad moderada.

Abundantes raíces pequeñas, finas y muy gruesas, las cuales forman grandes oquedades en el perfil, donde se acumula, humus de textura fina que provienen de la superficie, de color negro y untuosas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 7/6 (pardo amarillento), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo oscuro); textura limo-arenosa.

Subhorizonte C1 (72-130 cm.)

La separación del horizonte es difusa, de forma de lenguas; con ligera reacción al NaF(+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es muy friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de bloques subangular, moderado desarrollo, y tamaño fino, con gravas redondeadas de 0.5 a 3 cm. de diámetro de basalto y tepetzil; la porosidad es de poro medianos y grandes, en cantidad abundante.

Abundantes raíces finas y abundantes; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 6/4 (pardo amarillento claro), en húmedo 10YR 7/6 (pardo amarillento); textura arenosa.

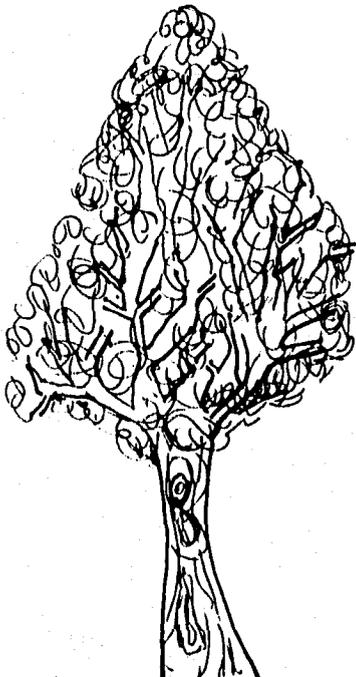
Subhorizonte C2 (130-&)

Es el material parental, poco alterado, "tepetzil", de diferente tamaño de partículas, de color blanco intenso es un banco de material sirve para la elaboración de ladrillos para la construcción, la textura es arenosa con gravas, las raíces finas llegan a estas profundidades.

PERFIL	41				
ANDOSOL	HAPLICO				
LOCALIDAD	TENEXTEPEC				
USO	BOSQUE DE PINO				
FECHA	25/VI/93				
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUNDIDAD	Ao	A1	(B)	C-R
H2O	UNIDADES	6,33	6,19	6,68	6,69
KCL	pH (1:2.5)	5,92	5,64	5,82	5,83
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,41	0,55	0,86	0,86
NaF		9,56	9,68	9,48	9,47
CIC	Meq/100 g	13,40	10,00	12,20	
Na+	Meq/100 g	0,44	0,22	0,33	
K+	Meq/100 g	1,02	1,11	1,25	
Ca++	Meq/100 g	2,91	4,58	7,28	
Mg++	Meq/100 g	0,84	0,74	1,81	
PSB	%	38,88	66,50	87,46	
MO	%	5,40	2,14	1,01	0,36
ACIDEZ INTERCAMB.	Meq/100 g				
FOSFORO DISPONIBLE	ppm	4,00	6,00	1,00	Trazas
ANALISIS FISICOS					
ARCILLA	%	18,72	16,72	20,72	18,72
LIMO	%	47,28	39,28	35,28	29,28
ARENA	%	34,00	44,00	44,00	52,00
TEXTURA		FRANCO	FRANCO	FRANCO	FRANCO
COLOR		10YR5/4	10YR5/3	10YR7/6	10YR6/4
SECO		PAAMAR	PARDO	AMARILLO	PAAMACLA
		10YR4/3	7.5YR5/6	7.5YR5/6	10YR7/6
HUMEDO		PAROSC	PARAMA	PARAMA	AMARILLO
DR	g/ml	2,30	2,37	2,43	2,44
DA	g/ml	0,30	0,30	0,50	0,96
POROSIDAD		86,957	87,342	79,424	60,697

COF 41
Andosol Háplico

Uso forestal: Bosque de Pino



		Horizontes	Profundidad (cm)
	Raíces medias	A ₀	0-9
	gravas	A ₁₁	9-15
	cenizas volcánicas raíces de troncos manchas negras	B	15-72
	raíces tepetzil arenas	R	72(+)-130

TIPO DE SUELO : ANDOSOL HÁPLICO de la serie "Tenextepec"

PERFIL NUM: COF 55

LUGAR: Se localiza en el camino que conecta a Tenextepec-El Escobillo, a 10 km. antes de llegar al segundo poblado, en la ladera oeste del Cofre de Perote, a 500 m margen derecho del camino.

ALTITUD: 2780 MSNM **LATITUD:** 19°30' y **LONGITUD :** 97°12'02"

VEGETACIÓN Y USO: Cultivo de maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), con presencia de arvenses como *Erodium cicutarium*, *Tagetes sp.*; rodeado de Bosque de Pino, los árboles de pino miden 25 m de alto y 0.8 m. de diámetro.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 8 % de pendiente, ondulado, pequeños valles rellenos de cenizas que se utilizan para la agricultura.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: sobreposición de varias capas de cenizas volcánicas sobre tepetzil

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN : Coluvial

CLIMA: ZONA SECA

FECHA DE MUESTREO: 24 de junio de 1993

OBSERVACIÓN: Se presenta la tixotropia en todo el perfil

DESCRIPCIÓN

Horizonte Ap (0-35 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF moderada a fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto de bloques subangulares y moderado desarrollo, de tamaño grande, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es buena de poro mediano a grueso abundantes.

Raíces finas, medias y gruesas regularmente abundantes; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 5/3 (pardo a pardo amarillento), en húmedo 10YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arenosa.

Horizonte (B) (35-85 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares pequeños (3 cm.) y débil desarrollo, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es de poro fino a mediano abundantes.

Hay presencia de oquedades ocasionadas por las raíces gruesas de los árboles llegan a medir hasta 15 cm. de diámetro, las cuales se rellenan de materia

orgánica de la superficie y dan coloraciones oscuras tienen intensa reacción al NaF.

Las raíces finas, medias son abundantes y las gruesas son escasas; drenaje interno bueno; el color en seco es 10 YR 6/6 (pardo amarillento), en húmedo 7.5YR 5/6 (fuertemente pardo amarillento); textura limosa.

Subhorizonte C1 (85-105 cm.)

La separación es gradual, de forma plana, con reacción al NaF fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares pequeños (3 cm.) y débil desarrollo, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es de poro fino abundante.

Hay presencia de mayor cantidad de oquedades ocasionadas por las raíces gruesas de los árboles llegan a medir hasta 15 cm. de diámetro, las cuales se rellenan de materia orgánica de la superficie y dan coloraciones oscuras tienen fuerte reacción al NaF.

Las raíces finas, medias son abundantes y las gruesas son escasas; drenaje interno bueno; el color en húmedo 10YR 6/6 (pardo amarillento); textura limosa. Es un horizonte compacto.

Subhorizonte C2 (105-120 cm.)

La separación es gradual, de forma plana, con reacción al NaF moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares medianos (5 cm.), débil desarrollo, presencia de piedras intemperizadas.

La porosidad es de poro grueso y tubular debido a las raíces a veces hay finos; raíces finas, son abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo 10YR 6/8 (pardo amarillo); textura limosa-arenosa.

PERFIL No	55				
ANDOSOL	HAPLICO				
LOCALIDAD	TENEXTEPEC				
USO	CULTIVO DE MAIZ/PAPA				
FECHA	24-VI-93				
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES	Ap	(B)	C1	C2
	PROF. (cm)	0-35	35-85	85-105	105-120
PH H2O	UNIDADES	5,50	6,34	6,52	6,28
PH KCl	1:2.5	5,47	5,94	5,69	5,80
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,03	0,40	0,83	0,48
PH NaF	1:2.5	10,46	10,08	9,12	8,92
CIC	Meq/100 g	19,20	30,81	18,00	20,03
Na+	Meq/100 g	0,22	0,34	0,57	0,22
K+	Meq/100 g	0,35	0,67	1,02	0,95
Ca++	Meq/100 g	2,91	3,54	3,54	3,85
Mg++	Meq/100 g	0,49	1,14	1,60	1,50
PSB	%	20,70	18,50	37,40	32,60
MO	%	3,38	0,72	Trazas	0,35
P dispon	ppm	40,00	0,15	16,00	0,80
ANALISIS FISICOS					
ARCILLA	(%)	26,20	27,64	26,72	22,72
LIMO	(%)	41,64	45,64	35,28	37,28
ARENA	(%)	32,16	26,72	38,00	40,00
TEXTURA		MIGARCIL	LIMOSO	MIGALIMO	
COLOR		10YR5/3	10YR6/6	10YR6/6	10YR6/6
SECO		PARDO	AMAPAR	AMAPAR	AMAPAR
		10YR3/4	7.5YR3/4	7.5YR5/6	10YR6/6
HUMEDO		PARAMOSC	PARDOSC	PARDINTE	AMAPAR
DR	g*cm-3	2,41	1,74	2,10	2,10
DA	g*cm-3	0,30	0,80	0,40	1,17

TIPO DE SUELO: ANDOSOL HÁPLICO de la serie "20 de Noviembre"

PERFIL NUM: COF 56

LUGAR: Se localiza en el camino que conduce a la comunidad 20 de Noviembre, antes de llegar a la misma, a 100 m de lado derecho.

ALTITUD: 2450 MSNM **LATITUD:** 97°11' y **LONGITUD:** 19°37'02"

VEGETACIÓN Y USO: Bosque de pino, árboles de 25 m de alto y 50 cm. de grosor, en el estrato arbustivo representado por Baccharis conferta y en el estrato herbáceo pasto, el bosque está rodeado de cultivos de maíz (Zea mays)-papa (Solanum tuberosum), con presencia de arvenses como Erodium cicutarium, Tagetes sp.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 7% de pendiente y terreno ondulado.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: sobreposición de las capas de cenizas volcánicas sobre el Tepetzil.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN: Coluvial

CLIMA: Zona seca

FECHA DE MUESTREO: 25 de junio de 1993

DESCRIPCIÓN:

Subhorizonte A11 (0-20 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF, moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma granular ligero desarrollo, tamaño medio; los agregados se agrupan en racimos; la porosidad es buena de poro grueso debido a las raíces, abundantes.

Raíces finas, medias y gruesas regularmente abundantes; drenaje interno bueno; intenso actividad de las lombrices las cuales son grandes (0.5 y 1 cm. de diámetro de color rojizo) el color en seco es 10 YR 5/4 (pardo amarillento), en húmedo 10YR 3/4 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arenosa, abundan gravillas de 5 mm., presencia de tixotropía.

Subhorizonte A12 (20-40 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF, fuerte (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares débil desarrollo, tamaño medio; la porosidad es buena de poro grueso debido a las raíces, abundantes, de forma tubular.

Raíces finas, abundantes; drenaje interno bueno; intensa actividad de las lombrices, las cuales son grandes (0.5 y 1 cm. de diámetro de color rojizo) con

bastante actividad. Color en seco es 10 YR 5/4 (pardo amarillento), en húmedo 10YR 3/6 (pardo oscuro amarillento); textura limo-arenosa, abundan las arenas finas, presencia de tixotropía.

Horizonte (B) (40-60 cm.)

La separación es gradual, de forma plana, con reacción al NaF, moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma de bloques subangulares fuerte desarrollo tamaño medio, es muy compacto, hay rocas grandes de basalto además de piedras incluidas en el horizonte, abundan arenas gruesas, la porosidad es de poro fino.

Raíces finas, abundantes; drenaje interno bueno; intensa actividad de las lombrices las cuales son grandes (0.5 y 1 cm. de diámetro de color rojizo). Color en seco es 10 YR 7/6 (pardo amarillo), en húmedo 7.5YR 5/6 (pardo fuerte); textura limo-areno-arcillosa.

Subhorizonte C1 (60-90 cm.)

El color es 10 YR 5/8 (pardo), la estructura es de tamaño grande pero débil desarrollo, de forma subangular, textura limo-arenosa (arena fina), hay un cambio de material, presencia de gravas del tepetzil de forma abundante, hay raíces finas, medianas y grandes, este tipo de material es ceniza volcánica, poca reacción al NaF.

Subhorizonte C2 (90-130 cm.)

El color es 10 YR 6/6 (pardo), textura arenosa (arena fina y gruesa), ceniza con ligera presencia de tepetzil, la estructura es débilmente desarrollada, de tamaño grande forma subangular, porosidad fuerte porque los poros son grandes por lo tanto el drenaje interno es bueno.

Horizonte de tepetzil (130-&).

Es el material sobre el que sobreyace las diferentes capas de cenizas volcánicas es de color blanco a rosadas, son gravas grandes con abundancia de raíces finas.

PERFIL	56					
ANDOSOL	HAPLICO					
LOCALIDAD	20 DE NOVIEMBRE					
USO	BOSQUE DE PINO					
FECHA	25/VI/93					
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	A₁₁ 0-20	A₁₂ 20-40	(B) 40-60	(B) 60-90	C1 90-130
H2O	UNIDADES	6,22	6,49	6,28	6,26	6,47
KCL	pH (1:2.5)	6,16	6,12	5,69	5,67	5,29
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,06	0,37	0,59	0,59	1,18
NaF		9,98	10,5	10,15	9,64	9,08
CIC	Meq/100 g	36,5	21,05	28,54	33,31	27,6
Na+	Meq/100 g	0,15	0,15	0,28	0,41	0,31
K+	Meq/100 g	0,38	0,43	0,83	0,94	0,72
Ca++	Meq/100 g	1,88	3,55	3,09	4,22	3,63
Mg++	Meq/100 g	0,78	0,71	1,28	0,99	1,24
PSB	%	8,74	22,99	19,20	19,69	21,38
MO	%	7,16	1,79	1,13	0,63	0,22
P dispon.	ppm	1,2	0,7	5	0,5	0,2
ANALISIS FISICOS						
ARCILLA	%	49,28	15,28	22,72	22,72	SD
LIMO	%	20	43,28	45,28	33,28	SD
ARENA	%	30,72	41,44	32	44	SD
TEXTURA		ARCILLOS	FRANCO	FRANCO	FRANCO	SD
COLOR		10YR5/4	10YR5/4	10YR7/6	10YR5/6	SD
SECO		PARAMA	PARAMA	AMARILLO	PARAMA	
		10YR3/4	10YR3/6	7.5YR5/6	10YR5/8	10YR6/6
HUMEDO		PAOSAMA	PAOSAMA	PARFUE	PARAMA	AMAPARD
DR	g*cm-3	2,2	2,3	2,17	2,2	2,3
DA	g*cm-3	1,4	0,9	0,3	0,87	0,87
POROSIDAD	(%)	36,36364	82,6087	86,17512	60,45455	

TIPO DE SUELO : ANDOSOL HÁPLICO de la serie "20 de noviembre"

PERFIL NUM: COF 57

LUGAR: Se localiza en el camino que comunica al poblado del mismo nombre a 50 m del lado izquierdo del camino justo 1.5 km. antes de llegar a la comunidad.

ALTITUD: 2370 MSNM **LATITUD:** 19°37'02" y **LONGITUD:** 97°11'

VEGETACIÓN Y USO: Cultivos de maíz (*Zea mays*)-papa (*Solanum tuberosum*), con presencia de arvenses como *Erodium cicutarium*, *Tagetes sp.*; el maíz está un poco amarillento, tiene una altura de 50 cm., se rodea por bosque de pino.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 2% de pendiente, ligeramente ondulado, son pequeños valles consecutivos.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: Sobreposición de capas de cenizas volcánicas sobre tepetzil.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN : Coluvial

CLIMA: ZONA SECA

FECHA DE MUESTREO: 25 de junio de 1993

DESCRIPCIÓN

Horizonte Ap (0-40 cm.)

La separación es clara, de forma plana; con reacción al NaF moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil, continua.

La estructura del esqueleto es de forma subangular con la arena y el limo en pequeños y moderados racimos de forma redonda con moderado desarrollo, de tamaño pequeño, con gravas redondeadas de 0.5 a 2 cm. de diámetro; la porosidad es buena de poro grueso abundante por las raíces las cuales son finas y medianas, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 5/4 (pardo amarillento); textura limo-arenosa. Abundancia de arenas gruesas (5 mm.) y finas lo que denota que es un coluvión, presencia de tixotropía.

Horizonte (B) (40-58 cm.)

La separación es clara, de forma plana; con reacción al NaF moderada (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma subangular débil desarrollo, de tamaño grande; presencia de piedras pómez del tepetzil y rocas de basalto; la porosidad es buena de poro grueso abundantes por las raíces.

Pocas raíces medianas y gruesas; hay fragmentos de carbón vegetal; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 7.5 YR 5/6 (pardo oscuro), en seco 10YR 7/6 (amarillento); textura limo-areno-arcillosa.

Subhorizonte C1 (58-74 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con reacción al NaF débil (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, débil desarrollo, de tamaño grande; presencia de gravas de pómez del tepetzil, con cenizas volcánicas; la porosidad es buena de poro grueso por las raíces.

Pocas raíces medianas y finas; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10YR 5/8 (pardo amarillento), en seco 10YR 7/6 (amarillo); textura limo-arenosa.

Subhorizonte (C2) (74-&)

La separación es difusa, es de transición de forma plana, sin reacción al NaF; la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es débil.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, débil desarrollo, de tamaño grande; presencia dominante de gravas de pómez del tepetzil, con poca cantidad de cenizas volcánicas; la porosidad es buena de poro grueso por las raíces.

Pocas raíces medianas y finas; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10YR 6/8 (amarillo parduzco), en seco 10YR 6/4 (pardo amarillento claro); textura arenosa.

Subhorizonte C3 (+&)

Es un horizonte de tepetzil de color blanco, con presencia de raíces finas y medias en poca cantidad.

PERFIL	57				
ANDOSOL	HAPLICO				
LOCALIDAD	20 DE NOVIEMBRE				
USO	CULTIVO PAPA/MAIZ				
FECHA	25/VI/93				
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUN(cm)	Ap	(B)	C1	C2
		0-40	40-58	58-74	74-8
H2O	UNIDADES	6,05	6,34	6,18	6,56
KCL	pH (1:2.5)	5,37	5,34	4,93	5,03
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,68	1	1,25	1,53
NaF		10,19	9,94	9,3	9,09
CIC	Meq/100 g	21,7	28,8	22,4	21,39
Na+	Meq/100 g	0,24	0,74	0,65	0,61
K+	Meq/100 g	0,51	1,75	2,05	1,87
Ca++	Meq/100 g	3,12	7,7	6,76	8,32
Mg++	Meq/100 g	1,01	2,71	2,76	2,76
PSB	%	22,49	44,79	54,55	63,39
MO	%	3,06	0,42	0,12	0,08
P dispon.	ppm	4	0,3	0,6	6
ANALISIS FISICOS					
ARCILLA	%	20,72	24,72	24,72	20,72
LIMO	%	39,28	39,28	31,28	25,28
ARENA	%	40	36	44	54
TEXTURA		FRANCO	FRANCO	FRANCO	MIGAJON ARCILLOSO ARENOSO
COLOR		10YR5/4	10YR7/6	10YR7/6	10YR6/4
SECO		PARAMA	AMARIL	AMARIL	PARAMACL
		10YR3/4	7.5YR5/6	10YR5/8	10YR6/8
HUMEDO		PARAMOSC	PARAMA	PARAMA	AMARPAR
DR	g*cm-3	2,1	2,27	2,3	2,4
DA	g*cm-3	0,5	0,4	0,4	0,92
POROSIDAD	(%)	76,19048	82,37885	82,6087	61,66667

TIPO DE SUELO : ANDOSOL HÁPLICO de la serie "El Conejo"

PERFIL NUM: COF 58

LUGAR: Se localiza en el camino que comunica a Perote a 1 km. del pueblo del Conejo. El terreno pertenece al señor Gustavo Hernández.

ALTITUD: 3120 msnm **LATITUD:** 19°32'02" y **LONGITUD:** 97°10'

VEGETACIÓN Y USO: Bosque de Pino, encino y abetos los árboles de pino rodeados de cultivos de papa y maíz, miden 20-30 m de alto y 0.7 m. de diámetro.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 35° C de pendiente; ondulado, son grandes planicies que nacen en el propio Cofre.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: Cenizas volcánicas de color blanco (tepetzil)

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN : Coluvial

CLIMA: Humedo

FECHA DE MUESTREO: Junio de 1993 (inicio de época de lluvias o finales de la época seca).

DESCRIPCIÓN

Horizonte A1 (0-25 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con fuerte reacción al NaF (+++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces.

Raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 4/3 (pardo amarillento); textura limo-areno-arcillosa, presencia de tixotropía.

Horizonte (B) (25-50 cm.)

La separación es tenue, de forma irregular con moderada reacción al NaF (++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de bloques de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces.

Raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/6 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 5/4 (pardo amarillento); textura areno-limosa, presencia de tixotropía.

Subhorizonte (B)C (50-73 cm.)

La separación es gradual de forma irregular, con moderada reacción al NaF

(++); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces. Raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 4/6 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 5/4 (pardo amarillento); textura areno-arcillosa, presencia de tixotropía.

Subhorizonte C1 (73-102 cm.)

La separación es gradual de forma irregular, con débil reacción al NaF(+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; son cenizas con gravas de forma revuelta (5-15 cm.) de forma aplanada y a veces redondeadas; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces. Raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 5/6 (pardo amarillento), en seco 10YR 6/4 (pardo amarillento claro); textura arenosa.

Subhorizonte C2 (102-150-8 cm.)

La separación es gradual de forma irregular, con débil reacción al NaF(+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño mediano, débil desarrollo; con cenizas; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces .

Raíces finas medianas y grandes, abundantes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 5/8 (pardo amarillento), en seco 10YR 6/3 (pardo pálido); el color cambia de la parte alta a la parte baja de ocre a color blanco, es muy notoria esta separación del color.

Se observan manchas que no se conservan en todo el perfil lo cual se debe a las raíces gruesas aunque se manifiesta como si fuera carbón quemado, en el perfil se nota como una franja pero que no se conserva en todo alrededor de tal manera que se pudiera confundir con un horizonte, más bien son huecos de raíces que se rellenan con materia orgánica y van relleno los huecos en el sentido de la raíz es de decir de forma horizontal y hacia la profundidad del suelo; textura arenosa.

PERFIL	58					
ANDOSOL	HAPLICO					
LOCALIDAD	EL CONEJO					
USO	BOSQUE DE ABETOS					
FECHA	25/VI/93					
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUN (cm)	A11	(B)	(B)C	C1	C2
		0-25	25-50	50-73	73-102	102-150
H2O	UNIDADES	5,97	6,38	6,64	6,6	6,32
KCL	pH (1:2.5)	5,39	5,99	6,35	6,14	5,97
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,58	0,39	0,29	0,46	0,35
NaF		10,76	10,96	10,91	10,7	10,61
CIC	Meq/100 g	32,2	24,2	24,6	21,8	13,8
Na+	Meq/100 g	0,28	0,24	0,22	0,24	0,22
K+	Meq/100 g	0,46	0,27	0,2	0,23	0,26
Ca++	Meq/100 g	6,45	4,58	3,33	2,7	1,66
Mg++	Meq/100 g	0,68	0,29	0,23	0,25	0,31
PSB	%	24,44	22,23	16,18	15,69	17,75
MO	%	5,95	1,89	1,15	0,63	0,22
P dispon.	ppm	5	2	Trazas	Trazas	0,1
ANALISIS FISICOS						
ARCILLA	%	21,64	16,72	16,72	20,72	16,72
LIMO	%	36	25,28	19,28	19,28	13,28
ARENA	%	42,36	58	64	60	70
TEXTURAS		FRANCO	MIGAREN	MIGAJON ARENOSO	MIGAJON ARENOSO ARCILLOSO	MIGAJON ARENOSO
COLOR		10YR4/3	10YR5/4	10YR5/4	10YR6/4	10YR6/3
SECO		PARDO	PARAMA	PARAMA	PARAMCLAR	PARDCLA
		10YR3/4	10YR3/6	10YR4/6	10YR5/6	10YR5/8
HUMEDO		PARAMOSC	PARAMOSC	PARAMOSC	PARAMA	PARAMA
DR	g*cm-3	1,9	2,1	1,77	2,06	2,3
DA	g*cm-3	0,4	0,5	0,4	1,06	1,02
POROSIDAD	(%)	78,94737	76,19048	77,40113	48,54369	55,6521739

TIPO DE SUELO: ANDOSOL HÁPLICO de la serie "El Conejo"

PERFIL NUM: COF 59

LUGAR: Se localiza en el camino que comunica a Perote a 2 km. del pueblo del Conejo. Su dueño se llama Pedro Domínguez, quien no siembra la papa desde hace varios años.

ALTITUD: 3070 msnm **LATITUD:** 19°32'06" y **LONGITUD:** 97°10'01"

VEGETACIÓN Y USO: Cultivo de papa roja "San José" sembrados en abril para ser cosechados en octubre con una producción calculada de aproximadamente 20 Ton/Ha; los árboles de pino y oyamel sirven de cercas vivas los cuales llegan a medir desde 15 a 30 m de alto por 30 cm. de diámetro, se encuentran en forma aislada, las herbáceas como la mostaza son abundantes.

PENDIENTE Y FORMA DEL TERRENO: De 35° C de pendiente, ondulado, son grandes planicies que nacen en el propio Cofre.

DRENAJE EXTERNO: Buen drenaje y escurrimiento.

MATERIAL PARENTAL: Cenizas volcánicas delgadas revueltas con brechas volcánicas.

EDAD: Joven

MODO DE FORMACIÓN : residual

CLIMA: Zona semihúmeda (Seca)

FECHA DE MUESTREO: Junio de 1993 (inicio de época de lluvias o finales de la época seca).

DESCRIPCIÓN

Horizonte Ap (0-12 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con ligera reacción al NaF (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño pequeño débil desarrollo; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces. Raíces finas medianas y grandes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/4 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 6/4 (pardo amarillento); textura limo-arenosa.

Horizonte (B) (12-39 cm.)

La separación es clara, de forma plana, con ligera reacción al NaF (+); la consistencia en seco es blanda y en húmedo es friable; la adhesividad y plasticidad son ligeras; la cementación es moderada.

La estructura del esqueleto es de forma subangular, de tamaño fino a mediano débil desarrollo; presencia de gravas en poca cantidad y guijarros un poco más; la porosidad es buena de poros gruesos abundantes por las raíces.

Raíces finas medianas y grandes; drenaje interno bueno; el color en húmedo es 10 YR 3/6 (pardo oscuro amarillento), en seco 10YR 7/6 (pardo amarillo); textura limo-arcillo-arenosa.

Subhorizonte C1 (39-80 cm.)

La separación es difusa, de forma plana, con fuerte reacción al NaF (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo poco friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas, la cementación es fuerte.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares de tamaño medio a fino, débil desarrollo, abundan las piedras de 10 cm² de diámetro; la porosidad es buena.

Con raíces abundantes medias y gruesas; buen drenaje interno; color en húmedo es 10 YR 4/6 (pardo oscuro amarillento) y en seco es 10 YR 7/4 (pardo muy pálido); textura limo-arenosa.

Subhorizonte C2 (80-120 cm.)

La separación es difusa, de forma plana, con fuerte reacción al NaF (+++); la consistencia en seco es ligeramente dura y en húmedo poco friable; la adhesividad y plasticidad son moderadas, la cementación es fuerte.

La estructura del esqueleto es de bloques subangulares de tamaño medio a fino, débil desarrollo, abundan las piedras de basalto intemperizado de varios tamaños entremezcladas con cenizas volcánicas, además de gravas; la porosidad es buena.

Con raíces abundantes medias y gruesas; buen drenaje interno; color en húmedo es 10 YR 3/6 (pardo oscuro amarillento) y en seco es 10 YR 7/4 (pardo muy pálido); textura arcillo-arenosa.

Horizonte R (120-& cm.)

Material parental lítico de basalto revueltas con cenizas volcánicas.

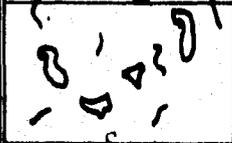
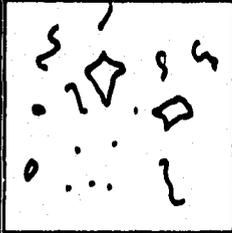
PERFIL	59				
ANDOSOL	HAPLICO				
LOCALIDAD	EL CONEJO				
USO	CULTIVO DE PAPA				
FECHA	25/VI/93				
ANALISIS QUIMICOS	HORIZONTES PROFUND (cm)	Ap 0-12	(B) 12-39	C1 39-80	C2 80-120
H2O	UNIDADES	5,63	5,7	5,88	5,78
KCl	pH (1:2.5)	5,19	5,28	5,37	5,03
DELTA pH	(H2O-KCl)	0,44	0,42	0,51	0,75
NaF		10,68	10,8	10,72	10,55
CIC	Meq/100 g	26	24,5	22,4	21,73
Na+	Meq/100 g	0,17	0,17	0,19	0,13
K+	Meq/100 g	0,49	0,45	0,36	0,15
Ca++	Meq/100 g	SD	2,21	2	1,03
Mg++	Meq/100 g	0,25	0,18	0,2	0,12
PSB	%	3,5	12,29	12,28	6,58
MO	%	5,25	2,94	0,69	0,23
P dispon.	ppm	0,5	0,9	1	3
ANALISIS FISICOS					
ARCILLA	%	21,64	16,72	16,72	16,72
LIMO	%	30	15,28	17,28	11,28
ARENA	%	48,36	68	66	72
TEXTURA		FRANCO	MIGAREN	MIGAJON ARENOSO	MIGAJON ARENOSO
COLOR		10YR6/4	10YR7/6	10YR7/4	10YR7/4
SECO		PARAMCLA	AMARILLO	PARAMUPA	PARAMUPA
		10YR3/4	10YR3/6	10YR4/6	10YR3/6
HUMEDO		PARAMOS	PARAMOS	PARAMOS	PARAMOS
DR	g*cm-3	2,4	2,24	2,1	2,25
DA	g*cm-3	0,8	0,4	1	1,6
POROSIDAD	(%)	67	82,14286	52,38095	28,88889
CC	(%)	58	35		
PMP	(%)	28	27		
HUM	(%)		33,1	33	16
		NEGRO	NEGRO	GRMUOSC	NEGRO
COLOR HUMEDO		7.5YR2/0	10YR2/1	10YR2/1	10YR2/1
		NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO
D.R.	g/ml	2,1	2,2	2,3	2,2
D.A.	g/ml	0,7	0,8	0,8	1

COF 59

Andosol Háplico

Uso: Cultivo de papa



		horizontes cm	
		A _p	12
	raíces gruesas gravas raíces finas	(B)	39
	guijarros	C ₁	80
	cenizas volcánicas	C ₂	120
	rocas	R	∞

ANEXO 2

TÉCNICAS DE LABORATORIO

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE CAMPO Y DENSIDAD APARENTE

-TÉCNICA DEL CILINDRO

Es la técnica de las cajas de aluminio para determinar humedad de campo y densidad aparente consiste en primero tomar una muestra por medio de un cilindro de metal, el cual tiene en uno de sus extremos un adelgazamiento casi cortante, del otro lado del cilindro tiene una tapa que se enrosca para cerrarlo, el lado cortante se coloca en la pared del perfil y por el lado de la tapa enroscada se golpea suavemente con un martillo de hule, hasta que queda al nivel de la pared del perfil la tapa enroscada, luego se saca con la ayuda de un cuchillo ancho de tal forma que no se altere la muestra al interior del cilindro, una vez afuera se coloca en un bote, de aluminio, sobre la parte abierta del cilindro, entonces se voltea y se empuja ligeramente hacia adentro del bote y se empareja con la ayuda del cuchillo, después se tapa herméticamente y se sella con la ayuda de una cinta adhesiva. Así es transportada al laboratorio, se pesa y se destapa, se deja 24 horas en la estufa, hasta que se encuentra a peso constante, entonces se sacan y pesan. También de esta muestra del cilindro se calcula la densidad aparente y la porosidad; posteriormente por diferencia de pesos se obtiene la humedad de campo de la época seca o época húmeda. (Técnica sugerida por Rossignol y Dubrouecq del ENITH y ORSTOM Francia 1988 y 1994 respectivamente).

CURVA DE RETENCIÓN DE AGUA

- TÉCNICA DE LAS CONSTANTES HÍDRICAS (Forsythe, W. 1975)

Equipo y Material:

Ollas de presión	Anillos de plástico
Cajas de petri	Estufa a 105 C

Procedimiento:

Se toman muestras secadas la medio ambiente, previamente molidas y tamizadas en un tamiz de abertura de 2 mm y se colocan encima de una membrana de cerámica que soporta un bar de presión, previamente colocada en una palangana, donde se colocaron ya los anillos de hule.

Se agrega el suelo a los anillos de hule hasta el tope y después se agrega agua

destilada lentamente por las paredes de la palangana a que se vaya saturando tanto el suelo como la membrana dependiendo del suelo, esto puede suceder en el transcurso de cuatro horas (arenosa) o hasta 48 e incluso más como es el caso de algunos Andosoles.

Posteriormente se sacan las membranas con todo de la palangana y se quita el exceso de agua, colocando la manguera del desagüe, se prepara la olla de presión que da soporte a 5 Bares de presión. Colocando los soportes para la membrana y se conecta la manguera de desagüe al exterior.

Se conecta el equipo, se regula a una presión de 1/3 de Bar y se deja un tiempo mínimo de cuatro horas, aunque en nuestro caso se dejaron doce horas, hasta que no salga agua por la manguera de desagüe, se cierra la manguera con una pinza, se procede a depresurizar la olla de presión lentamente y se abre la olla, se desconecta la manguera interna que conecta la membrana con la olla y se saca con cuidado la membrana con las muestras, las cuales se sacan con una espátula y son colocadas en una caja de petri, la cual estará a peso constante y numerada.

Inmediatamente se pesa y se mete a la estufa a 105 C durante 24 horas, se saca de la estufa y se colocan en un desecador hasta que se enfríen y se vuelven a pesar.

Lo mismo se hace para el punto de marchitez permanente y otras presiones de la curva de retención de agua, solo cambia la olla de presión que soporta 15 bares así como las membranas de porcelana.

PERMEABILIDAD (Palmer y Troeh 1977)

Las pruebas de percolación se hacen utilizando tubos, limitados en su parte inferior por una toalla filtrante. Para evitar que se colmate se sobrecarga de un capa de gravas. Después los tubos son rellenos de la muestra de tal forma que los granos de tierra fina caigan siempre con el exceso de agua. Una vez que se reemplacen termina la percolación, y se hacen bajo una carga constante de agua. Lo que se percola en el curso de los 5 minutos es eliminado (el momento cero corresponde a el establecimiento de la carga). Se mide en seguida los volúmenes de agua percolados en el curso de diferentes espacios de tiempo,

$$K=e \cdot V / H \cdot S.$$

e=la altura de la columna de tierra en cm

H=altura de la carga de agua en cm

4K se expresa en cm por hora.

V=Volumen de agua percolada en cm³

S=sección interior del tubo en cm²