

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO  
INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MERIDA - VENEZUELA

**GENESIS y EVOLUCION DE SUELOS SOBRE DIFERENTES  
LITOLOGIAS EN ZONAS BIOCLIMATICAS DE SELVA NUBLADA**

Tesis realizada para completar los requisitos necesarios para optar al  
grado de:  
MAGISTER SCIENTIAE en RIEGO Y DRENAJE

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)  
Por: Mauricio Vera Morales

MARZO 1985  
CIDIAT  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MERIDA - VENEZUELA

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

A ORIXA OKO

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy sinceramente la colaboración prestada por las siguientes Instituciones y personas:

Al Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT).

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes.

A los Profesores Guido Ochoa y Silvino Reyes, asesores de este trabajo, mi reconocimiento muy especial por sus valiosas y acertadas recomendaciones.

Al Geólogo Oscar Odreman por su valiosa asesoría y colaboración, en el campo de su especialidad.

Al Profesor Ernesto Flores por sus acertadas sugerencias en la parte cartográfica.

A la Srta. Josefina Velasquez por su dedicación en la ejecución de los análisis físico-químicos.

A la Profesora Omaira Márquez, Jefa del Laboratorio de Suelos, así como al personal técnico del mismo por su colaboración.

A la Srta. Leyla Abchi y Sra. Beatriz Parra por su dedicación y paciencia en el mecanografiado de la tesis.

A Silvia, Mauricio José y Antonio Carlos por su apoyo y paciencia durante la ejecución de la tesis,

A todos ellos mil gracias.

## INDICE

	PAGINAS
AGRADECIMIENTOS .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
CAPITULO I	
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO II	
REVISION BIBLIOGRAFICA .....	3
Factores de Formación .....	3
Características del Area de Estudio .....	7
Localización .....	7
Geología .....	7
Evolución Cretácea en Venezuela Occidental .....	9
Características paleoambientales de las formaciones de la sub-cuenca del Uribante .....	11
Estratigrafía y litología .....	12
Aspectos climáticos .....	15
Precipitación .....	17
Temperatura .....	20
Balance hídrico general .....	20
Regímenes de humedad y temperatura de los suelos .....	23
Vegetación .....	23
Suelos .....	27
CAPITULO III	
MATERIALES Y METODOS .....	29
Metodología de campo .....	29

Selección de Perfiles de suelo representativos .....	31
Descripción de los perfiles de suelos .....	31
Metodología de Laboratorio .....	44
Análisis físicos .....	44
Análisis químicos .....	44
Mineralogía de las arcillas .....	45

## CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION .....	46
Estructura y dinámica de los paisajes en el área de estudio .....	46
Geomorfología .....	46
Descripción de los sectores .....	51
Características generales de los suelos .....	62
Factores de segregación de suelos en el área de estudio .....	63
Características físicas .....	64
Textura .....	64
Riqueza de arcilla .....	64
Densidad aparente .....	66
Retención de humedad .....	66
Características químicas .....	69
pH .....	69
Bases cambiables y porcentaje de saturación de bases .....	69
Aluminio intercambiable .....	71
Capacidad de intercambio de cationes .....	72
Características Bioquímicas .....	72
Carbono total .....	74
Relación ácidos fúlvicos-ácidos húmicos .....	74
Tipos de Humus .....	75
Mineralogía de la Fracción Arcillosa .....	76
Hierro Libre (Cristalino) y Hierro Amorfo .....	84

	PAGINAS
Análisis Químico Total .....	87
Tendencias generales de los diferentes óxidos .....	87
Relaciones morales de los óxidos .....	89
CONCLUSIONES .....	92
BIBLIOGRAFIA .....	96
APENDICE A .....	102
ANEXO .....	117

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE TABLAS

TABLA		PAGINA
1	Características e interpretación ambiental de las formaciones cretáceas en la sub-cuenca del Uribante .....	16
2	Total anual y distribución mensual de las precipitaciones	19
3	Promedio de días de lluvia (Período 1966-70) .....	19
4	Resultados de los análisis físicos de los suelos estudiados .....	65
5	Resultados de los análisis químicos de los suelos estudiados .....	70
6	Clasificación bioquímica del humus .....	73
7	Difracción de rayos X de la fracción arcillosa (muestras orientadas) .....	77
8	Contenido de hierro libre y amorfo de los suelos analizados .....	85
9	Elementos químicos totales y relaciones molares de los óxidos .....	88

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Situación relativa del área de estudio .....	8
2	Distribución anual de las precipitaciones en la zona estudiada y zonas vecinas .....	18
3	Variación de la temperatura media mensual del aire Estación La Cuchilla .....	21
4	Variación mensual de la evaporación (Tina) .....	21
5	Balance hídrico de la estación La Cuchilla .....	22
6	Diagrama estructural del área el Macho-Capaz y disposición de las formaciones geológicas .....	48
7	Diagrama de la estructura y dinámica de la terraza cuaternaria .....	50
8	Localización y características de los canales de flujo sub-superficial concentrado ("PIPE FLOW").	52
9	Diagrama y corte longitudinal del sector IIIa y su variabilidad edáfica .....	56
10	Diagrama de los sectores IIC-d .....	59
11	Diagrama del sector Ia y perfil de suelo característico .....	61
12-13	Distribución de partículas de los suelos analizados .	67-68



## RESUMEN

Con el objetivo de determinar los principales factores de formación y procesos pedogenéticos de los suelos de la zona de La Carbonera y El Macho-Capaz, Estado Mérida, se seleccionaron 7 perfiles representativos de las diferentes formaciones geológicas y de las principales formas de la tierra cartografiadas a la escala utilizada.

Mediante el análisis integrado del ambiente, se encontró que los procesos morfogenéticos y la edad relativa de las superficies eran los factores más importantes en la delimitación de las diferentes poblaciones de suelos.

Los suelos de la zona están integrados por ultisoles, espodosoles, inceptisoles y entisoles. Los primeros asociados a superficies muy antiguas, mientras que los órdenes restantes están asociados a superficies de variada datación y originados por procesos morfogenéticos particulares: coladas barrosas, flujos torrenciales y deposición restringida de materiales.

Estos se caracterizan por presentar texturas finas, baja capacidad de retención de humedad, pH ácidos a muy ácidos, bajas a muy bajas cantidades de bases cambiables, capacidad de intercambio de muy baja a alta, altos contenidos de materia orgánica en superficies y contenidos de aluminio intercambiable superiores a los 2 meq/100 g.

Presentan una fracción arcillosa muy similar, en la que predominan los minerales de estructura mezclada o estratificados del tipo mica-clorita, se encuentran también la caolinita, cuarzo y feldespatos y por último las micas y cloritas en cantidades trazas.

Las características morfológicas de los suelos permitieron la diferenciación de dos grupos de suelos, evolucionados y de escasa evolución pedogenética. En los suelos de mayor evolución, ultisoles y espodosoles, se presentan como los principales procesos pedogenéticos, la iluviación de arcilla y la podzolización. Mientras que en aquellos de escasa evolución predominan los procesos de pérdidas por lavado y erosión.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Las selvas nubladas representan una zona bioclimática de distribución restringida a aquellas áreas en las que por el efecto de la condensación del vapor de agua se origina una importante descarga de precipitaciones y una casi constante nubosidad durante el año, lo cual favorece el desarrollo de una vegetación exuberante y rica en epítitas, que le confieren una fisonomía características. Su distribución altitudinal es variable, dependiendo de las condiciones de exposición y de los vientos.

Las características hidrológicas de estas zonas, así como sus condiciones de relieve, favorecen una constante alteración de las rocas y el desarrollo pedogenético, y el hecho que entre la vegetación de selva nublada y sus suelos se haya establecido un equilibrio de precaria estabilidad. (Zinck y Huber, 1979).

En la región de Los Andes, los suelos de esta zona bioclimática, han sido objeto de escasos estudios relacionados con su génesis, evolución y caracterización, a pesar de su utilización predominantemente pecuaria estimulada por el programa de ganadería de altura desarrollado por la Corporación de Los Andes, Corpoandes.

El presente proyecto tiene como objetivo principal, el estudio de la pedogénesis sobre litologías de amplia distribución en zona de selvas nubladas.

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

Estudio de la dinámica del paisaje.

Determinar la influencia de los factores formadores sobre la pedogénesis en el área de estudio.

Determinar los procesos pedogenéticos responsables de la morfología de los suelos.

Caracterizar los suelos desde el punto de vista físico, químico, bioquímico y mineralógico de sus arcillas.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO II

### REVISION BIBLIOGRAFICA

#### Factores de Formación

Las ideas de los pedólogos rusos, a finales del siglo pasado, acerca de la génesis de los suelos modificó profundamente la concepción de suelo de las escuelas occidentales. El suelo, dejó de ser considerado como un medio inerte, reflejo de la litología subyacente y pasó a ser "un medio dinámico que se origina y evoluciona por la acción de los factores activos del medio (clima y vegetación) sobre un material (orgánico o mineral)".

En su evolución, a través del tiempo, pasa por diferentes etapas sucesivas hasta que alcanza equilibrios estables con las condiciones morfo-bio-climáticas.

La vegetación, aporta al suelo cantidades variables de materia orgánica cuyas propiedades reflejan el conjunto de factores ambientales, integrados por el clima, la vegetación y el material de partida de los suelos. Esta materia orgánica, a través de procesos de descomposición (mineralización y humificación), es incorporada al suelo y participa así en variados procesos que influyen en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, como también orientando la pedogénesis en una determinada dirección.

El suelo, en su evolución, se profundiza progresivamente hasta adquirir una morfología característica en función de la acción de los procesos pedogenéticos.

El suelo, desde el punto de vista de la teoría de sistemas, se considera como un sistema abierto, en el que se producen intercambios de materia y energía con el medio circundante. La complejidad de este sistema natural ha llevado a los pedólogos a formular diferentes modelos, en la búsqueda de definir la influencia de los facto

res formadores en su génesis. Jenny (1941) en su ecuación fundamental, define los factores formadores del suelo,  $S$  o  $s f (cl, O, R, MP, T, \dots)$ ; donde  $S$  denota el suelo;  $s$ : cualquier propiedad del suelo;  $Cl$ : factor climático;  $O$ : factor biológico;  $R$ : factor topográfico;  $MP$ : material de partida y  $T$ : el factor tiempo.

Los diferentes factores los consideró como variables independientes y los denominó de factores de estado, los cuales definen el estado del sistema suelo.

Según la ecuación, si se conoce la combinación de factores que describen un sistema suelo, sus propiedades pueden predecirse o establecerse de una manera general, sin pretender discriminar cual de los factores ha tenido mayor influencia sobre el desarrollo de determinada propiedad, ya que éstos actúan en una forma interrelacionada.

#### Factor Climático

Volobuev (1964) considera que los agentes más importantes de este factor son: régimen de temperatura, régimen de humedad debido a las precipitaciones y régimen de los vientos.

Runge (1973) y Smeck y Runge (1971) señalan como esencia de su modelo y como uno de los factores que afecta el desarrollo de los suelos, la cantidad de agua disponible para la remoción de materiales.

Malagón (1982) enfatiza la influencia del agua efectiva que atraviesa el suelo y que origina disolución, remoción y traslocación de materiales. Señala igualmente la importancia de las precipitaciones y la temperatura sobre el desarrollo y características de la vegetación y en la erosión, de acuerdo al balance hídrico y a las características de las precipitaciones.

### Factor Biótico

La influencia de este factor sobre la pedogénesis es difícil de evaluar debido a la dependencia de la vegetación y los suelos del clima a la interacción entre suelos y vegetación. En relación a la acción de la vegetación sobre los suelos, se puede señalar que las propiedades de éstos se ven afectados de diferentes maneras según el tipo de vegetación, hábito radicular, aportes de materia orgánica y naturaleza y composición de la misma; además de orientar su formación.

Crocker (1967) señala al pH, Densidad aparente (Da), contenido de Carbono Orgánico (CO) y Nitrógeno total (Nt) como las propiedades del suelo más directa e inmediatamente influenciados por la vegetación.

### Factor Topográfico

La importancia del relieve en la formación del suelo fue reconocida por Dokuchaev, citado por Volobuev (1964), quien además formuló una ley en la que establece la correspondencia entre las formas topográficas y el carácter local de los suelos.

Buol, Hole y McCracken (1973) señalan que dentro de regiones geográficas específicas, las propiedades del suelo más relacionadas con el relieve son: profundidad del solum, espesor y contenido de materia orgánica del horizonte A, humedad del perfil, color del perfil, grado de diferenciación y temperatura.

El relieve es la causa de la desigual distribución de la energía solar y de la humedad debida a las precipitaciones. Además origina cambios en las relaciones clima-suelos debidas a los gradientes altitudinales de temperatura y humedad, inclinación de las superficies expuestas y orientación y forma de las vertientes.

Estos factores expresados en la heterogeneidad topográfica fueron considerados por Neustruev, 1915, citado por Volobuev (1964) y presentados como los responsables de la gran complejidad del mosaico edáfico de las zonas montañosas.

#### Factor Tiempo

Los procesos de intemperismo y el desarrollo de importantes propiedades del suelo son dependientes del tiempo. Según Birkeland (1974), el tiempo necesario para el desarrollo de los procesos antes mencionados es variable y señala que aquellas propiedades del suelo asociadas a la dinámica y evolución de la materia orgánica se desarrollan más rápido que las relacionadas con el intemperismo de las rocas y minerales primarios.

Entre las primeras, según Crocker y Major (1967) y Crocker (1967), se encuentran las siguientes: contenido de materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico y pH entre otras. Por otro lado, el desarrollo de horizontes textuales, del color rojo y la mineralogía de las arcillas son propiedades del suelo que requieren de mayor tiempo en virtud de la menor velocidad de los procesos que los originan.

#### Factor Material Parental

El material parental de los suelos, lo constituyen los productos de alteración "in situ" o los materiales que han sido transportados y depositados por diversos agentes.

La influencia de este factor sobre los suelos se manifiesta con mayor intensidad en áreas con déficit de humedad durante gran parte del año y en aquellos suelos que han estado expuestos a la acción de los otros factores formadores durante períodos de tiempo relativamente cortos para permitir la alteración y diferenciación del



material mineral. En zonas relativamente húmedas y dependiendo de su tiempo de evolución, el suelo presenta características y propiedades más vinculadas a los procesos pedogenéticos.

Las características físicas, químicas y mineralógicas del material de partida no sólo afectan el tipo y velocidad de alteración y la naturaleza y composición de sus productos, sino que también inciden sobre las propiedades físicas, químicas, biológicas y mineralógicas de los suelos, y favorecen el apareamiento de diferentes tipos de suelos aún bajo idénticas condiciones de meteorización y pedogénesis.

### Características del Area de Estudio

#### Localización

El área de estudio está localizada geográficamente en Los Andes venezolanos entre los 8°38' y 8°42' de latitud norte, y entre los paralelos 71°38' y 71°24'.

Políticamente se ubica en los Distritos Andrés Bello y Campo Elías del Estado Mérida. La figura 1 muestra la situación relativa del área de estudio.

#### Geología

Los Andes venezolanos nacen en el Páramo de Tamá y culminan en las depresiones de Carora y Barquisimeto. Con orientación noreste atraviesan los Estados Táchira, Mérida y Trujillo, abarcando un área aproximada de 36.120 Km<sup>2</sup>, en la que se presentan importantes variaciones altitudinales cuyo máximo lo constituye el Pico Bolívar con 5007 m.s.n.m.

En el Estado Táchira, Páramo del Batallón, Los Andes venezolanos y se bifurcan en dos ramales separados por los valles de los ríos



www.bdigital.ula.ve

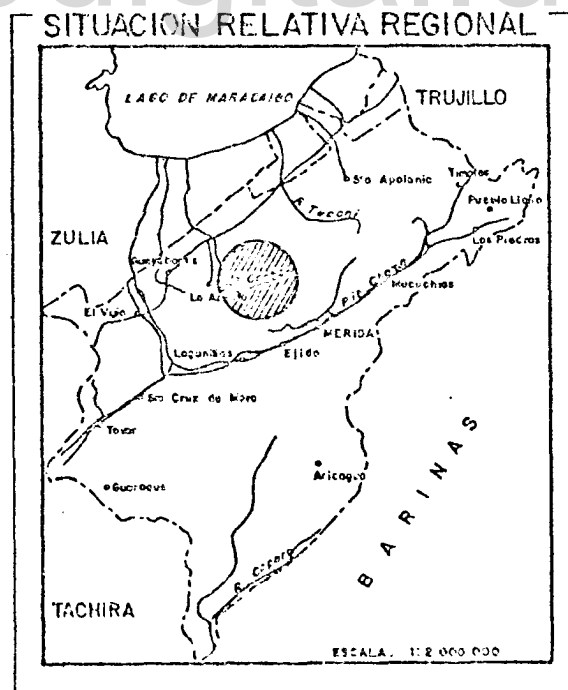


Figura 1.- Situación relativa del área de estudio.

Chama y Mocotíes. El ramal norte está formado por el Páramo de La Negra, el macizo de Tovar y la Sierra del Norte o de la Culata. El ramal sur lo integran el Páramo de Las Tapias, La Sierra Nevada y la Sierra de Santo Domingo.

En relación a su origen, Cárdenas (1965) señala la existencia de unos pre-Andes a fines del Paleozoico y durante los primeros periodos del Mesozoico. Posteriormente desaparecen y vuelven a surgir desde principios del Cenozoico con dos paroxismos orogénicos, uno al inicio y otro a fines de esta era y comienzos del Cuaternario.

Desde el punto de vista geológico, los Andes presentan una composición heterogénea, ya que en ellos afloran formaciones que contrastan tanto en sus cronologías, edades del pre-Cámbrico hasta el Cuaternario, como en litologías, donde están representados los diferentes tipos de rocas.

#### Evolución Cretácea en Venezuela Occidental

Gonzalez de Juana (1980) señala como características del fin del Paleozoico en Venezuela occidental a un importante evento orogénico relacionado con el final de la orogénesis Herciana. Durante este periodo de orogénesis se produjeron intrusiones graníticas, metamorfismo regional e intensa deformación tectónica. De igual manera ocurrieron cambios paleogeográficos debidos a la elevación del borde septentrional del Cratón de Guayana y la retirada de los mares hacia el norte, en toda la extensión del occidente venezolano.

Como consecuencia de la elevación antes mencionada se originó una cadena andina ancestral en la que se destacó la elevación conocida como Arco de Mérida, de dirección NO-SE, que posteriormente constituyó un elemento paleogeográfico muy importante por su influencia sobre el desarrollo de la sedimentación continental de los periodos Triásico Jurásico y el avance de la transgresión marina cretácica.

García, Ghosh, Rondón, Sampol. Benedetto, Fierro, Medina, Odręman, Sánchez y Useche (1980) consideran que la sedimentación cretácea en Colombia y en Venezuela ocurrió dentro de una misma cuenca sedimentaria en la que las aguas se mantuvieron interconectadas durante parte del tiempo. La existencia de un paleorelieve irregular en la superficie ocupada por la transgresión, zonas positivas o emergidas y negativas, debió influenciar el apareamiento de zonas de distintas circulación, diferentes aportes y poco intercambio con las aguas adyacentes.

La presencia de dorsales o de zonas de mayor profundidad, surcos, provocaron el aislamiento parcial de éstas áreas de sedimentación, en las que se han podido reconocer elementos menores denominados sub-cuencas, las cuales son muy bien definidas por su litología y paleoambientes.

En lo que respecta al occidente del país se han podido reconocer tres sub-cuencas: Lara-Trujillo, Uribante y Machiques. El Arco de Mérida, elemento sub-positivo de dirección NO-SE separa la sub-cuenca Lara-Trujillo de la del Uribante, la cual se describirá a continuación por ser el asiento del área estudiada.

La sub-cuenca del Uribante, se abre hacia el SO y se conecta con el Cretáceo de la Cordillera de Colombia, tiene 200 Km en sentido NE-SO y 80 Km en su parte más ancha en sentido NO-SE. El área aproximada de esta sub-cuenca es de 12.400 Km<sup>2</sup> y en ella el Cretáceo se presenta con espesores variables entre los 3.300 y 490 m., región de San Cristóbal y Mérida, respectivamente.

La estratigrafía de esta sub-cuenca está representada por las formaciones Río Negro, Apón, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón, Escandalosa y Navay.

### Características Paleambientales de las Formaciones de la Sub-cuenca del Uribante

De acuerdo a Young et al. (1956) y Useche (1972), en los inicios del Mesozoico, luego de la revolución Apalachiana y de la deformación de las rocas peleozoicas hubo una extensa depositación en cuencas continentales, caracterizadas por sedimentos aluviales de color rojo intenso, bancos macizos de conglomerados intercalados con areniscas de grano fino y lutitas, los cuales constituyen la formación La Quinta.

A comienzo del Cretáceo, los productos de la erosión del Escudo de Guayana y de la zona de rocas peleozoicas, y quizás de los elementos positivos resultantes del levantamiento jurásico, se depositaron en forma de una serie espesa de areniscas feldespáticas y conglomerados de cuarzo de unos 1000 m. de espesor. Estos sedimentos fueron designados formación Río Negro y probablemente representan el primer ciclo de hundimiento progresivo del geosinclinal.

La lentitud inicial de la transgresión facilitó la depositación de los materiales de ésta formación en condiciones cercana a la línea de playa.

Posteriormente y de edad Aptiense-Albiense se depositaron en ambientes de aguas someras las calizas de la formación Apón.

Durante el Albiense y como consecuencia de disturbios orogénicos hubo una disminución en el nivel del mar, el Arco de Mérida y la cuenca de Barinas fueron invadidas por sedimentos detríticos de la formación Aguardiente, Peñas Altas y la parte basal de la formación Fortuna.

A fines del Cretáceo inferior, Cenomaniense, el mar continuó transgrediendo, la cuenca sufrió hundimientos y se depositaron las calizas de la formación Capacho.

En el Turoniense-Coniaciense, como consecuencia de movimientos tectónicos, el ambiente sedimentario se modificó y originó condiciones que favorecieron la depositación de sedimentos pertenecientes a la formación La Luna, constituida por la alternancia de lutitas y calizas negras, con concreciones y capas delgadas de ftanitas.

En épocas posteriores, Capaniense-Maestrichtiense, disminuye la profundidad de los mares, cesa la sedimentación de carbonatos y se produce la depositación de sedimentos consistentes de lutitas negras piríticas, intercaladas con delgadas capas de caliza negra y con fauna nerítica, hacia la parte superior lutitas arenosas con marcada influencia de sedimentos provenientes del Escudo de Guayana. Se origina así la formación Colón-Mito Juan.

#### Estratigrafía y Litología

Las rocas que afloran en el área de estudio corresponden a las siguientes formaciones geológicas:

Pre-Cámbrico: Formación Sierra Nevada.

Mesozoico : Formaciones Apón y Río Negro - Cretáceo inferior,  
Formación Aguardiente.

Formación Capacho - Cretáceo medio

Formación La Luna

Formación Colón - Cretáceo superior

Cenozoico : Terciario indiferenciado - Paleoceno - Eoceno

Cuaternario : Terrazas y aluviones

A continuación se describen las formaciones geológicas más importantes en cuanto a su distribución y extensión:

#### Formación Sierra Nevada

Esta denominación fue introducida por Bass y Shagam (1960), citado por L.E.V., 1970, para designar las rocas más antiguas que se conocen en Los Andes merideños, compuestas de gneises, esquistos y rocas

graníticas, discordantemente infrayacentes a las filitas de la formación Mucuchachí.

Los esquistos, según Kovisars (1972) son las rocas predominantes de esta formación y presentan una composición predominantemente micácea, cuarzo feldespática; el más común es el esquisto muscovítico, cuarzo feldespático de grano medio. La biotita también es común y constituye en varios casos el componente principal de esquistos bimicáceos.

Los gneises, por su frecuencia constituyen el segundo tipo de roca. El principal representante es el cuarzo feldespático, micáceo, moteado con biotita y granate.

La influencia de esta formación sobre el desarrollo de los suelos se limita a los depósitos cuaternarios en forma de conos proglaciares.

Formación Aguardiente (Kag)

García et al. (1980) señalan que esta formación en la sub-cuenca del Uribante es predominantemente arenosa y consiste de paquetes de arenisca (arenita cuarzosa), lutitas limosas, lutita carbonácea, delgadas capas de carbón, una facies alternante de areniscas y lutitas y en ocasiones calizas arenosas fosilíferas.

Ghosh y García (1980) reconocieron dentro de esta formación cinco litofacies en base a la litología, fósiles, mineralogía y organización interna. Ellas son las siguientes:

Bancos de arena gruesa con estratificación cruzada y delgada alternación de grano medio y grueso.

Lutitas, lutitas carbonáceas y carbón.

Caliza arenosa muy fosilífera.

Facies alternantes de arenisca, limolita y lutita.

Capas delgadas a gruesas de arenisca con abundante glauconita.

#### Formación Capacho (Kcp)

De acuerdo al L.E.V. (1970) esta formación esta constituida por lutitas duras de color gris oscuro a negro; calizas duras frecuentemente fosilíferas y limonitas ocasionales. Localmente se reconoce una sub-división de la formación en tres miembros, la cual no es persistente. Sin embargo, Renz (1959) citado por L.E.V. (1970) en toda la región de Táchira y Mérida reconoció tres miembros: La Grita, Seboruco y Guayacán.

Según Useche (1972) la constitución litológica de esta formación en la región de La Azulita viene dada por calizas, lutitas y areniscas. En la parte inferior de esta formación predominan las lutitas negras intercaladas con capas de arenisca de color gris y caliza densa de color negro. Hacia la parte superior predominan las capas de caliza densa de color gris a negro y con 1 a 2 m de espesor, capas de caliza coquinosa intercaladas con ellas lutitas de color negro bien laminadas y concreciones con diámetros que varían entre 0,10 y 0,50 cm. Las capas coquinosas tienen un espesor que sobrepasa los 10 m.

#### Formación La Luna (Kl)

El L.E.V. (1970) señala para ésta la siguiente constitución: calizas y lutitas calcáreas fétidas, delgadamente estratificadas y laminadas, densas, de color gris oscuro a negro; la ftanita es frecuente en forma de vetas y nódulos. Es también característico de esta formación la presencia de grandes concreciones calcáreas elipsoidales o discoidales.

#### Formación Colón (Kc)

Esta unidad se caracteriza por lutitas microfossilíferas uniformes, oscuras y macizas, no calcáreas y de fractura concoidea. En su



base se presenta un conspicuo intervalo galuconítico designado como Miembro Tres Esquinas.

#### Terciario indiferenciado (Tpe)

Odreman (1984, comunicación personal) en base a similitud de materiales indica la correlación de esta unidad con la formación El Valle, de edad Paleoceno-Eoceno. En trabajo inédito, el antes citado señala que la formación El Valle se caracteriza por la presencia de areniscas limosas, wackas de cuarzo glauconíticas, arenitas maduras de cuarzo y horizontes lutíticos fosilíferos con abundantes bivalvos y gastrópodos de origen marino. Se presenta suprayacente a la formación Colón, y representa ambientes deposicionales en zonas de anteplaya y en plataformas a corta distancia de la costa.

Se distinguen tres facies en esta unidad: Facie de limonitas calcáreas finas con lechos de conchas y asociadas con las lutitas de Colón; facie de areniscas glauconíticas con facies bioturbadas y fosilíferas asociadas; y facies lutíticas y limoníticas con estratificación fina.

En la tabla 1 se presenta un resumen de las características de las formaciones cretáceas de la Cuenca del Uribante.

#### Aspectos Climáticos

El clima se analizó en base a datos suministrados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) y la sección de climatología de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes. Las estaciones climatológicas seleccionadas y la información recabada en cada una se indican a continuación:

Estación La Cuchilla: Ubicada dentro de la zona bajo estudio a 2270 msnm. Datos de precipitación, período 1963-82; temperatura, período 1972-82; evaporación, período 1970-82.

**TABLA N° 1**

Características e interpretación ambiental de las formaciones cretáceas en la subcuenca del Uribante.

FORMACION	CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS ESTRUCTURALES Y PALEONTOLÓGICAS.	CONTACTOS SUP. E INF.	INTERPRETACION DEL AMBIENTE DE DEPOSITACION.
COLON	Lutita negra rica en foraminíferos, con algunas capas de limolita en la base; glauconita; al tope concreciones, tubos de gusanos y mucha glauconita.	En el campo ambos parecen transicionales, pero contacto basal es paraconcordante.	Mar abierto, con disminución de la profundidad hacia el tope donde comienza el ciclo de regresión del Terciario.
LA LUNA	Alternancia de lutitas y calizas negras, con concreciones y capas delgadas de ftiñita. Fósiles predominantemente pélagicos (foraminíferos planctónicos). Calizas tipo packstone y wackestone muy bituminosas.	Basal concordante y superior paraconcordante.	Cuenca abierta con sedimentación debajo del nivel de oxigenación. La presencia de radiolarios en facies laterales sugieren profundidad mayor que 300 metros.
CAPACHO	Calizas coquínoides con bivalvos y foraminíferos alternantes con capas delgadas de lutita y caliza con concreciones y a veces ftiñita; capas gruesas de lutita negra con amonites; glauconita ocasional.	Ambos contactos concordantes.	Mar abierto con circulación y salinidad normal con facies muy someras y poco oxigenadas en la base. Sedimentación en la zona sublitoral, hasta 100 metros (?) de profundidad.
AGUARDIENTE	Capas de areniscas bien escogidas, lutitas, carbón y facies alternantes de areniscas y lutitas con capas delgadas de caliza fosilífera (Orbitolina). Areniscas con estratificación cruzada, muy bioturbadas. Glauconita y concreciones de pirita abundantes.	Contacto inf. concordante y sup. concordante y a veces transicional.	Cordón litoral o restinga, playa asociada, lagunas costaneras pantanosas emergente por encima de las barras.
APON	Miembro Lutita de Guáimaro predominante - lutitas limosas y limolitas con raras lentes de caliza; dolomita dispersa en rombos. Facies calcáreas; caliza tipo packstone y predominantemente wackestone, con abundantes fragmentos de algas y conchas de bivalvos; delgadas capas de areniscas gruesa; lutitas modulares; granos de cuarzo dispersos comunes.	Contacto inferior concordante y transicional. Sup. concordante. Miembro Guáimaro concordante; a veces se acuña.	Plataforma abierta a restringida, a veces lagunas costaneras: profundidad máxima alrededor de 50 m. Miembro Guáimaro depositado en aguas más someras y restringidas; la dolomita puede ser de origen supratidal.
RIO NEGRO	Conglomerados oligo y polimicticos, areniscas mal escogidas, polimodales; muchos fragmentos de carbón; capas gruesas de yeso; lutitas oscuras con fósiles marinos.	Discordante sobre diversas formaciones precretáceas.	Ambiente fluvial, supratidal, lagunas costaneras y albuferas.

Tomado de García J. et al (1980)

Estación La Azulita: Localización en la vertiente norte de la Sierra de La Culata, a una altitud de 1400 m. Datos de precipitación, período 1969-82.

Estación Jají: Ubicada a 1821 msnm en la vertiente sur de la Sierra de La Culata. Datos de precipitación, período 1972-82.

### Precipitación

Steinhardt y Fassbender (1981) dentro de un programa de estudio de los ecosistemas forestales de la región occidental de Los Andes venezolanos señalan lo siguiente en relación a las precipitaciones: "El origen y la distribución de las lluvias está estrechamente asociado a la posición geográfica de la región, la circulación planetaria de las masas de aire, la formación de vientos alisios en el mar Caribe que ascienden en los flancos de los Andes formando nubes y niebla que se descargan en las laderas y valles andinos. Así las lluvias anuales aumentan de 456 mm en Maracaibo a 1453 mm en San Eusebio y 1779 mm en Mérida".

La precipitación promedio anual de la zona bajo estudio, en base a 19 años de registro de la estación La Cuchilla, alcanzó la cantidad de 1606,9 mm con una variación interanual que fluctúa entre 1196,3 y 1937,3 mm.

El 88% de la precipitación total anual cae durante el período de abril a noviembre, el 12% restante precipita durante el período seco de diciembre a marzo. En la figura 2 y tabla 2 se presentan: la distribución de la precipitación en la zona estudiada y áreas vecinas y los valores mensuales de éstas.

El total de días de lluvias en base a 4 años de registro, ver tabla 3, fue de 222, valor inferior al reportado por Steinhardt y Fassbender (1981) para el bosque de San Eusebio, en el que registraron 265 días con aguaceros.

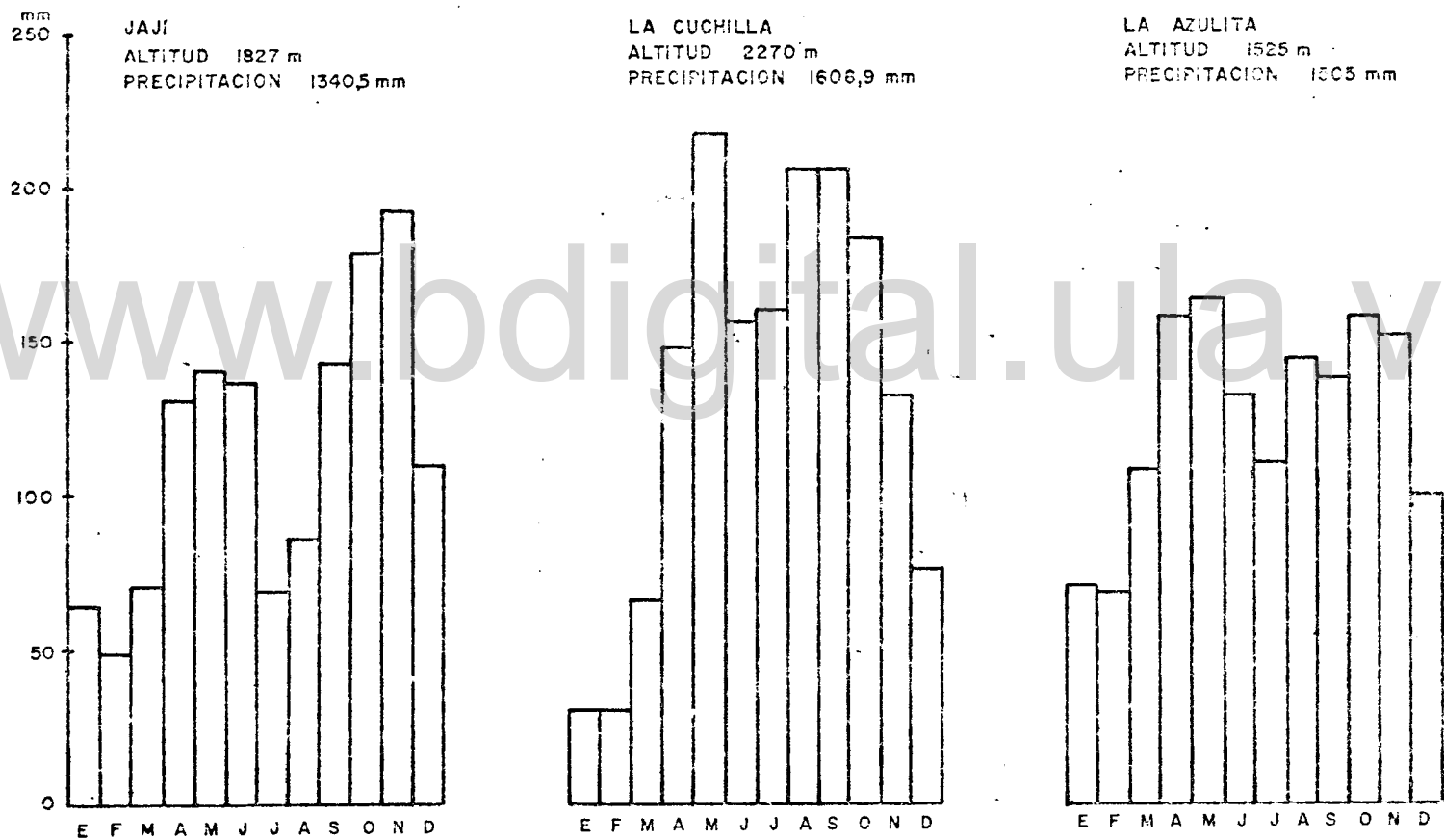


Figura 2.- Distribución anual de las precipitaciones en la zona estudiada y zonas vecinas.

TABLA 2. TOTAL ANUAL Y DISTRIBUCION MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES

MES	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL (mm)
TOTAL MENSUAL	30.02	30.54	56.43	148.9	218.7	156.9	160.4	205.6	205.7	185.2	132.5	76.0	1606.9
	1.9	1.9	3.5	9.3	13.6	9.8	10.0	12.8	12.8	11.5	8.3	4.7	

TABLA 3. PROMEDIO DE DIAS DE LLUVIA (PERIODO 1966-70)

ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROM
12.3	8.7	8.0	17.3	25.3	27.0	23.0	23.7	23.0	23.3	12.7	17.5	222	13.5

En cuanto a la ocurrencia diaria de las precipitaciones, los autores antes citados señalan que las lluvias comienzan por lo general en horas de la tarde con duración promedio diaria entre 2,3 y 7,6 horas, alcanzando valores extremos de 34,7 y 39,8 mm en un día.

#### Temperatura

La temperatura media anual registrada fue de 14,9°C de acuerdo a los datos de la estación La Cuchilla.

La variación de las temperaturas medias mensuales de los meses más calientes y más fríos es inferior a 3°C, lo cual clasifica este clima de acuerdo a su ritmo térmico anual como isotérmico.

Las temperaturas máximas y mínimas medias anuales, fluctúan de 18,6 a 20,3°C y de 9,4 a 10,9°C, respectivamente. Ambas temperaturas poseen una variación mensual inferior a 3°C y una amplitud térmica mensual durante todo el año menor de 10°C. El ritmo anual de las temperaturas y de la evaporación se presentan en las figuras 3 y 4.

#### Balance hídrico general

La figura 5, muestra el balance hídrico general para la zona estudiada. De acuerdo a éste, no existen períodos en los que el suelo se encuentre totalmente seco. Los cálculos indican que las precipitaciones suministran suficiente agua a los suelos para suplir las demandas durante la estación de escasas precipitaciones, en especial durante los meses de enero, febrero y marzo en los cuales la ETP supera las precipitaciones. Esta apreciación coincide con la indicada por Hoheisel (1976) citado por Valcarcel (1982) para la estación forestal de San Eusebio, en la que distingue un período perhúmedo de abril a noviembre y un período húmedo de diciembre a marzo.

Sin embargo, a pesar de que el balance hídrico comentado anteriormente no indica períodos de marcado déficit de humedad, la dinámica real del agua en estos suelos parece ser muy diferente. El agrietamiento y enriquecimiento de arcilla con la profundidad que presentan

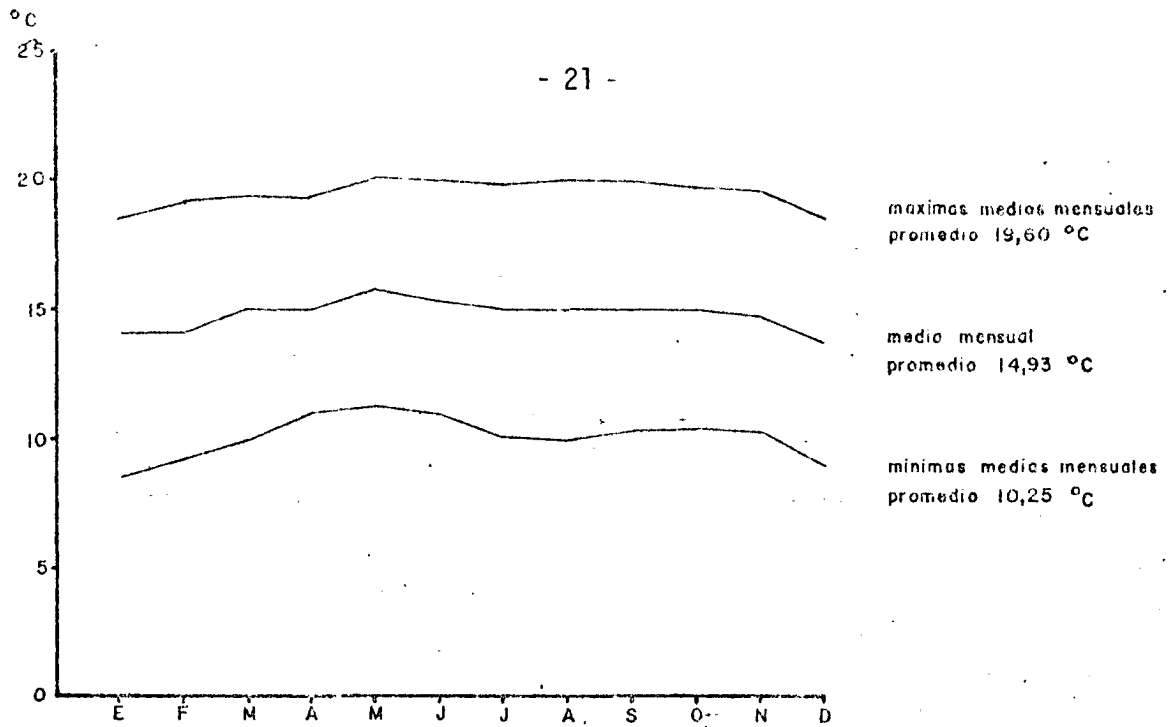


Figura 3.- Variación de la temperatura media mensual del aire, Estación La Cuchilla.

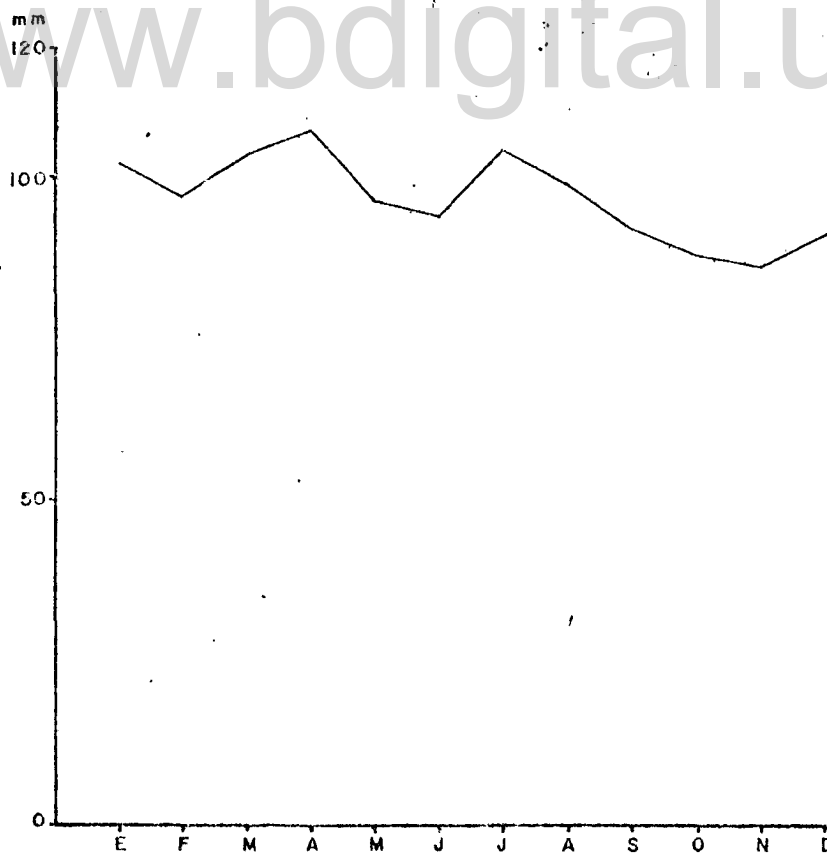


Figura 4.- Variación mensual de la evaporación (tina)

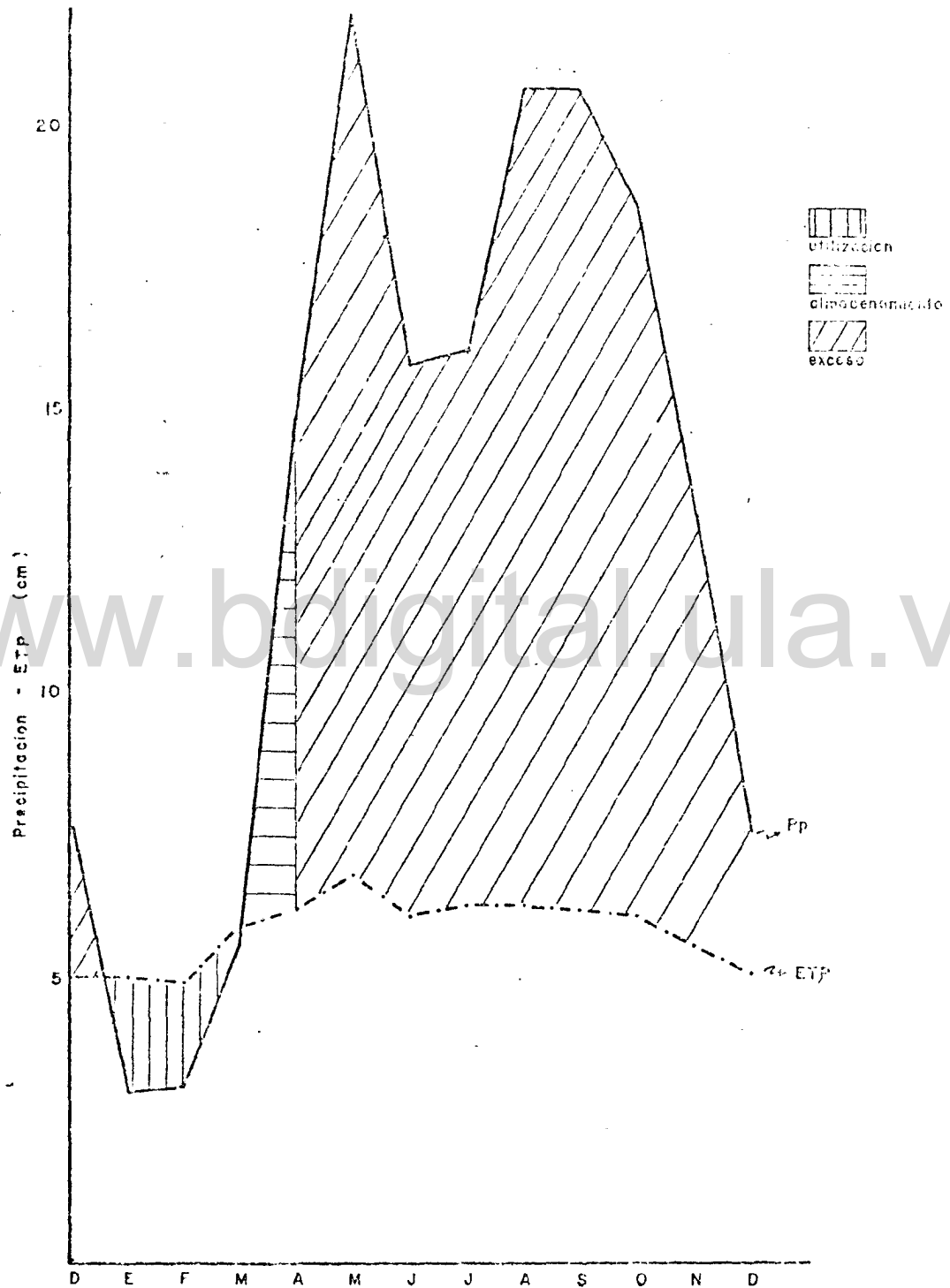


Figura 5.- Balance hídrico de la estación La Cuchilla (Thornwaite)



estos suelos, así como la caducifolia de algunos componentes de la vegetación indican la existencia de períodos con deficiencia de agua no reflejados en los cálculos del balance hídrico en los que no se han considerado la influencia local de factores como exposición al sol, litologías y características físicas de los suelos, las cuales se comentarán posteriormente.

#### Regímenes de humedad y temperatura de los suelos

En base a lo comentado en los párrafos precedentes y a los criterios para establecer el régimen de humedad edáfica (Soil survey staff 1975; Comerma, Sánchez y Soto, 1978; Comerma y Sánchez, 1980; Sánchez y Comerma, 1982), se puede indicar que los suelos de la zona estudiada presentan régimen údico y régimen de temperatura isotérmico.

#### Vegetación

El tipo de vegetación predominante en el área de estudio es la selva nublada, también denominada bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Holdridge, 1978) y típica selva nublada andina (Pittier, 1972).

De acuerdo a lo señalado por Sarmiento et al (1972), este tipo de vegetación en la zona andina venezolana está constituido por selvas siempre verdes: montañas, de carácter mesotérmico y marcadamente hidrófilas que ocupan una extensa área de las cuencas de los ríos Chama y Capazón, en la faja altitudinal comprendida entre los 1700 y 3000 msnm.

En relación a las condiciones climáticas, los autores antes citados señalan que las selvas nubladas se sitúan "en el área limitada por las isotermas anuales de 18 y 10°C, en un clima de ritmo anual marcadamente isotérmico, con oscilaciones diarias poco importantes y normalmente libres de heladas durante todo el año". Las precipitaciones se ubican entre las isoyetas anuales de 1000 y 23000 mm y se distribuyen siguiendo un típico patrón tetraestacional, en el que la vegetación sufre un corto período de sequía durante la estación seca de diciembre a marzo.

Por último, Sarmiento et al (1972) enfatizan la importancia de la alta frecuencia de neblinas y la escasa insolación durante el año como factores climáticos que influyen en el mantenimiento de estas selvas hidrófilas.

Lamprecht y Veillón (1957) en un estudio restringido al área de La Carbonera, 2000 a 3000 m.s.n.m., distinguieron tres tipos de bosques en base a su fisonomía, composición florística y distribución espacial, en los que predominan especies de las familias Podocarpaceas, Lauráceas, Euforbiáceas y Myrtáceas entre otras.

En la faja altitudinal de los 2000 a 2500 m se encuentran los dos primeros tipos de bosque: el mixto y el rico en *Podocarpus rospigliosii* (Pino laso). El primero se caracteriza por la ausencia o escasa participación del pino laso y el segundo por la dominancia de esta especie, cuya distribución se restringe sólo al área de La Carbonera. Este último tipo de bosque se desarrolla casi de manera exclusiva sobre los suelos más fértiles al pie de las colinas, vegas y depresiones que reciben aportes minerales de las áreas vecinas más elevadas. Su ocurrencia no es continua y se presenta en pequeñas manchas que alteran con el bosque tipo mixto.

El tercer tipo de bosque descrito por Lamprecht y Veillón (1957) coincide con el señalado por Sarmiento et al (1972) para alturas superiores a los 2600 m.s.n.m. Este bosque se caracteriza por una disminución en altura y en número de especies, además del predominio de las especies *Podocarpus oeliofolius*, pino aparrado, y *Ocotea calophyllum*, laurel. Desde el punto de vista estructural (Lamprecht y Veillón, 1957) estos bosques presentan tres estratos diferenciados por la altura de los árboles y su composición florística. Los individuos de los diferentes estratos del bosque sirven de soporte a numerosas y variadas epífitas, vasculares y celulares, y epítas. Entre las epítas vasculares destacan especies de las Bromeliáceas, Araliáceas, Aráceas y Cyclan-táceas entre otras.

Aspectos ecofisiológicos de este ecosistema forestal, así como los procesos de producción y descomposición de la hojarasca fueron estudiados por Grim y Fassbender (1981) y Fassbender y Grimm (1981).

En relación con las reservas orgánicas e inorgánicas del ecosistema forestal de San Eusebio, Grimm y Fassbender (1981) señalan para este ecosistema una cantidad total de materia orgánica de 1049 t/Ha, discriminados de la siguiente manera: fitomasa aérea viva: 348, madera muerta: 24, raíces: 57, mantillo: 38 y suelo: 583 t/Ha.

El suelo y la biomasa aérea viva, constituyen los reservorios más importantes de materia orgánica de este ecosistema, sin embargo, a pesar del significativo porcentaje que se adjudica la fitomasa epígea, 34% del total, ésta contribuye con una cantidad relativamente pequeña en la producción de residuos vegetales que son aportados al suelo. En este sentido, los autores citados indican que anualmente se producen 4,6; 2,8 y 12,7 T/Ha de materia orgánica en forma de hojas, epífitas y raíces finas, respectivamente.

Las reservas inorgánicas en la vegetación difieren según las especies consideradas y el tipo de órgano vegetal; las mayores reservas se encuentran en las hojas y las menores en los tallos. Grimm y Fassbender (1981) de acuerdo a los resultados de su estudio indican que en los tallos de la vegetación se encuentran las mayores reservas de nitrógeno y fósforo y a nivel de todo el ecosistema estos elementos se presentan en mayores cantidades en el suelo.

Fassbender y Grimm (1981) indican una producción promedio de residuos orgánicos de 6,97 T/Ha. año. De este valor el 48% corresponde a los aportes debidos a las hojas, las cuales se descomponen totalmente en un período de 20 meses y le transfieren al ecosistema más del 50% del total de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al y Na contenidos en la materia orgánica.

En los residuos vegetales no foliares, detectaron un bajo índice de transformación como consecuencia de una disminución en la intensidad de la descomposición vegetal causada por las características edáficas y del medio ambiente.

Durante el desarrollo de la presente investigación fueron encontrados tipos de vegetación no descritos ni reportados en la literatura consultada. Estos tipos de vegetación de variada extensión y que se presentan a manera de islas dentro de la cubierta vegetal predominante son de gran interés científico y docente por cuanto revelan la influencia de algunos factores ambientales sobre el origen y distribución de comunidades vegetales "anómalas" dentro del ambiente bioclimático en el que se realizó este trabajo.

Las características fisonómicas de estos tipos de vegetación, así como una breve descripción de su composición florística, se indican a continuación:

**Páramo:** Presenta de cuatro a cinco estratos bien definidos, el superior alcanza 2 m de altura, y están constituidos por plantas herbáceas y arbustivas en las que se distinguen cuatro especies de frailejones, la especie Carramboa sp. destaca por su morfología y altura. Se presentan además especies del género puya, *Hypericum*, así como gramíneas y ciperáceas comunes de la vegetación paramera.

Este tipo de vegetación posee gran interés científico, ya que al estar ubicado a 2380 m.s.n.m. se le puede considerar como el páramo de menor altitud del país de acuerdo a los límites altitudinales señalados por Lauers (1979) y por Monasterios y Reyes (1980), específicamente para Venezuela.

**Matorrales o arbustales:** Se presentan ocupando áreas relativamente extensas, su fisonomía es muy similar a la del páramo anteriormente descrito pero con una composición florística que difiere por la

ausencia de frailejones y un incremento en la abundancia de arbustos de diferentes géneros.

La predominancia de características escleromorfas de los componentes principales de este tipo de vegetación reflejan la oligotrofia de los materiales sobre los cuales se han desarrollado y contrastan marcadamente con la vegetación de áreas vecinas desarrolladas sobre materiales parentales diferentes.

### Suelos

Tranarg (1973) realizó un estudio agrológico a gran visión a escala 1:250.000 cuyo mapa de suelos presenta como unidades cartográficas las asociaciones de sub-órdenes de suelos y las características de pendiente y grado de erosión.

Los suelos del área objeto del presente estudio han sido enmarcados en la unidad cartográfica  $\frac{10 (Or-Tr-Ud)}{E-(T-2)}$ , compuesta por la asociación Orthent-Tropepts-Udolls, con pendientes superiores al 12% y con erosión en áreas reducidas.

La fisiografía es de montañas complejas con crestas redondeadas sobre materiales cretáceos. El drenaje varía de algo excesivo a excesivo.

Las texturas de los suelos varían entre Fa-FAa y A y fueron catalogados según su capacidad de uso en las clases III, IV, VI y VII.

Hetsch y Folters (1982) al estudiar las relaciones clima-pedogénesis en la cuenca del río Chama, señalan al clima como uno de los factores de mayor influencia en el desarrollo de los suelos debido a su acción sobre el régimen hídrico de los mismos, el cual afecta sensiblemente los procesos pedogenéticos.

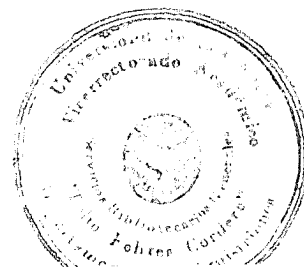
En relación a los suelos de la selva nublada, desarrollados sobre lutitas de la formación Colón, señalan que son profundos, ácidos y de moderado a alto contenido de materia orgánica. El humus es señalado como el responsable de la acidificación del suelo, lo cual ha provocado la destrucción de los silicatos y su transporte en el perfil.

Los regímenes de humedad de los suelos presentan variaciones en función de los cambios de relieve, profundidad y estructuración de los mismos, según lo señalan Valcarcel y Franco (1981) citado por Valcarcel (1982).

Hetsch y Folster (1982) indican que las variaciones en el régimen de humedad de los suelos promueven los bajos valores de pH, saturación de bases y el movimiento del hierro. Esto último en condiciones específicas originan horizontes blanquecinos.

Valcarcel (1982) realizó en la Estación Experimental de San Eusebio, una clasificación de sitios con criterios físicos e hidrológicos del suelo, basado en la teoría de la hidrosecuencia desarrollada por Hetsch y Folster (1982).

En relación con el interés de la presente investigación, el autor señala la influencia de la pendiente sobre el desarrollo estructural de los suelos, y la importancia de ésta en el control del régimen de agua y aire del suelo, lo cual afecta los procesos biológicos, hidrológicos y pedogenéticos. Igualmente indica la importancia de la cobertura vegetal boscosa sobre la estabilidad de los suelos en zonas de alta pendiente y los efectos de su substitución por una cobertura de gramíneas en la degradación del suelo.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### Metodología de Campo

La inexistencia de mapas geomorfológicos de la zona de estudio, así como su complejidad geológica y en formas de la tierra, poco diferenciables en las fotografías aéreas condujeron a la aplicación de una metodología basada en los conceptos de geosistema y geofacias desarrollados por Bertrand (1968). Estos conceptos evocan algún rasgo característico de la unidad correspondiente y por otro lado integran un conjunto de factores y procesos naturales y antrópicos que se consideraron como agentes potenciales de la diferenciación pedogenética. Así, geosistema enfatiza sobre el complejo geográfico y la dinámica de conjunto, y las geofacias sobre el aspecto fisonómico.

Según Bertrand (1968) el geosistema es una combinación local y única de todos los factores: clima, sistema de relieves, roca, manto de detritos e hidrología de las vertientes, y posee una dinámica común manifestada por una misma geomorfología, pedogénesis y degradación antrópica. Esta unidad es considerada como un complejo esencialmente dinámico que puede presentar una gran diversidad fisonómica, - en la que los diferentes paisajes que la constituyen representan los diversos estado evolutivos del geosistema, los cuales tienden, teóricamente, hacia un mismo climax.

Las geofacias constituyen sub-divisiones del geosistema que corresponden a sectores fisonómicamente homogéneos donde se desarrolla una misma fase de evolución general del geosistema. Estas representan un eslabón en la cadena de paisajes que se suceden en el tiempo y en el espacio dentro de un geosistema.

De acuerdo a lo antes expuesto, se procedió a la delimitación de cada formación geológica presente en el área estudiada por considerarse que éstas constituían el factor de mayor importancia en la segregación de unidades de suelo, debido a que todas ellas se enmarcaban en un mismo ambiente climático-vegetacional.

Posteriormente, en base a la fisonomía del terreno se delimitaron sectores dentro del dominio de cada formación geológica a través de la fotolectura. Esta etapa permitió detectar la complejidad intrínseca de cada geosistema y las posibles causas de variación pedogenética en cada uno de ellos.

La metodología utilizada se desarrolló a través de las siguientes etapas:

- 1.- Delimitación de las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio por medio de la fotolectura. Con este objetivo se emplearon las fotografías aéreas de la misión 010380, del año 1973, a escala 1:40.000 y el mapa geológico de la Región de Mérida (M.E.M. 1981) a escala 1:50.000.
- 2.- Chequeo y confirmación de la etapa anterior a través de recorridos de campo, muestreo e identificación.
- 3.- Delimitación de sectores en el dominio de cada formación geológica mediante la fotointerpretación fisonómico-topográfico-vegetacional.
- 4.- Determinación de la composición edáfica de cada sector. En esta etapa se muestreó con barreno cada unidad en sentido longitudinal y transversal a fin de establecer sus límites.
- 5.- Selección de perfiles representativos para su muestreo y descripción de campo.



6.- Cartografía de los sectores delimitados en etapa anterior.

Selección de perfiles de suelo representativos

Basados en los resultados de la sectorización realizada en la etapa anterior, en criterios taxonómicos, geológicos y en los objetivos de este trabajo se seleccionaron siete perfiles de suelo para su caracterización física, química y mineralógica.

Los perfiles escogidos fueron los siguientes:

Perfil N°1.- Vertic Trophumult, desarrollado sobre lutitas de la formación Capacho.

Perfil N°7.- Typic Troorthents, }  
Perfil N°9.- Typic Humitropepts, } ambos desarrollados sobre una colada barrosa en materiales lutíticos de la formación Colón.

Perfil N°10.- Oxic Humitropepts, desarrollado sobre lutitas de la formación Colón.

Perfil N°11.- Vertic Dystropepts, desarrollado sobre una colada barrosa en materiales de la Formación terciario. Indiferenciado.

Perfil N°16.- Typic Trophumults, desarrollado sobre lutitas de la formación La Luna.

Perfil N°22.- Troorthods, desarrollado sobre una terraza cuaternaria - constituida de materiales de la formación Sierra Nevada y Aguardiante.

Descripción de los perfiles.

Perfil N°1

Describió: M. Vera M.

Localización: Carretera hacia el poblado de El Capaz, a 1000 m del puente sobre el río Capaz.

Geomorfología: (Zinck, 1974)

Tipo de relieve: colina alta, dominando a depresión y ve

cina de otras colinas.

Forma del terreno: ladera convexa, masiva, pendiente del 25% y exposición sur.

Sitio del perfil: tramo intermedio de la ladera, pendiente de 25%, exposición sur, modificado por erosión hídrica moderada, pisadas de vaca y solifluxión.

Material Basal: Lutitas de la Formación Capacho.

Drenaje: Bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2.000 m.

Clima: Húmedo templado de montaña, Gmil, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Pastos y árboles.

Epipedón: Umbrico.

Horizonte subsuperficial: Argílico.

Taxonomía: Vertic Trophumults.

Observaciones: El perfil presenta grietas de 2 cm de ancho que alcanzan hasta los 100 cm de profundidad.

0-20 A<sub>p</sub> Pardo muy oscuro (10YR2/2) en húmedo, arcilloso. Bloques sub-angulares moderados y medios. Consistencia friable, adherentes y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 5,14.

20-24 A/B Pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo, manchas pardo amarillentas (10YR5/8) arcilloso. Bloques sub angulares, moderados y medios. Consistencia fiable, adherente y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 4,99.

- 24-45 Bt<sub>1</sub> Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo, arcilloso. Bloques angulares fuertes y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Argilanes delgados, pocos, asociados a superficies verticales de los agregados y poros. Raíces abundantes y finas. Crotovinas de 1 cm de diámetro. Límite claro y plano. pH 4,97.
- 45-56 Bt<sub>2</sub> Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo, arcilloso. Prismas fuertes y medios. Consistencia friable, adhesiva y muy plástica. Argilanes delgados y regulares asociados a superficies verticales de agregados. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 4,96.
- 56-90 Bt<sub>3</sub> Pardo (10YR5/3) en húmedo, arcilloso. Prismas medianos y fuertes. Consistencia firme, adhesiva y muy plástica. Argilanes delgados y pocos en superficies verticales de los agregados. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 4,89.
- 90-120 C Pardo fuerte (7,5YR5/8) en húmedo, manchas pardo grisáceo oscuro (10YR4/2), pocas, pequeñas, contrastadas y abruptas. Estructura de roca, fragmentos de lutitas.

Perfil N°7.

Describió: M. Vera M.

Localización: Finca San Isidro, en sitio ubicado a 1500 m de la vaquera, dirección NE.

Geomorfología: (Zinck, 1974).

Tipo de relieve: Colina baja, dominando a depresión y dominada por colinas altas vecinas.

Forma del terreno: Colada barrota, convexa, masiva, pendiente del 12% y exposición NE.

Sitio del perfil: Tramo intermedio entre cima y base de la colina., pendiente 12%, exposición NE y afectado por el sobrepastoreo.

Material Basal: Lutitas de la formación Colón.

Lutitas y areniscas del Terciario Indiferenciado.

Drenaje: Moderadamente bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2200 m.

Clima: Húmedo templado de montaña, Gm11, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo a muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, H).

Epipedón: Ocrico.

Horizonte sub superficial: C

Taxonomía: Typic troorthents.

#### Descripción del perfil.

0- 6 A<sub>p</sub> Pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo, arcilloso, Bloques sub angulares moderados y finos. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 5,53.

- 6-13 AC Pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo, manchas pardo amarillento oscuro (10YR3/2), pocas, pequeñas y contrastadas. Arcilloso. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 5,43.
- 13-30 C<sub>1</sub> Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo, arcilloso. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro y plano. pH 5,38.
- 30-90 C<sub>2</sub> Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo con manchas grises (10YR5/1) regulares, pequeñas, contrastadas y abruptas. Arcilloso. Estructura de roca, fragmentos de lutitas y areniscas.

Perfil N°9.

Describió: M. Vera M.

Localización: Finca San Isidro, en sitio ubicado a 500 m de la vaquera en dirección NE.

Geomorfología: (Zinck, 1974)

Tipo de relieve: Colina baja, dominada por colinas altas vecinas.

Forma del terreno: Colada barrosa, convexa, masiva, pendiente 10%, exposición NE.

Sitio del perfil: Tramo intermedio entre cima y base de la colina, pendiente 10%, exposición NE, afectado por sobrepastoreo.

Material Basal: Lutitas de la formación Colón.

Areniscas limosas del Terciario Indiferenciado.

Drenaje: Bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2100 m

Clima: Húmedo de montaña, Gmil, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, H).

Epipedón: Umbrico.

Horizonte sub-superficial: C

Taxonomía: Typic humitropepts.

Observaciones: El perfil presenta fragmentos de arenisca en el horizonte superficial en cantidades inferiores al 1%. En superficie posee fragmentos de roca de tamaño inferior a los 70 cm y en cantidades que fluctúan entre 5 y 10%.

#### Descripción del perfil.

0-14	A <sub>p</sub>	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo, franco arcilloso. Estructura granular, moderada y fina. Consistencia friable, adhesiva y ligeramente plástica. Raíces abundantes y finas. Límite gradual y plano. pH 4,77.
14-29	AC	Pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo, franco arcilloso arenoso. Bloques angulares moderados y finos. Consistencia friable, ligeramente adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas. Límite claro e irregular. pH 4,80.
29-43	C <sub>1</sub>	Pardo a pardo muy oscuro (10YR4/3) en húmedo, arcilloso. Bloques angulares débiles y finos, mezclados con fragmentos de lutitas muy alteradas de color gris. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces pocas y finas. Límite claro y plano. pH 4,97.
43-90	C <sub>2</sub>	Pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo, manchas grises (10YR5/1) y rojas (2,5YR4/6), abundantes, pequeñas, contrastadas y abruptas. Estructura de roca. Raíces pocas y finas. pH 4,80.

Perfil N°10.

Describió: M. Vera M.

Localización: Perfil ubicado a 700 m de la entrada de la Finca San Isidro, en dirección al poblado de La Carbonera.

Geomorfología: (Zinck, 1974).

Tipo de relieve: Colina alta, dominada por colinas vecinas.

Forma del terreno: ladera convexa, masiva, pendiente del 25%, exposición NE.

Sitio del perfil: tramo medio de ladera, pendiente 25% exposición NE y modificado por sobrepastoreo.

Material Basal: Lutitas de la formación Colón.

Drenaje: Bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2300 m

Clima: Húmedo templado de montaña, Gm1, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Grama natural.

Epipedón: Ocrico.

Horizonte sub superficial: Cábico.

Taxonomía: Oxic humitropepts.

Observaciones: Este perfil presenta fragmentos gruesos cuya abundancia aumenta con la profundidad.

Descripción del perfil.

0-12 Ap Pardo oscuro (10YR3/3) en húmedo, arcilloso. Bloques sub angulares, moderados y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas.

- Límite claro y ondulado. pH 5,24.
- 12-18 A/B Pardo oscuro (10YR3/3) y pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo, ambos colores se presentan en iguales proporciones. Arcilloso. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Argilanes pocos y finos asociados a canales y poros. Raíces abundantes y finas. Regular actividad de los macroorganismos, lombrices. Crotovinas de 1 cm de diámetro. Límite gradual y ondulado. pH 5,25.
- 18-36 Bw Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo, arcilloso. Prismas moderados y medios. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Argilanes pocos y finos asociados a superficies verticales de agregados y poros. Raíces regulares y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite gradual y plano. pH 4,81.
- 36-55 C<sub>1</sub> Pardo fuerte (7,5YR5/6) en húmedo, arcilloso. Bloques angulares débiles y medianos. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces pocas y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite gradual y plano. pH 5,03.
- 55-80 C<sub>2</sub> Pardo fuerte (7,5YR5/8) en húmedo, arcilloso. Bloques angulares débiles y finos. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces pocas y finas. Baja actividad de macroorganismos. pH 4,09.

Perfil N°11.

Describió: M. Vera M.

Localización: Corte de la carretera hacia La Carbonera, a 200 m de la estación climatológica de La Cuchilla.

Geomorfología: (Zinck, 1974)

Tipo de relieve: Colina baja dominada por otras colinas.



Forma del terreno: colada barrosa, convexa, masiva, pendiente del 30%, exposición E.

Sitio del perfil: Tramo intermedio entre cima y base de la colina, pendiente 30%, exposición E y afectado por sobrepastoreo.

Material Basal: Areniscas limosas y lutitas del Terciario indiferenciado.

Drenaje: Moderadamente bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2200 m.

Clima: Húmedo templado de montaña, Gmil, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, H)

Epipedón: Ocrico.

Horizonte sub superficial: Cámbico.

Taxonomía: Vertic Dystropepts.

Observaciones: El perfil presenta grietas de 2 cm de ancho hasta 46 cm de profundidad y fragmentos gruesos cuya abundancia incrementa hacia el interior del perfil.

#### Descripción del perfil.

0-9	Ap	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/3) en húmedo, franco arcillo arenoso. Estructura granular, moderada y fina. Consistencia friable, adhesiva y plástica. Raíces abundantes y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro y ondulado. pH 4,85.
9-20	A/B	Pardo oscuro (10YR4/3) en húmedo y rojo amarillento (5YR4/8) en húmedo. Franco arcilloso arenosa. Blo-

ques angulares moderados y finos. Consistencia friable, adhesiva y ligeramente plástica. Raíces abundantes y finas. Baja actividad de macroorganismos, crotovinas de 2 cm de diámetro. Límite gradual y ondulado. pH 4,88.

20-46 Bw Rojo amarillento (10YR4/8) en húmedo, manchas pardas (10YR5/3), abundantes, finas, contrastadas y claras. Franco arcillo arenosa. Bloques angulares moderados y finos. Consistencia friable, adhesiva y ligeramente plástica. Argilanes delgados, pocos y asociados a paredes de poros y canales. Raíces abundantes y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite gradual y plano. pH 4,67.

46-70 C Pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo, arcilloso. Estructura de roca, fragmentos de arenisca, limolitas arenosas y lutitas, medianamente alterados.

Perfil N°16.

Describió: M. Vera M.

Localización: Finca San Benito, 800 m de la casa del Sr. Sixto Lobo, en dirección a la carretera de La Carbonera.

Geomorfología: (Zinck, 1974).

Tipo de relieve: Loma baja dominando a colinas bajas.

Forma de terreno: Ladera convexa, masiva, pendiente del 25%, exposición NE.

Sitio del perfil: Tramo intermedio de la ladera, pendiente 25%, exposición NE y afectado por el sobrepastoreo.

Material Basal: Lutitas de la formación La Luna.

Drenaje: Bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2100 m.

Clima: Húmedo templado de montaña, Gmil, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Pastos (*Melinis minutiflora*).

Epipedón: Ocrico.

Horizonte sub superficial: Argílico.

Taxonomía: Typic Trophumults.

#### Descripción del perfil.

- |        |                 |  |
|--------|-----------------|--|
| 0-14   | A <sub>p</sub>  | Pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo, arcillosa. Bloques sub angulares moderados y finos. Consistencia firme, adherente y plástica. Raíces abundantes finas y pocas gruesas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro y ondulado. pH 4,94.   |
| 14-50  | Bt <sub>1</sub> | Pardo amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo, arcillosa. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia firme a muy firme, adhesiva y plástica. Argilanes finos, pocos, asociados a poros y caras verticales de los agregados. Raíces abundantes finas. Baja actividad de macroorganismos, crotovinas de 1 cm de diámetro. Límite difuso y plano. pH 4,81. |
| 50-90  | Bt <sub>2</sub> | Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo, arcillosa. Bloques angulares moderados y finos. Consistencia firme, adhesiva y plástica. Argilanes finos, regulares, asociados a superficies verticales de los agregados. Raíces regulares y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro y plano. pH 4,90.   |
| 90-150 | C               | Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo, arcilloso. Blo-   |

ques angulares moderados y muy finos. Consistencia firme, adherente y plástica. Raíces pocas y finas.

Perfil N°22.

Describió: M. Vera M.

Localización: Terraza El Pedragal, finca del Sr. Antonio Flores, a 300 m. de la casa de habitación.

Geomorfología: (Zinck, 1974).

Tipo de relieve: Terraza alta, desnivelación de 50-70 m denominada por colinas altas.

Forma del terreno: lava torrencial, de perfil ondulado, alargado, desnivelación 1 m. pendiente 15%, exposición NW.

Sitio del perfil: En el centro de la forma, modificada por erosión hídrica, pendiente 15% y exposición NW.

Material Basal: Conglomerado constituido de areniscas de la formación Aguardiente y granitos, esquistos y gneis de la formación Sierra Nevada.

Drenaje: Muy bien drenado.

Nivel freático: No existe.

Altitud: 2100 m.

Clima: Húmedo templado de montaña, Gmil, según Koeppen (Ponte, sin fecha).

Régimen de humedad: Udico.

Régimen de temperatura: Isotérmico.

Zona de vida: Bosque húmedo o muy húmedo montano bajo (Ewel y Madriz, 1968).

Vegetación: Arbustos de varios géneros, entre los cuales destaca el *Hypericum* sp., y diversas especies de gramíneas.

Epipedón: Umbrico.

Horizonte sub superficial: Albico y espódico.

Taxonomía: Troporthods.

Observaciones: Este suelo presenta una alta pedregosidad superficial y en el interior del perfil. La mica es un mineral abundante en la fracción arenosa.

Descripción del perfil.

- |       |      |   |
|-------|------|---|
| 0-20  | Ah   | Negro (10YR2/1) en húmedo, arenoso. Estructura granular mediana y débil. Consistencia friable, ligeramente adhesiva y plástica. Raíces abundantes finas y gruesas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro y plano. pH 4,20.  |
| 20-40 | AE   | Gris muy oscuro (10YR3/1) en húmedo, arenoso. Estructura granular mediana y débil. Consistencia friable, ligeramente adhesiva y ligeramente plástica. Raíces regulares y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro e irregular. pH 4,06.   |
| 40-55 | E    | Gris pardusco claro (10YR6/2) en húmedo, arenoso. Bloques angulares finos y débiles. Consistencia muy friable, no adherente ni plástico. Raíces pocas y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite claro y plano. pH 5,11.  |
| 55-73 | Bh   | Gris oscuro (10YR4/1) en húmedo, manchas rojo amarillento (5YR 5/8) pocas, finas, contrastadas y claras. En la base del horizonte se presentan manchas negras (10YR2/1) muy abundantes revistiendo los fragmentos gruesos. Franco arenoso. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia friable, ligeramente adhesiva y ligeramente plástica. Argilanes medios y finos asociados a canales y poros. Raíces pocas y finas. Baja actividad de macroorganismos. Límite abrupto y plano. pH 4,31. |
| 73-92 | Bs/C | Pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo, manchas rojas (2,5YR4/8) abundantes, medianas, contrastantes y abruptas.   |

tas; rojo oscuro (2,5YR3/6) pocas, medianas, contrastadas y claras. Franco arenosa. Bloques angulares moderados y medios. Consistencia friable, ligeramente adhesiva y ligeramente plástica. Límite claro e irregular. pH 4,84.

92-110 C Pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo. Franco arenosa. Bloques angulares muy débiles y finos. Consistencia muy friable, ligeramente adhesiva y ligeramente plástica. pH 4,84.

### Metodología de Laboratorio

#### Análisis físicos

Textura: Método de Bouyoucos.  
Retención de humedad a 1/3 y 15 atmósferas en ollas de presión.  
Densidad aparente: Método del terrón.

#### Análisis químicos

Carbono orgánico: Método de Walkley y Black (Soil Conservation Service, 1967).  
Nitrógeno total: Método de Kjeldahl (Jackson, 1964).  
pH en agua y  $KCl_1$ , relación 1:1. Método potenciométrico.  
Fósforo aprovechable: Método de Bray I (Black, 1965) y Bray-Kurtz (1945).  
Hierro libre: Método de Mehra y Jackson (1960).  
Hierro amorfo: Extracción con oxalato de amonio, ajustado a pH 3 con ácido oxálico 0,2 N (Alexander, 1974).  
Capacidad de intercambio catiónico: Método del acetato de amonio, 1N, pH 7.  
Aluminio cambiante: Extracción con  $KCl$ , 1N (Yuan, 1959).

Elementos totales en rocas y suelo: Método del fluoruro de hidrógeno (Jackson, 1964).

### Mineralogía de las arcillas

Para la identificación de las arcillas se empleó el difractor de rayos X marca Diano XRD-8000 con anticátodo de cobre y filtro de níquel, 45 Kv y 35 miliamperios.

Las muestras de cada horizontes fueron sometidas a los siguientes tratamientos para su identificación:

- Saturación con Mg, temperatura ambiente,
- Saturación con Mg-Glicerol, temperatura ambiente,
- Saturación con K, temperatura ambiente,
- Saturación con K y calentadas a 550°C durante 2 horas

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Estructura y Dinámica de los Paisajes del Area de Estudio

##### Geomorfología.

La geomorfología del área estudiada es consecuencia de la acción de diferentes factores, entre los cuales destacan: la tectónica, pendientes, el clima, la vegetación, la naturaleza y disposición de las formaciones geológicas.

La tectónica ha sido señalada por Tricart y Calleux (1965) citado por Douglas (1976) como el factor dominante en la configuración del relieve característico de un área, cuya topografía detallada es producto del trabajo de procesos externos a través del tiempo.

La importante actividad tectónica que afectó a toda la región andina durante la Era Terciaria, le confirió un relieve característico integrado por diversas estructuras geológicas como horts, grabens, sinclinales, anticlinales, sistemas de fallas, etc. La zona de estudio desde el punto de vista estructural corresponde a un sinclinal, elevado por el efecto de la tectónica. Esta estructura de perfil cóncavo tiene su eje principal en dirección NE-SO y presenta importantes variaciones en relación a las pendientes generales de los estratos sedimentarios que la conforman.

La inclinación de los estratos sedimentarios, consecuencia - del tectónismo, así como la abundancia de lutitas en los materiales - geológicos y las condiciones climáticas predominantemente húmedas durante gran parte del año, favorecieron la acción de procesos morfoge- néticos que originaron sistemas de lomas y colinas como las formas de la tierra más notorias y generalizadas en toda el área estudiada.

En el área ubicada a la margen derecha de los ríos Negro y Ca paz, la cual representa la mayor proporción del área estudiada, la in



clínación de los estratos sedimentarios de las formaciones Capacho (Kcp) y Aguardiente (Kag) es mayor al SE, sector de San Antonio, mientras que en el área ubicada al NO, sector Cerro El Trigal-Serranía - del Capaz, la inclinación de sus estratos es menor. La modificación de las pendientes originales de los estratos debido a la actividad tectónica, conjuntamente con las apropiadas condiciones de humedad para conferirle cierta plasticidad a los materiales eminentemente lutíticos de las formaciones Capacho, La Luna y Colón, permitieron que estos materiales deslizaran sobre aquellos más resistentes de la formación Aguardiente. Este movimiento de materiales en estado plástico dio origen a sistemas de lomas y colinas.

Se evidenció también en este sector un importante transporte torrencial de bloques heterométricos de areniscas, los cuales se depositaron sobre gran parte del área comprendida entre el sector de El Macho y San Antonio. La figura 6 ilustra lo anteriormente expuesto.

En el área comprendida entre la entrada de La Carbonera y el sector denominado El Suárez, ubicada a la margen izquierda de los ríos Negro y Capaz, la morfología actual es producto de la influencia de las características particulares de las formaciones geológicas allí presentes, además de la tectónica y de las pendientes. En esta área afloran materiales terciarios (T<sub>pe</sub>) suprayacentes a las lutitas de la formación Colón (Kc). Esta disposición de los materiales, así como las litofacies de la secuencia terciaria son los responsables de los deslizamientos rotacionales y de las extensas coladas barrosas que caracterizan a estos sectores. Douglas (1976) señala en este sentido, que la resistencia de una secuencia de cualquier tipo de rocas es tan grande como aquella de su componente más débil y la naturaleza de sus elementos constituyentes determina la velocidad de descomposición de la roca y el patrón de evolución de las formas de la tierra. En relación a las propiedades de las rocas, Yatsu (1966) citado por Douglas (1976) señala su influencia sobre el origen de las formas de la tierra. Este autor, haciendo énfasis en las propiedades mecánicas de las rocas y sus productos de meteorización demuestra que la evolución de las formas de la tierra depende en gran parte de la estabili-

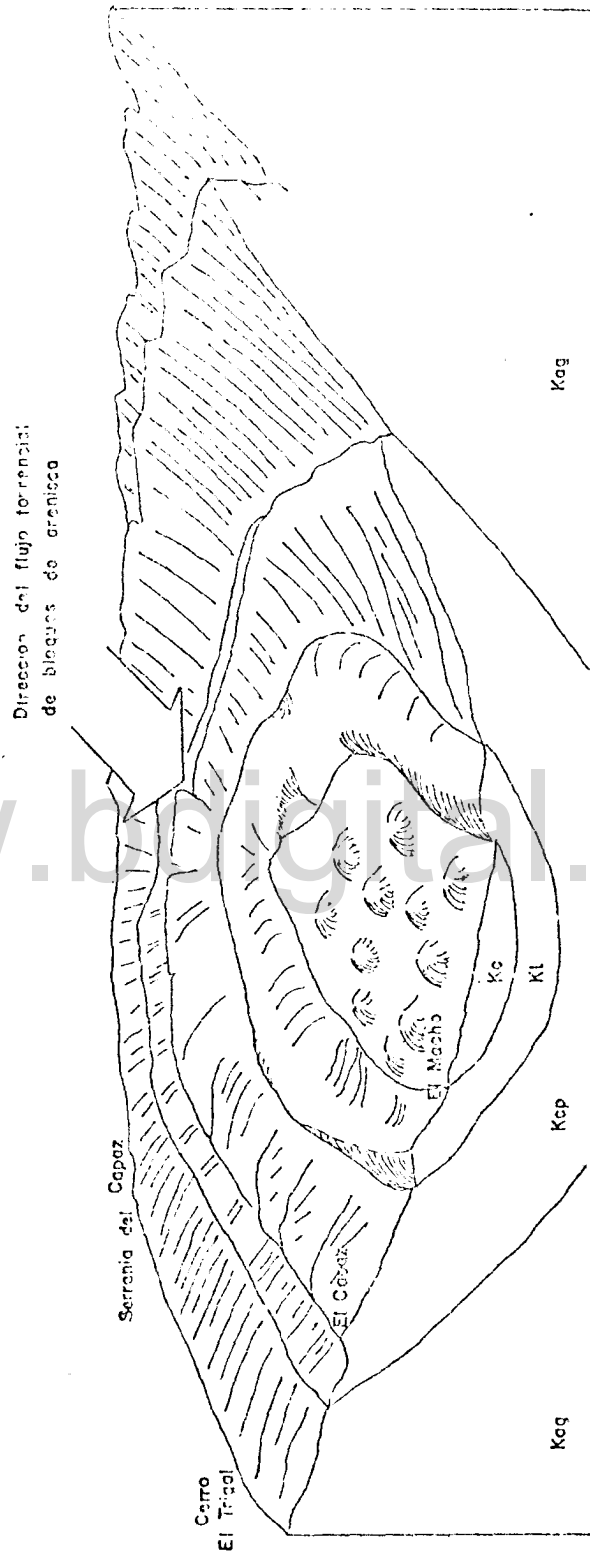


Figura 5.- Diagrama estructural del área El Macho-Capaz y disposición de las formaciones geológicas (original).

dad físico-química de los minerales y de las propiedades mecánicas de los afloramientos rocosos.

Otros procesos morfogenéticos con marcadas influencias sobre los suelos, vegetación y usos de la tierra son los flujos torrenciales y la deposición de materiales de origen fluvio-glacial que se evidencian en la terraza cuaternaria ubicada entre los ríos Negro y Macho. Esta terraza, cuyo origen se relaciona con la deposición restringida de sedimentos asociados al deshielo de los glaciares, está constituida por una mezcla, no estratificada, de materiales finos y bloques heterométricos de granitos, esquistos, gneises y areniscas de las formaciones Sierra Nevada y Aguardiente, respectivamente. La mayor parte de la superficie de esta terraza está cubierta de grandes bloques de arenisca aportados a través de flujos torrenciales. (Ver figura 7).

En los párrafos anteriores se ha descrito la influencia de varios factores sobre la evolución de las formas de la tierra que caracterizan la zona de estudio, a continuación se comentan procesos menores de denudación mecánica.

Los deslizamientos actuales en la zona estudiada son de poca extensión, por lo general localizados en puntos de pendientes abruptas en contactos entre materiales con propiedades hidráulicas contrastantes y en aquellos lugares donde las actividades antrópicas han producido desequilibrios por cortes de taludes, vías de penetración y por la deforestación.

La solifluxión es uno de los procesos más generalizados en el área, se evidencia por la presencia de pequeños escarpes en la superficie de los suelos. El micro-relieve característico de este proceso adopta la forma de terracetas en aquellos sectores donde existe un cambio abrupto de pendientes.

El escurrimiento superficial se detectó con poca frecuencia

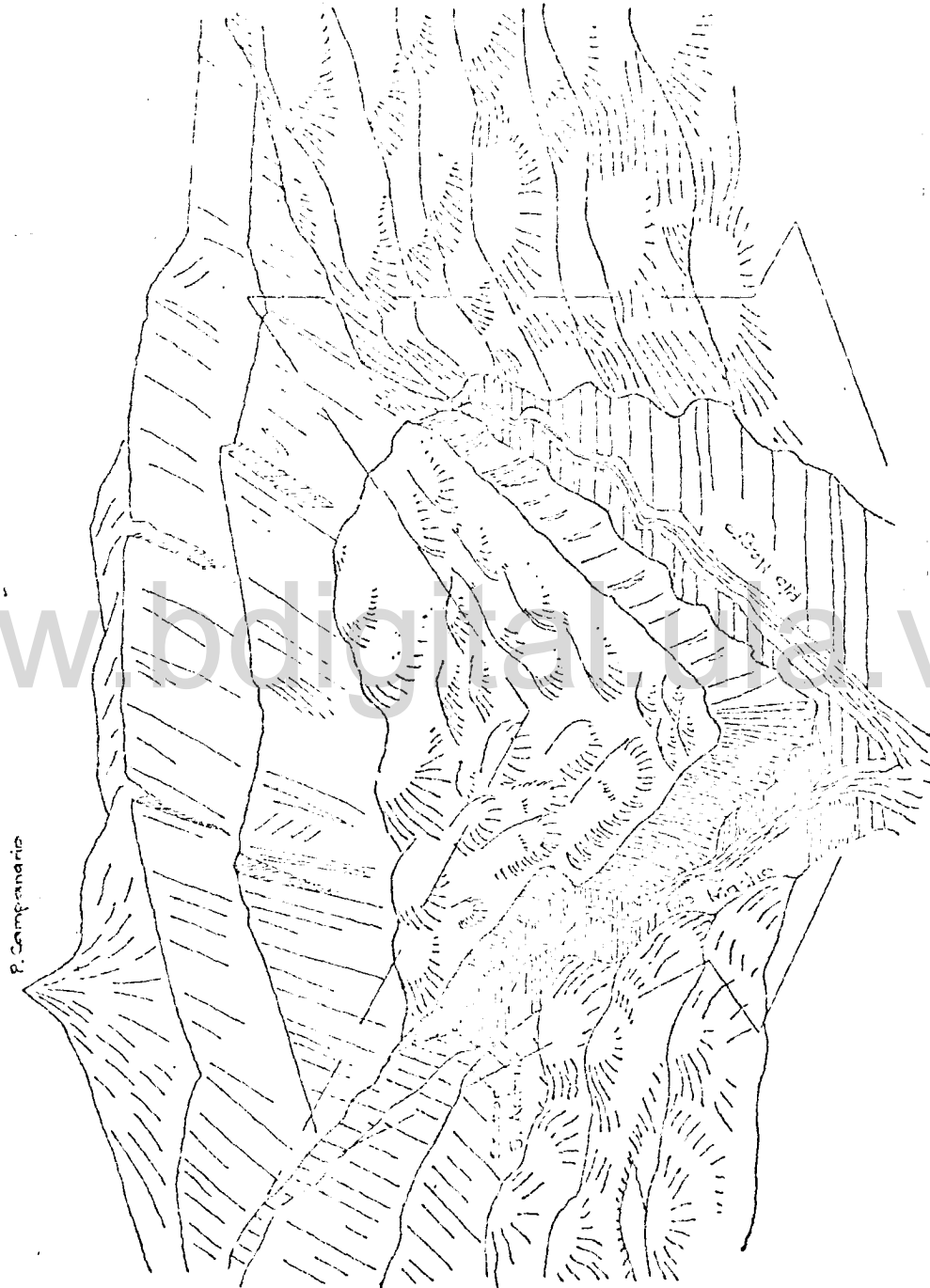


Figura 7.- Diagrama de la estructura y dinámica de la terraza cuaternaria. - Las líneas en trazos indican la dirección del flujo de los materiales arenosos que tapizan la terraza y áreas vecinas (original).

y parece estar subordinado a la solifluxión, ya que el micro-relieve que caracteriza a este último proceso no desaparece por el efecto del escurrimiento superficial, tal como lo describió Rougerie (1960) citado por Tricart (1972) para la Costa de Marfil. Sin embargo, en los suelos desarrollados sobre materiales gruesos y de escasa pendiente el escurrimiento superficial difuso es uno de los procesos de denudación más importantes.

Por último cabe destacar la existencia de flujos sub-superficiales, oblicuo y concentrado, los cuales pueden tener importantes implicaciones en la geoquímica del área estudiada por los elementos químicos que pueden ser transportados a través de estos procesos. El flujo oblicuo se evidenció por la distribución espacial de ciertas especies vegetales higrófilas y por las filtraciones de agua en los taludes a profundidades superiores a los 40 cm. El flujo concentrado, "pipe flow" de la literatura anglosajona, se encontró en algunos sectores del área de estudio. Este tipo de flujo consiste en una red de macro-poros que facilitan el movimiento subterráneo del agua, así como la erosión y transporte de materiales en suspensión (Garrard, 1981).

La figura 8 ilustra la localización y características de estos canales en suelos desarrollados sobre lutitas de la formación Colón.

#### Descripción de los sectores.

En la descripción y cartografía de estas unidades se utilizaron números romanos para representar los geosistemas y letras sub-índices para los diferentes sectores en cada uno de ellos.

El mapa N°1 del anexo y las figuras A1 a A6 del apéndice, muestran la distribución espacial de los sectores y los perfiles representativos de cada uno de ellos.

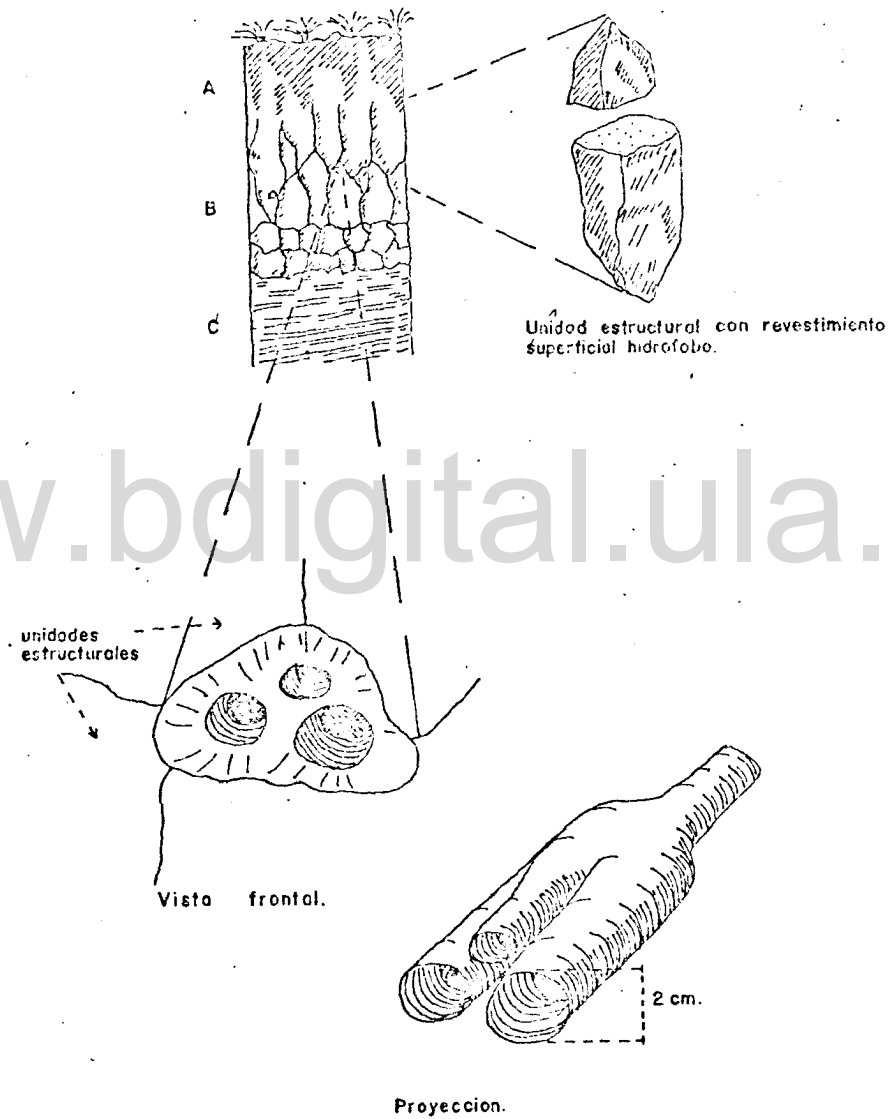


Figura 8.- Localización y características de los canales de flujo sub-superficial concentrado ("pipe-flow") (original)

### Sector VI<sub>a</sub>

Paisajes de lomas amplias, de pendientes menores del 10% y con cobertura vegetal de bosques de pequeño porte y arbustales. La fisonomía de la vegetación parece reflejar la influencia de las litofacies de esta formación geológica.

La erosión hídrica, escurrimiento superficial generalizado, es el proceso de denudación más importante.

Este sector, probablemente debido a su oligotrofia sólo es utilizado para pastoreo extensivo y está sujeto a quemas periódicas con la finalidad de ofrecer al ganado material vegetal tierno y con cierto valor nutritivo.

Sus suelos son profundos, de perfil tipo ABC (Duchaufour, 1978) con horizonte A espeso y rico en materia orgánica. Presenta argilanes medios generalizados y pequeñas concreciones de hierro. Son suelos de reacción ácida y pobremente drenados. Perfil representativo N° 24.

### Sector V<sub>a</sub> y<sub>b</sub>

Paisaje de lomas y colinas con pendientes superiores al 25%. La cobertura vegetal es de bosques mixtos y pastizales, los primeros cubren la mayor parte de este sector y están relegados a las áreas de mayor pendiente.

La erosión es moderada a severa como consecuencia del sobrepastoreo y del escurrimiento superficial concentrado y generalizado.

Los perfiles 14, 15, 19 y 21 representan los suelos de estos sectores, poseen perfil del tipo A(B)C, con horizontes A delgados a moderadamente espesos, profundos, con argilanes localizados en canales y poros. Son de reacción ácida y bien drenados.

### Sector V<sub>c</sub>

Este amplio sector abarca toda la zona del Capaz, está constituido por paisajes de lomas y colinas. El rango de pendientes es bastante amplio debido al efecto desigual de la tectónica sobre los estratos de esta formación geológica.

La cobertura vegetal es de bosques y de pastizales, en éstos se practica el pastoreo de tipo extensivo y en menor escala el cultivo de la papa, maíz y caraota.

Las condiciones de pendiente señaladas anteriormente han producido erosión hídrica en varios grados de intensidad, evidenciada por el escurrimiento superficial generalizado y concentrado, deslizamientos y pisadas de vaca generalizadas.

El perfil N° 1 representa la población edáfica de este sector. Sus suelos son desarrollados in situ, de perfil tipo ABC, profundos, con horizontes A espesos. Poseen argilanes finos y medios generalizados. Son suelos ácidos y bien drenados.

### Sector IV<sub>a</sub>

Paisajes de lomas y colinas, con pendientes que fluctúan entre 15 y 55%. La mayor parte de este sector ha sido intervenida por lo que los pastizales constituyen la cobertura vegetal predominante. Su uso es principalmente para pastoreo de tipo extensivo y en ciertas áreas como en el Macho, existe intensa actividad agrícola.

El escurrimiento superficial de moderada intensidad y el sobre pastoreo son los procesos erosivos de mayor importancia.

Sus suelos, representados por el perfil N° 16, son profundos, desarrollados in situ, con perfil tipo ABC, de horizonte A delgado, poseen argilanes finos generalizados y son ácidos y bien drenados.



### Sector III<sub>a</sub>

Paisaje de colinas suaves y abolladuras transversales, de perfil longitudinal ondulado y de pendientes inferiores al 15%. Presentan depresiones anegadas temporal o permanentemente como consecuencia de la génesis de este sector, y también de su posición relativa y condiciones de vecindad. Esta unidad representa una extensa colada barrosa en la que se mezclan materiales de la formación Colón y del Terciario indiferenciado, y en menor proporción aquellos de la formación La Luna. En superficie existen numerosos bloques heterométricos de areniscas, los cuales se presentan en mayor proporción en los extremos de este sector.

La cobertura vegetal predominante es el pastizal, el cual se utiliza para pastoreo de tipo extensivo.

Los suelos presentan importantes variaciones morfológicas como consecuencia de la génesis de este sector, ver figura 9. Los perfiles son del tipo Ac o A(B)C, poco profundos, con horizontes A delgados. Son suelos ácidos y bien drenados. Los perfiles 7, 8 y 9 representan la variabilidad edáfica de esta unidad.

### Sector III<sub>b</sub>

Paisaje constituido de lomas y colinas con marcadas diferencias de altura entre cimas y depresiones. Las pendientes presentan valores que fluctúan entre 25 y 35%.

El sobrepastoreo generalizado y los movimientos de masa, desprendimientos en zonas de gran pendiente, son los procesos erosivos más importantes.

Sus suelos, representados por el perfil N° 10, se han desarrollado in situ, de perfil tipo A(B)C, de horizonte A delgado. Poseen

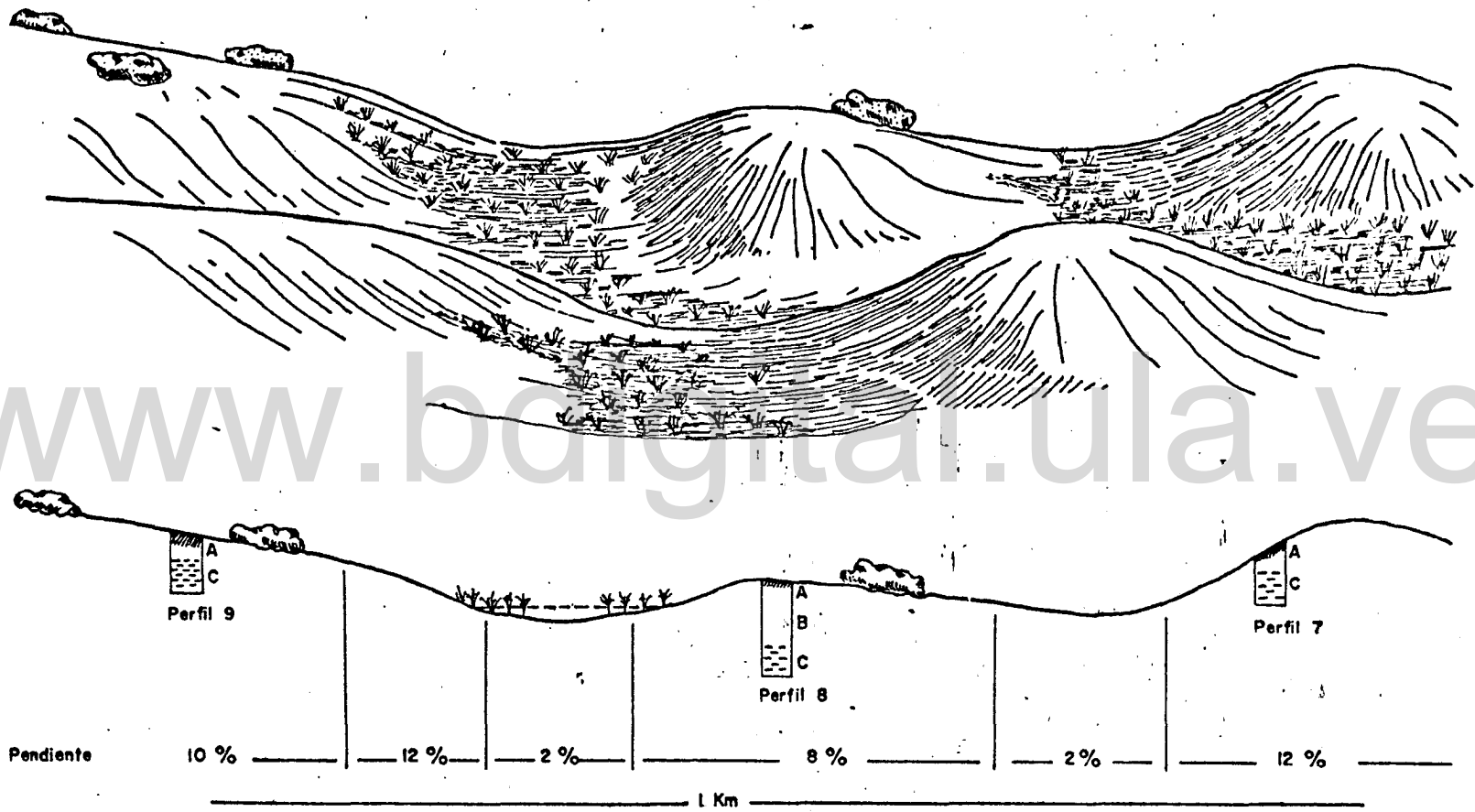


Figura 9.- Diagrama y corte longitudinal del sector III<sup>a</sup> y su variación edáfica (original).

fragmentos de roca, cuya proporción aumenta con la profundidad, y grietas que se extienden hasta los 60 cm. Son suelos ácidos y bien drenados.

### Sector III<sub>c</sub>

Paisaje de colinas con pendientes comprendidas entre 10 y 35% y con marcadas diferencias de altura entre las cimas y las depresiones. La mayor extensión de este sector está cubierto por pastizales, utilizados para pastoreo extensivo.

Los suelos son poco profundos, de perfil tipo ABC con horizonte A espeso, son ácidos bien drenados y presentan argilanes finos generalizados. Perfil N° 17.

### Sector III<sub>d</sub>

Paisaje de lomas y colinas con grandes diferencias de altura entre cimas y depresiones y con pendientes comprendidas entre 25 y 35%. La morfología superficial de este sector es producto de extensos movimientos de masa y del flujo torrencial de materiales arenosos, por lo que presentan grandes bloques heterométricos de arenisca en toda su superficie.

Los pastizales cubren la mayor parte de este sector, en el que se practica la ganadería de tipo extensiva y en menor escala el cultivo de la papa y el maíz.

Los suelos son similares en morfología a los del sector III<sub>a</sub>.

### Sector II<sub>a</sub>

Paisaje de colinas con grandes diferencias de altura entre cimas y depresiones vecinas. Las pendientes por lo general son superiores

al 35%. Los principales procesos erosivos son: escurrimiento superficial generalizado y concentrado, sobrepastoreo y pequeños desprendimientos.

Los suelos característicos de este sector, están representados por los perfiles 4 y 5, son profundos a moderadamente profundos, con perfil tipo ABC, de horizontes A delgados, de reacción ácida, bien drenados y con argilanes generalizados.

#### Sector II<sub>b</sub>

Paisaje de lomas y colinas, con medianas desnivelaciones, separadas por depresiones que pueden presentar anegamiento estacional, las pendientes, por lo general, son inferiores al 30%. La cobertura vegetal dominante es de pastizal, utilizados para pastoreo extensivo.

La erosión causada por el sobrepastoreo es moderada, también se presentan localmente las terracetas y los desprendimientos.

Sus suelos, perfiles 6, 12 y 13, son muy similares a los descritos para la unidad precedente, salvo que poseen un horizonte A más espeso y grietas que alcanzan los 150 cm de profundidad.

#### Sector II<sub>c</sub>

Paisaje escarpado, caracterizado por fuertes desnivelaciones y pendientes que fluctúan entre 35 y 60%. Presentan cobertura vegetal de pastizales y bosques o arbustales mixtos de pequeño porte.

Este sector caracteriza una antigua cicatriz de despegue, en cuya superficie existen bloques heterométricos de arenisca que cubren en promedio 23 a 30% de su área.

Sus suelos, perfil N° 3, son profundos, de perfil tipo A(B)C, de horizonte A espeso, pedregosos y de buenas condiciones de drenaje. (Ver figura 10).

Cobertura vegetal.

Pastizales

Bosques o Matorrales.

Pendiente

15 - 25 %

30 - 35 %

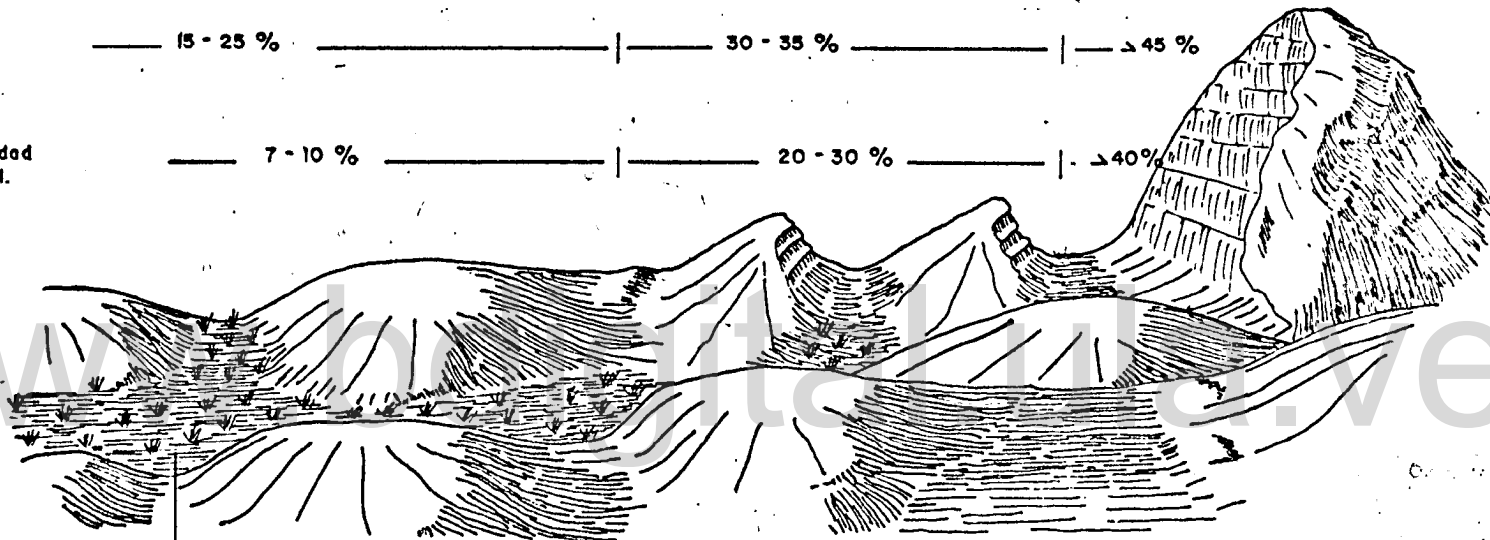
> 45 %

Pedregosidad superficial.

7 - 10 %

20 - 30 %

> 40 %



Depresiones con hidromorfia estacional o permanente  
Vegetacion higrofila.

Figura 10.- Diagrama de los sectores II<sup>C-d</sup> (original).

## Sector II<sub>d</sub>

Paisaje de colinas disectadas, con medianas diferencias de altura entre cimas y depresiones, con pendientes que varían entre 15 y 50%. Las depresiones presentan anegamiento permanente y en ellas predominan las especies vegetales higrófilas, en las áreas restantes dominan los pastizales en los que se practica la ganadería de tipo mixto.

Este uso ha favorecido una erosión moderada por el sobrepastoreo y el escurrimiento superficial concentrado.

Estos sectores representan coladas barrosas en las que se han desarrollado suelos de profundidad variable, de perfil tipo A(B)C, con horizontes A espesos, ácidos, bien drenados, con grietas profundas y con fragmentos de roca, cuya proporción aumenta con la profundidad. Perfiles representativos N° 11 y 18.

## Sector I<sub>a</sub>

Paisaje de suaves ondulaciones, de pendientes inferiores al 10%, lo que origina zonas con anegamiento estacional. La cobertura vegetal dominante es arbustiva, denominada localmente de "charrasco", cuya fisonomía refleja la oligotrofia de este medio.

En este sector prevalece la erosión hídrica de tipo laminar y en surcos. Sus suelos, perfil N° 22, se han desarrollado sobre una terraza cuaternaria en la que predominan materiales arenosos de la formación Aguardiente en sus primeros 50 cm, por debajo de esta profundidad se presentan materiales de la formación Sierra Nevada. Poseen perfiles del tipo ABC, profundos y bien drenados en los que se distinguen claramente horizontes álbico y espódico. Estos suelos presentan un porcentaje de fragmentos gruesos superior al 50% en su superficie y entre 30 y 40% en el interior del perfil. (Figura 11).

Pendiente \_\_\_\_\_  $\angle$  20 % \_\_\_\_\_

Pedregosidad superficial. \_\_\_\_\_  $\triangleright$  50 % \_\_\_\_\_

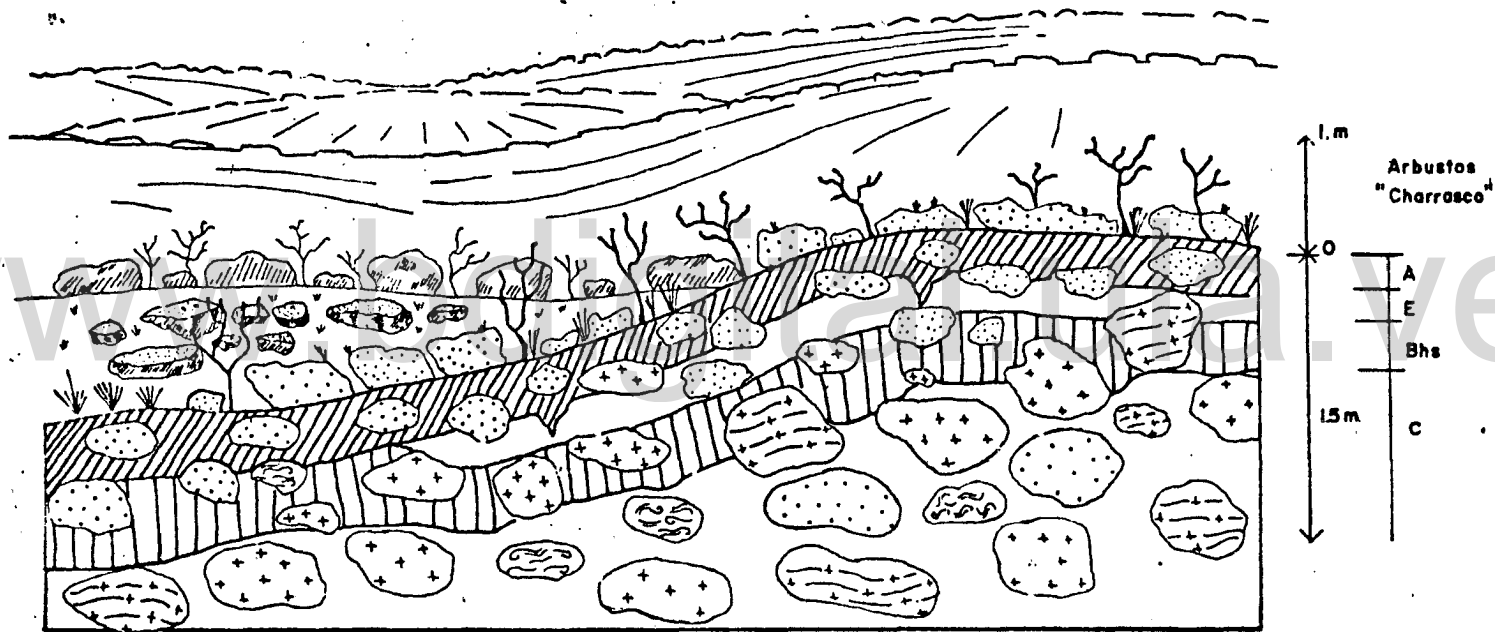


Figura 11.- Diagrama del sector I<sup>a</sup> y perfil de suelo característico (original)

Leyenda:



Areniscas



Granitos



Gneis



Esquistos

### Características generales de los suelos

A pesar de la diversidad de ambientes causados por los distintos procesos morfogenéticos, microclima, pendiente y tipos de vegetación, los suelos del área de estudio son muy similares en su morfología y características físicas.

Las condiciones climáticas han propiciado una alteración profunda de los materiales basales, originando de esta manera suelos profundos a moderadamente profundos, altamente estratificados y con perfiles del tipo ABC, A(B)C o AC (Duchaufour, 1978).

Bajo bosque, existe en la superficie de los suelos una capa de hojarasca de 10 a 15 cm de espesor, constituida por residuos orgánicos en diferentes estados de descomposición y en los que proliferan abundantes raíces y hongos. Este último fenómeno parece sugerir la existencia de mecanismos de conservación de fitonutrientes similares a los indicados por Herrera, Jordan, Klinge y Medina (1978) para el ecosistema amazónico.

En la superficie de los suelos cubiertos por pastizales, naturales o introducidos, no existe tal capa de hojarasca o se reduce a una fina película de 1 a 2 cm de espesor. Esta cobertura vegetal, ha favorecido el desarrollo de estructura de tipo granular debido a los importantes aportes de materia orgánica a través de la descomposición de las raíces.

El horizonte A posee espesores que varían entre 10 y 20 cm, los colores más frecuentes son: pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2), gris muy oscuro (10YR3/1) y pardo muy oscuro (10YR2/2) en húmedo. La textura dominante es arcillosa y la estructura, granular o blocosa sub-angular con tendencia a quebrarse en pequeños gránulos.

El horizonte B tiene espesores de 12 a 80 cm. El color más común es el pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo. Textura arcillosa y



estructura blocosa angular o prismática. Son comunes los revestimientos arcillosos en las caras verticales de los agregados y en los poros y canales. La abundancia de películas de arcilla permitió diferenciar horizontes argílicos y cámbicos.

Son suelos permeables y de buen drenaje como consecuencia de su estructuración y del profundo agrietamiento que presentan.

### Factores de segregación de suelos en el área de estudio

La delimitación de geofacies realizada en base a los conceptos de geofacies y geosistemas, permiten señalar lo siguiente:

Las formaciones geológicas no son un factor de segregación de las poblaciones de suelo en el área estudiada. La presencia de facies lutíticas de gran extensión en cada una de ellas o estratificadas con materiales de diferente naturaleza han favorecido en este ambiente climático una evolución hacia sistemas o tipos de relieve caracterizados por lomas y colinas en las que se han desarrollado suelos con características morfológicas muy similares en sus horizontes A y B, particularmente en lo relativo a sus colores, lo que parece reflejar una dinámica común de los compuestos ferruginosos.

La pendiente del terreno ha jugado un importante papel en las dimensiones de los horizontes superficiales, los cuales tienen a tener poco espesor en aquellas áreas de gran inclinación por causa de las pérdidas por erosión.

Sin embargo, no se detectó en este trabajo ninguna relación específica entre rangos de pendiente y un determinado orden de la taxonomía de suelos, los inceptisoles y ultisoles se presentan en rangos de pendiente bastante amplios que van desde 5 hasta 70%. Los espodosoles, por el contrario, se restringen a las áreas con débiles pendientes, inferiores al 15% y asociados a litologías predominantemente arenosas.

Los procesos morfogenéticos y la estabilidad de las superficies constituyen los principales factores de la diferenciación de suelos en el área estudiada. En zonas de gran estabilidad como lomas y colinas, desarrolladas en materiales geológicos in situ, predominan los suelos de mayor evolución pedogenética, ultisoles, mientras que en aquellas de menor estabilidad como las zonas de coladas barrosas, prevalecen los de poca o escasa evolución, entisoles e inceptisoles. En éstas últimas pueden aparecer también ultisoles si los depósitos son suficientemente antiguos. En otras zonas, la combinación de coladas barrosas y flujos torrenciales, o la de estos últimos con la deposición restringida de materiales han propiciado el predominio de suelos de escasa evolución, inceptisoles, o de mayor evolución e íntimamente relacionados con las características de los materiales de partida, caso de los espodosoles.

#### Características físicas

Los resultados de los análisis físicos de los suelos estudiados se presentan en la tabla N° 4.

#### Textura

La distribución de partículas por tamaño reveló un predominio de las texturas finas, lo cual refleja la influencia de materiales parentales eminentemente lutíticos. Por lo general, los suelos presentan homogeneidad textural inter-horizontes, salvo aquellos de escaso desarrollo, perfiles 9 y 11, los cuales han evolucionado sobre coladas barrosas, y los sujetos a la influencia de otros procesos morfogenéticos, perfil 22, el cual ha sido afectado por importantes acumulaciones superficiales de materiales a través de flujo torrenciales.

#### Riqueza de arcilla

Todos los suelos, excepto el perfil 22, poseen un contenido de arcilla superior al 30% y manifiestan un claro aumento con la profundidad. Aquellos de escaso desarrollo, perfiles 7, 9, 10 y 11, poseen

**TABLA N° 4**  
Resultados de los Análisis Físicos

Perfil Horizonte.	Profundidad. (cm)	Densidad aparente. gr/cc	Esqueleto grueso. (2MM.)	GRANULOMETRIA			Clase Textural.	Retención de Humedad.	
				Arena a	Arcilla A	Limo L		1/3 Atm.	15 Atms.
P1 - Ap	0 - 20	-	32,23	24	52	24	A	37,61	27,31
A/B	20 - 24	-	22,59	18	60	22	A	32,33	24,90
B11	24 - 45	-	48,92	14	70	16	A	36,28	27,14
B12	45 - 56	-	48,78	14	72	14	A	41,20	30,88
B13	56 - 90	-	50,41	10	72	18	A	45,28	32,52
C	90 - 120	-	65,57	14	70	16	A	49,11	33,33
P7 - Ap	0 - 6	1,15	49,26	26	52	22	A	41,37	29,26
A/C	6 - 13	-	56,38	28	56	16	A	36,16	25,68
C1	13 - 30	1,46	62,20	28	60	12	A	33,77	25,07
C2	30 - 90	1,38	73,32	26	62	12	A	23,56	16,82
P9 - Ap	0 - 14	-	56,15	40	34	26	FA	31,23	22,55
A - Ap	14 - 29	1,28	57,07	46	34	20	FAa	29,15	21,32
C1	29 - 43	1,42	55,14	26	52	22	A	30,09	18,65
C2	43 - 90	1,48	73,57	30	50	20	A	22,82	17,54
PI0 - Ap	0 - 12	1,20	50,87	24	58	18	A	41,44	31,69
A/B	12 - 18	1,36	62,65	24	58	18	A	39,59	29,53
Bw	18 - 36	1,50	64,79	32	50	18	A	32,32	25,23
C1	36 - 55	1,34	65,06	40	44	16	A	28,57	22,08
C2	55 - 80	1,78	64,56	40	44	16	A	25,85	21,02
PI1 - Ap	0 - 9	1,25	68,97	48	34	18	FAa	26,81	21,01
A/B	9 - 20	1,54	69,07	54	32	14	FAa	21,00	17,26
Bw	20 - 46	1,58	72,90	42	38	20	FAa	21,32	16,18
C	46 - 70	1,72	64,03	26	46	28	A	17,29	13,33
PI6 - Ap	0 - 14	1,31	69,85	34	48	18	A	43,75	34,54
B11	14 - 50	1,44	61,86	22	68	10	A	41,29	34,60
B12	50 - 90	1,44	71,10	18	74	8	A	42,31	34,24
B12/c	90 - 150	1,50	82,19	26	62	12	A	35,55	28,85
P22 - Ah	0 - 20	1,23	31,62	86	2	12	aF	6,44	4,83
A/E	20 - 40	-	55,41	88	2	10	a	3,24	1,80
E	40 - 55	-	40,34	88	2	10	a	2,70	2,43
Bh	55 - 73	1,62	30,43	70	18	12	Fa	17,20	14,20
Bm/C	73 - 92	1,53	55,56	70	20	10	Fa	17,48	15,72
C	92 - 110	1,78	63,89	74	16	10	Fa	16,67	14,96

contenidos de arcilla que fluctúan entre 32 y 62%, lo cual se explica por la naturaleza de sus materiales de partida.

Los suelos de mayor evolución, perfiles 1 y 16, tienen contenidos de arcilla en el horizonte superficial superiores al 48% con incrementos en profundidad que alcanzan el 74%. En estos perfiles se observa un vientre pronunciado de enriquecimiento de arcilla que junto con los argilanes observados en campo ratifican la evolución señalada.

Las figuras 12 y 13, muestran la distribución de partículas de los perfiles analizados.

#### Densidad aparente

Los valores de densidad varían entre 1,15 y 1,78 g/cc, con una marcada tendencia a aumentar con la profundidad.

En superficie se registraron las densidades más bajas, 1,15-1,31 g/cc lo que se relaciona con los altos contenidos de materia orgánica y la alta actividad de las raíces de las plantas.

Los máximos valores de densidad en profundidad, 1,38-1,78 g/cc, se asocian con los bajos contenidos de materia orgánica, mayor contenido en arcilla y al efecto de la compactación.

#### Retención de humedad

Los porcentajes de humedad retenida por las muestras de suelo a 1/3 y 15 atmósferas permiten señalar que la cantidad de agua aprovechable, diferencia entre el contenido de humedad a 1/3 y a 15 atmósferas, es muy baja. En todas las muestras su valor es inferior al límite de 10% propuesto por Plá (1977), lo cual limita el uso de estos suelos para agricultura de secano y para agricultura de riego por métodos convencionales.

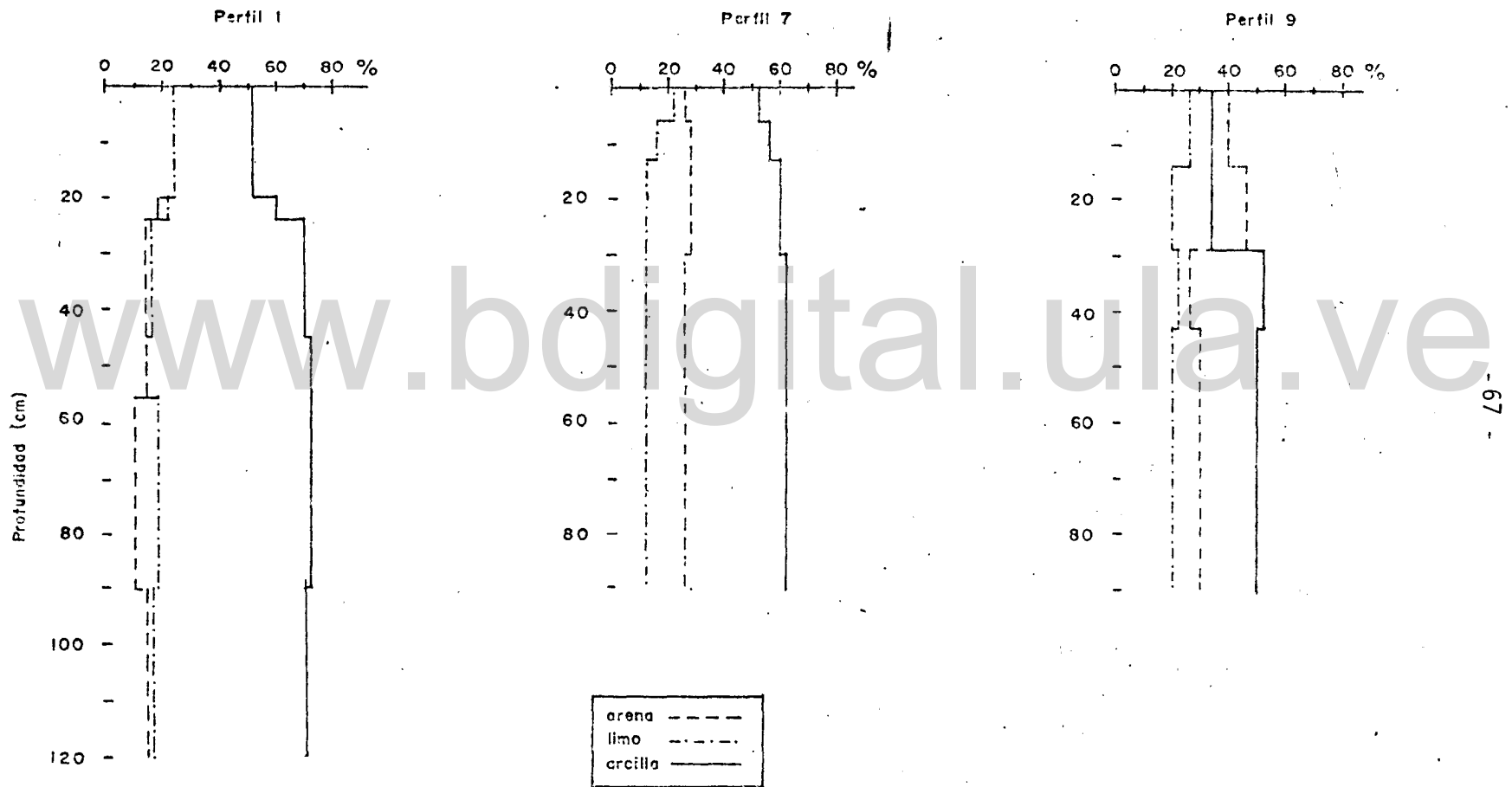


Figura 12.- Distribución de partículas de los suelos analizados.

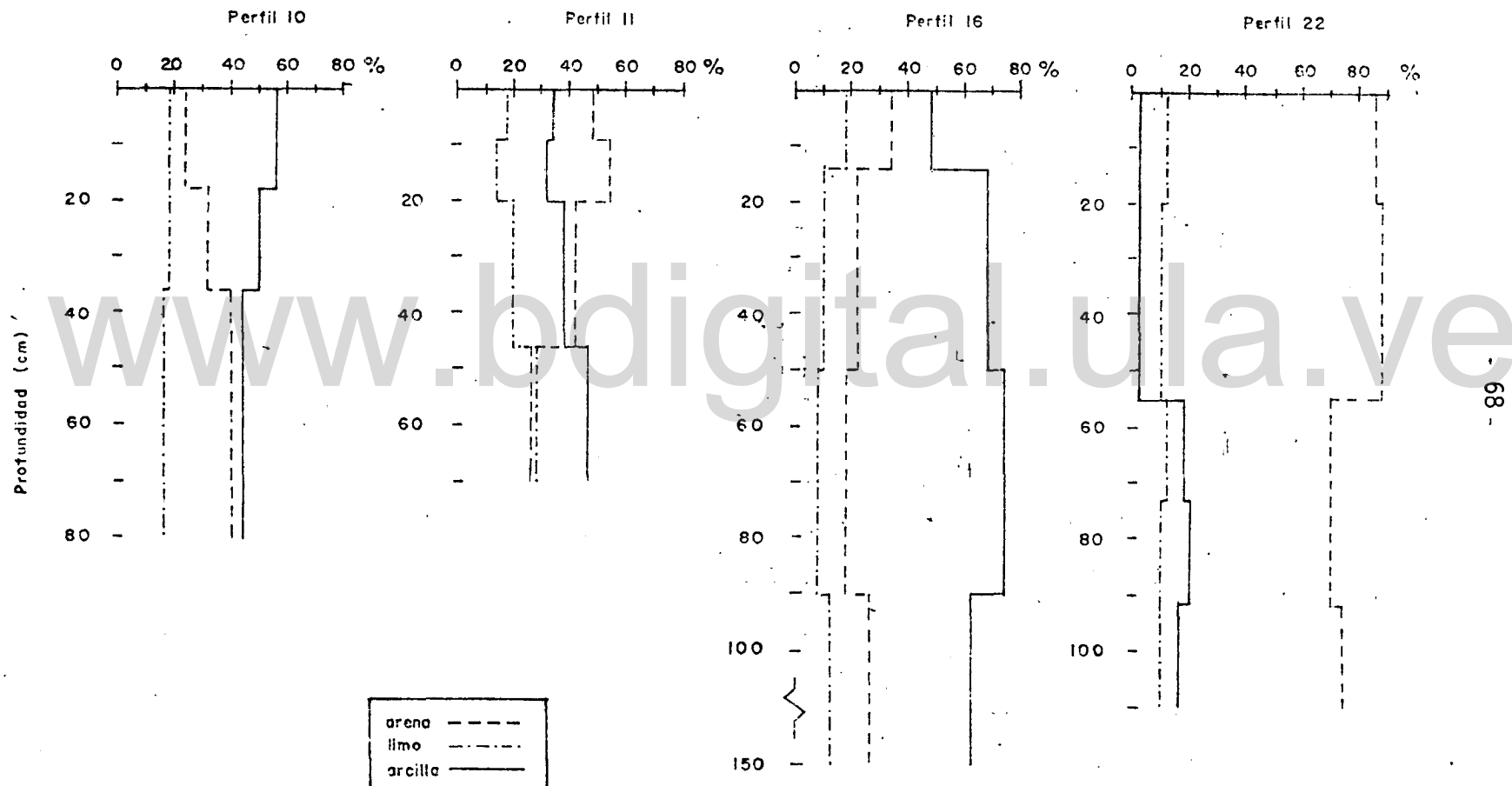


Figura 13.- Distribución de partículas de los suelos analizados.

### Características químicas

Los resultados de los análisis químicos se presentan en la tabla N° 5; a continuación se discuten los parámetros determinados:

#### pH

Los valores de pH fluctúan entre 4,06 y 5,54, lo cual permite ubicarlos en los rangos ácidos a muy ácidos. Se observó que estos valores presentan dos tendencias con respecto a la profundidad, en los perfiles 1, 7, 10, 11 y 16, el pH disminuye con la profundidad apreciándose más claramente esta tendencia en los tres primeros. La presencia de grietas y la estructura en bloques y prismas de estos suelos son factores causales probables de esta tendencia por favorecer el lavado vertical.

El aumento del pH con la profundidad, observada en los perfiles 9 y 22, parecer estar asociada a la dinámica de la materia orgánica superficial.

La diferencia entre los valores de pH determinados en agua y KCl indican que estos suelos presentan una acidez potencial predominantemente alta, ya que los valores de éstas diferencias son superiores a una unidad (Malagón, 1982; Buol et al., 1973).

#### Bases cambiables y porcentaje de saturación de bases

Los valores de las bases cambiables indican que éstas se encuentran en los suelos en cantidades bajas a muy bajas. Por lo general el contenido en bases es mayor en los horizontes superficiales y tiende a disminuir con la profundidad, lo cual refleja el efecto combinado del biociclo y del lavado en la distribución de los cationes cambiables.

La secuencia de bases del complejo de cambio  $Ca \succ Mg \succ K \succ Na$  se presenta en los horizontes superficiales de la mayoría de los suelos

**TABLA N° 5**  
Resultados de los Análisis Químicos

PERFIL HORIZON TE.	PROFUN DIDAD (cm)	CARBO- NO ORGAN. %	MATER ORGA- NICA %	NITRO- GENO TOTAL %	RELA- CION. C/N	FOSFO- RO. PPM.	C.I.C. mg/100 gr.	HIDROS CAMBIABLE mg/100gr	BASES CAMBIABLES				SATU- RACION BASES %	ALUMI- NIO. INTERC. mg/100g	OTROS		pH: (1:1)	
									CALCIO mg/100g	MAGN mg/100g	SODIO mg/100g	POTASIO mg/100g			ACIDEZ INTERC. mg/100g	H2O	KCl	
P1-Ap	0-20	8,18	14,09	0,37	22,11	0	18,83	8,80	2,89	0,85	0,054	0,36	23,38	2,60	3,4	5,14	3,98	
A/B	20-24	2,91	5,01	0,19	18,32	0	11,80	8,60	1,45	0,20	0,025	0,23	16,87	4,20	4,80	4,99	3,89	
B11	24-45	1,87	3,23	0,14	13,36	0	12,50	8,80	0,95	0,12	0,025	0,19	10,28	7,00	7,80	4,97	3,77	
B12	45-66	1,48	2,55	0,12	12,33	1,75	16,50	8,80	0,30	0,04	0,025	0,17	3,45	9,20	10,00	4,96	3,75	
B13	66-90	1,28	2,21	0,11	11,64	5,25	16,75	1,00	0,10	0,02	0,025	0,15	1,76	0,80	11,80	4,89	3,73	
C	90-120	0,84	1,44	0,11	7,64	1,75	17,50	8,80	0,05	0,007	0,043	0,15	1,43	13,00	13,	4,71	3,75	
P7-Ap	0-6	4,64	7,99	0,45	10,31	1,75	16,75	8,40	5,99	2,73	0,064	0,86	81,5	0,40	0,80	5,54	4,10	
A/C	6-13	2,66	4,59	0,28	8,50	0	17,00	8,40	5,49	1,87	0,064	0,51	46,8	3,20	3,60	5,43	3,82	
C1	13-30	2,05	3,53	0,23	8,91	0,88	16,00	8,60	3,79	2,89	0,087	0,32	43,0	6,20	6,80	5,36	3,83	
C2	30-90	1,03	1,77	0,13	7,92	0,88	15,75	1,00	0,40	1,58	0,098	0,26	14,8	11,40	12,40	5,28	3,64	
P9-Ap	0-14	4,20	7,23	0,32	13,13	0,88	17,81	8,30	1,00	0,29	0,076	0,26	9,3	4,00	4,60	4,77	3,70	
A	14-29	2,68	4,63	0,18	14,89	2,63	8,44	8,80	8,40	0,088	0,025	0,14	2,16	8,20	8,00	4,80	3,75	
C1	29-43	1,61	2,78	0,17	8,47	1,75	12,50	1,20	0,05	0,047	0,025	0,09	1,70	10,40	1,60	4,97	3,74	
C2	43-90	1,42	2,44	0,16	8,88	0,46	14,00	1,20	0,0	0,076	0,064	0,10	1,80	11,00	12,20	4,81	3,74	
P10-Ap	0-12	5,27	9,09	0,40	13,18	0	19,00	1,00	3,34	1,25	0,064	0,06	24,90	6,60	7,60	5,24	3,64	
A/B	12-18	3,17	5,92	0,25	20,68	0	16,50	1,00	1,80	0,35	0,085	0,15	15,30	8,80	9,80	5,25	3,67	
Bw	18-36	1,90	3,28	0,23	8,26	0,46	18,50	8,60	0,80	0,26	0,064	0,13	8,03	10,40	11,00	4,81	3,72	
C1	36-55	1,66	2,86	0,19	8,74	0	14,00	8,60	0,15	0,097	0,063	0,10	2,94	10,80	11,20	5,03	3,78	
C2	55-90	1,03	1,77	0,15	8,87	0,46	14,00	8,80	0	0,060	0,064	0,09	1,89	10,80	11,40	4,69	3,77	
P11-Ap	0-9	5,59	9,83	0,28	19,96	0,46	14,50	8,20	4,99	1,90	0,085	0,35	47,62	2,80	2,80	4,85	3,86	
A/B	9-20	1,99	3,43	0,13	15,31	0	11,00	1,00	1,86	0,83	0,025	0,18	26,23	5,80	6,80	4,88	3,67	
Bw	20-46	1,89	3,27	0,11	17,18	0,46	12,25	8,80	8,80	0,36	0,025	0,17	10,24	7,80	8,80	4,67	3,58	
C	46-70	1,21	2,09	0,10	12,10	0,46	11,80	1,00	8,20	0,96	0,078	0,20	12,49	8,00	9,00	4,80	3,64	
P16-Ap	0-14	8,40	14,19	0,60	14,00	1,75	29,75	8,60	7,88	0,43	0,087	0,85	30,07	8,40	6,00	4,94	3,80	
B11	14-30	2,96	5,11	0,26	11,38	0	22,80	1,00	8,85	0,36	0,064	0,18	6,37	14,00	15,00	4,81	3,68	
B12	30-90	1,65	2,85	0,20	8,25	0	21,80	1,40	0	0,088	0,064	0,17	1,18	14,20	15,80	4,90	3,68	
B12/C	90-150	1,02	1,76	0,19	8,87	0,46	20,80	1,20	0	8,01	0,043	0,14	6,94	15,40	16,80	4,74	3,65	
P22-Ap	0-20	2,38	4,10	0,07	34,00	1,75	8,00	1,20	0	8,11	0,022	0,29	14,07	8,40	1,60	4,20	2,76	
A/E	20-40	8,97	2,00	8,03	32,33	1,75	8,80	8,40	0	8,027	0,025	0,08	26,40	0	0,40	4,06	2,94	
E	40-65	8,40	0,70	8,002	44,44	0,46	8,35	8,20	0	8,003	0,024	0,05	22,00	0	0,20	3,59	3,84	
Bh	65-73	1,36	2,34	8,04	34,00	4,38	8,75	2,40	0	8,010	0,024	0,55	8,65	8,00	7,40	4,31	3,56	
Bs/C	73-92	1,80	2,76	0,03	63,33	12,25	8,25	8,60	0	8,007	0,098	0,28	8,16	3,60	4,20	4,80	4,03	
C	92-110	0,81	1,39	0,02	40,50	35,88	3,25	8,40	0	8,006	0,043	0,12	8,20	2,40	2,80	4,84	4,14	



analizados. A medida que aumenta la profundidad esta secuencia se altera dando origen a ordenamientos del tipo:  $Ca \succ K \succ Mg \succ Na$ ;  $Mg \succ Ca \succ K \succ Na$  y  $K \succ Ca \succ Mg \succ Na$ . En los horizontes más profundos se originan secuencias dominadas por el K:  $K \succ Ca \succ Na \succ Mg$ ;  $K \succ Mg \succ Na$  o  $K \succ Na \succ Mg$ , en las que el calcio no tiene participación, especialmente en ninguno de los horizontes del perfil 22.

La secuencia observada en los horizontes superficiales coincide con la indicada para suelos de zonas húmedas y debe estar asociada a la retención de tales elementos por la materia orgánica y las arcillas de tipo caolínico (Malagón, 1979), mientras que aquellas de los horizontes más profundos puede responder a la presencia de minerales arcillosos del tipo 2:1, los cuales retienen fuertemente al potasio.

Los contenidos de bases totales para la mayoría de los suelos es baja, indicativa de la alta lixiviación a que han estado sujetos, se exceptúa de esta observación al perfil 7 que presenta contenidos medianos, coincidentes con su escaso desarrollo pedogenético.

#### Aluminio intercambiable

En los suelos estudiados el aluminio intercambiable presenta valores que fluctúan entre 0,4 y 15,4 meq/100 g de suelo. Por lo general sus valores son superiores a los 2 meq/100 g con excepción del horizonte superficial del perfil 7 y los tres primeros del perfil 22.

Este elemento constituye más del 50% de la capacidad de intercambio de los primeros horizontes sub-superficiales de la mayoría de los suelos y muestra un marcado incremento con la profundidad, lo cual nos induce a pensar sobre la fuerte lixiviación a que está sujeto este elemento.

El contenido y distribución del aluminio cambiante en estos suelos contrasta con lo reportado por Zinck y Huber (1979) para los

suelos de la selva nublada de Rancho Grande. Los autores citados indican que el aluminio de cambio puede alcanzar valores de 4 a 5 meq/100 g de tierra, llegando así a constituir hasta el 25% de la capacidad de intercambio y que la concentración de este elemento es siempre mayor en los horizontes superficiales que en el resto del pedón.

#### Capacidad de intercambio de cationes

Los valores obtenidos para la capacidad de intercambio catiónico se pueden considerar como muy bajos a bajos, perfil 22; medios, perfiles 1, 7, 9, 10 y 11; y altos en el perfil 16, de acuerdo a los criterios indicados por Malagón (1982).

Esta característica no muestra incrementos significativos con el aumento en el porcentaje de arcilla de estos suelos, y sus valores se ajustan bien con lo señalado para sus minerales arcillosos predominantes: cloritas e illitas; 10 a 40 meq/100 g, caolinita 3 a 15 meq/100 g (Garavito, 1979).

La materia orgánica desempeña un importante papel en la capacidad de intercambio catiónico especialmente en los horizontes superficiales, donde casi la totalidad de esta característica viene dada por la fracción orgánica.

En los horizontes sub-superficiales, la baja CIC de la fracción mineral aparentemente viene a estar dada por el bloqueo de los sitios de intercambio por capas de hidróxidos de aluminio, lo cual constituye un fenómeno común en suelos ácidos y fuertemente lixiviados.

#### Características bioquímicas

Los resultados de la caracterización bioquímica y los tipos de humus se presentan en la tabla 6.

**TABLA N° 6**  
Clasificación bioquímica del humus (Duchaufour, 1977).

PERFIL N°	HORIZONTE Y PROFUND. (cm)	% C.O	% MATERIAS HUMICAS TOTALES.	% ACIDOS HUMICOS	% ACIDOS FULVICOS	AF/AH	C/N	% S.B	PH	CLASIFICACION
1	Ap(0-20)	8,18	2,009	0,486	1,523	3,13	32,11	23,38	5,14	Mull forestal ácido
	AB(20-24)	2,91	1,197	0,257	0,940	3,65	15,32	16,57	4,99	
	Bt <sub>1</sub> (24-45)	1,87	0,754	0,099	0,855	6,62	13,36	10,28	4,97	
	Bt <sub>2</sub> (45-56)	1,48	0,443	0,094	0,349	3,71	12,33	3,45	4,96	
	Bt <sub>3</sub> (56-90)	1,28	0,458	0,135	0,323	2,39	11,64	1,76	4,89	
	C(90-120)	0,84	0,473	0,158	0,315	1,99	7,64	1,43	4,71	
7	Ap(0-6)	4,64	1,670	0,538	1,132	2,10	10,31	51,50	5,54	Mull forestal ácido
	AC(6-13)	2,66	0,960	0,193	0,767	3,97	9,50	46,80	5,43	
	C <sub>1</sub> (13-30)	2,05	0,946	0,110	0,836	7,60	8,91	43,00	5,38	
	C <sub>2</sub> (30-90)	1,03	0,251	0,063	0,188	2,98	7,92	14,80	5,38	
9	Ap(0-14)	4,20	1,788	0,515	1,273	2,47	13,13	9,13	4,77	Mull forestal ácido
	A(14-29)	2,68	1,182	0,298	0,884	2,97	14,89	7,16	4,80	
	C <sub>1</sub> (29-43)	1,61	0,813	0,135	0,678	5,02	9,47	1,70	4,97	
	C <sub>2</sub> (43-90)	1,42	0,576	0,138	0,438	3,17	8,88	1,60	4,81	
10	Ap(0-12)	5,27	1,699	0,387	1,312	3,39	13,18	24,90	5,24	Mull forestal ácido
	AB(12-18)	5,17	1,152	0,398	0,754	1,89	20,68	15,30	5,25	
	Bw(18-36)	1,90	1,005	0,254	0,751	2,96	8,26	8,03	4,81	
	C <sub>1</sub> (36-55)	1,66	0,931	0,133	0,798	6,00	8,74	2,94	5,03	
	C <sub>2</sub> (55-80)	1,03	0,724	0,075	0,649	8,65	6,87	1,39	4,69	
11	Ap(0-9)	5,59	1,418	0,427	0,991	2,32	19,96	47,62	4,85	Mull forestal ácido
	AB(9-20)	1,99	0,635	0,202	0,433	2,14	15,31	26,23	4,88	
	Bw(20-46)	1,89	0,576	0,242	0,334	1,38	17,18	10,24	4,67	
	C(46-70)	1,21	0,355	0,104	0,251	2,41	12,10	12,49	4,80	
16	Ap(0-14)	8,40	1,167	0,335	0,832	2,48	14,00	30,07	4,94	Mull forestal ácido
	Bt <sub>1</sub> (14-50)	2,96	1,093	0,167	0,926	5,54	11,38	6,37	4,81	
	Bt <sub>2</sub> (50-90)	1,65	0,547	0,216	0,331	1,53	8,25	1,16	4,90	
	Bt <sub>3</sub> (90-150)	1,02	0,517	0,146	0,371	2,54	5,37	0,94	4,74	
22	Ap(0-20)	2,38	1,064	0,317	0,747	2,36	34,00	14,07	4,20	Mor granular
	AE(20-40)	0,97	0,201	0,115	0,086	0,74	32,33	26,40	4,06	
	E(40-55)	0,40	0,036	0,026	0,009	0,35	44,44	22,00	5,39	
	IIbh(55-73)	1,36	0,715	0,522	0,193	0,37	34,00	8,65	4,31	
	IIbr(73-92)	1,60	0,743	0,066	0,677	10,26	53,33	6,16	4,80	
	IIc(92-110)	0,81	0,443	0,055	0,393	7,86	40,50	5,20	4,84	

## Carbono total

El contenido en carbono de los suelos estudiados es muy alto en los horizontes superficiales y disminuye progresivamente con la profundidad hasta alcanzar valores inferiores al 1%. Por lo general los contenidos de carbono orgánico de los horizontes superficiales sobrepasan el 4%, valor que se duplica en los perfiles 1 y 16. Sólo el estrato superficial del perfil 22, presentó el valor más bajo de C.O(2,38%), lo cual responde a la baja productividad de la vegetación como consecuencia de la oligotrofia del medio edáfico.

Estos suelos fueron clasificados de acuerdo al Soil Survey Staff (1975) como Humitropepts y Trophmults en razón de sus altos contenidos en carbono orgánico.

La relación C/N de los suelos analizados presentan gran variación interperfiles y una marcada tendencia a disminuir con la profundidad, con excepción del perfil 22, en el que los valores de esta relación no muestran una tendencia definida.

De acuerdo a los criterios interpretativos de Malagón (1982) la relación C/N de los horizontes superficiales es alta en los perfiles 9, 10, 11 y 16 (C/N: 12-19), muy alta en los perfiles 1 y 22 (C/N: mayor de 20) y óptima en el perfil 7 (C/N: 9-12).

El predominio de valores altos y muy altos de la C/N, asociados a la acidez y baja fertilidad natural de estos suelos, constituyen una buena indicación de la lenta descomposición de la materia orgánica en este ambiente bioclimático, lo cual se corrobora por la abundancia de residuos orgánicos en la superficie de los suelos.

## Relación Acidos Fúlvicos/Acidos Húmicos

La relación AF/AH es elevada en todos los suelos, sus valores son superiores a la unidad en los diferentes horizontes de cada perfil.

El predominio de los ácidos fúlvicos en todos los suelos es el factor causal de los altos valores encontrados en esta relación y del bajo grado de humificación, ya que por lo general esta relación varía en función inversa del grado de humificación (Andreux, sin fecha).

Lo antes citado coincide con las bajas a muy bajas tasas de humificación determinadas para los horizontes superficiales.

### Tipos de Humus

En todos los horizontes superficiales de los suelos analizados predominan los ácidos fúlvicos sobre los húmicos. Las condiciones ambientales (clima) y edáficas (acidez) parecen ser las principales causas de este fenómeno, ya que en medios ácidos la formación de compuestos húmicos es lenta debido al bajo poder de síntesis biológica (Garavito, 1979). Por otro lado, la alternancia estacional del clima (períodos secos y húmedos) poco acentuada en la zona estudiada parece incidir en la escasa formación de ácidos húmicos mediante la polimerización de ácidos fúlvicos.

La abundancia de ácidos fúlvicos, en especial en los horizontes superficiales, puede señalarse como una de las causas de la baja descomposición de los residuos orgánicos indicada por Fassbender y Grimm (1981), ya que al tener la capacidad de fijar proteínas retardan la degradación de los tejidos celulósicos. Igualmente, se puede consignar a estos ácidos la responsabilidad de la translocación de ciertos elementos centro del perfil (hierro y aluminio) y la baja estabilidad de los agregados del suelo en sus horizontes superficiales.

De acuerdo a lo antes señalado y en asociación con los valores de AH, AF, relación C/N, pH y saturación de bases, se puede indicar la presencia de dos tipos de humus en estos suelos: mull forestal ácido en los perfiles 1, 7, 9, 10, 11 y 16; y mor granular en el perfil 22.

### Mineralogía de la Fracción Arcillosa

Los principales minerales presentes en la fracción arcillosa de los suelos estudiados fueron: estratificados mica-clorita, caolinita y cuarzo. Ocasionalmente aparecen estratificados mica-vermiculita y feldspatos. Las micas y cloritas se encontraron en cantidades trazas en todos los perfiles.

Los resultados del estudio de la fracción arcillosa se presentan en la tabla 7 y figura A.7 a A.13 del Apéndice.

#### Caolinita

Este mineral se caracterizó por sus reflexiones a  $7^\circ(001)$  y  $3,58 \text{ \AA} (002)$ . Estas reflexiones se mantienen estables al tratar las muestras con glicerol y al saturar con K. El calentamiento a  $550^\circ\text{C}$  durante 2-3 horas los suprime como consecuencia de la completa deshidroxilación del mineral.

De acuerdo a lo señalado por Thorez (1976), la intensidad, forma y simetría de sus reflexiones permite estimar el grado de cristalinidad que presentan estos minerales. Las reflexiones estrechas, simétricas e intensas a  $7$  y  $3,5 \text{ \AA}$  definen una caolinita bien cristalizada. En la medida que disminuye la cristalinidad (mayor grado de desorden) la intensidad de la reflexión (001) disminuye y paralelamente las reflexiones se hacen más o menos asimétricas hacia el lado de los ángulos bajos del difractograma.

En los suelos estudiados la caolinita se encontró en cantidades relativas inferiores a las de otros tipos de arcilla (estratificados) y con variados grados de cristalinidad, independiente de la etapa evolutiva de los suelos o de la edad de las superficies. En los perfiles I y II, clasificados como Ultisoles e Inceptisoles, desarrollados sobre superficies antiguas y sobre coladas, respectivamente, la

**TABLA N° 7**

Difracción de Rayos X de la fracción arcillosa (muestras orientadas).

<b>PERFIL 1</b>	<b>HTES. Y PROF. (cm)</b>	<b>IDENTIFICACION Y CANTIDAD.</b>	<b>COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES</b>
	Ap (0 - 20)	$M-Cl \xrightarrow{4x} Cz, Cao \xrightarrow{2x} Cl, M(tr)$	Estrat. M-Cl: Mod. intensidad, aguda, moderada simetría. Cao: moderada intensidad, aguda, ligera asimétrica. Cz: moderada intensidad, aguda, asimétrica.
	AB (20 - 24)	$M-Cl \xrightarrow{3x} Cao \xrightarrow{3x} Cz \xrightarrow{x} M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M-Cl: Mod. intensidad, hombro, ligera simetría. Cao: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: baja intensidad, agudo, moderada simetría.
	Bt <sub>1</sub> (24 - 45)	$M-Cl \xrightarrow{2x} Cao \xrightarrow{4x} Cz \xrightarrow{x} M(tr)$	Estrat. M-Cl: Mod. intensidad, hombro, asimétrico. Cao: alta intensidad, agudo, simétrico. Cz: baja intensidad, agudo, moderada simetría.
	Bt <sub>2</sub> (45 - 56)	$M-Cl \xrightarrow{4x} Cao \xrightarrow{3x} Cz \xrightarrow{2x} Cl(tr), M(tr)$	Estrat. M-Cl: Mod. intensidad, aguda, moderada simetría. Cao: Mod. intensidad, agudo, simétrico. Cz: baja intensidad, agudo, moderada simetría.
	Bt <sub>3</sub> (56 - 90)	$M-Cl \xrightarrow{4x} Cao \xrightarrow{2x} Cz \xrightarrow{x} M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M-Cl: Mod. intensidad, aguda, simétrica. Cao: moderada intensidad, agudo, moderada simetría. Cz: moderada intensidad, agudo, moderada simetría.
	C (90 - 120)	$M-Cl \xrightarrow{3x} Cao \xrightarrow{4x} Cz \xrightarrow{x} M, Cl(tr)$	Estrat. M-Cl: Baja intensidad, hombro, asimétrico. Cao: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: baja intensidad, hombro, asimétrico.
<b>PERFIL 7</b>	<b>HTES. Y PROF.</b>	<b>IDENTIFICACION Y CANTIDAD.</b>	<b>COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES</b>
	Ap (0 - 6)	$Cz \xrightarrow{4x} M-Cl \xrightarrow{3x} Cao \xrightarrow{2x} Feld. \xrightarrow{x} Cl(tr)$	Estrat. M-Cl: Baja intensidad, hombro, asimétrico. Cao: baja intensidad, agudo, moderada simetría. Feldespato: baja intensidad, agudo, moderada simetría. Cz: alta intensidad, agudo, moderada simetría.
	AC (6 - 13)	$Cz \xrightarrow{4x} M-Cl \xrightarrow{3x} Cao \xrightarrow{2x} Feld. \xrightarrow{x} Cl, M(tr)$	Estrat. M-Cl: Baja intensidad, hombro, asimétrico. Cao: baja intensidad, aguda, moderada simetría. Feldespato: baja intensidad, aguda, moderada simetría. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
	C <sub>1</sub> (13 - 30)	$Cz \xrightarrow{4x} M-V \xrightarrow{2x} Cao, Feld. \xrightarrow{x} Cl(tr)$	Estrat. M-V: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligera simetría. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Feldespato: baja intensidad, aguda, mod. simetría. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
	C <sub>2</sub> (30 - 90)	$M \xrightarrow{4x} Cz \xrightarrow{3x} Cao \xrightarrow{2x} Feld. \xrightarrow{x} Cl(tr)$	M: Alta intensidad, agudo, moderada simetría. Cao: alta intensidad, agudo, simétrica. Feldespato: baja intensidad, agudo, moderada simetría. Cz: alta intensidad, agudo, moderada simetría.

71

Continuación Tabla N° 7

<b>PERFIL 9</b>	<b>HTES. Y PROF. (cm)</b>	<b>IDENTIFICACION Y CANTIDAD.</b>	<b>COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES</b>
Ap (0 - 14)		$Cao^{4x} \rangle M - C_i^{2x} \rangle Cz^{2x} \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Baja intensidad, aguda y amplia base, asimétrica. Cao: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: Moderada intensidad, aguda, moderada simetría.
A (14 - 29)		$M - V^{4x} \rangle Cao^{2x} \rangle Cz^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligera simetría. Cao: moderada intensidad, aguda, moderada simetría. Cz: baja intensidad, aguda, moderada simetría.
C <sub>1</sub> (29 - 43)		$Cao^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle M - V^{2x} \rangle M, Cl(tr)$	Estrat. M - V: Baja intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cao: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: moderada intensidad, aguda, simétrica. M: baja intensidad, hombro, asimétrica.
C <sub>2</sub> (43 - 90)		$M - V^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Cao^{2x} \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligera simetría. Cao: baja intensidad, aguda, simétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
<b>PERFIL 10</b>	<b>HTES. Y PROF. (cm)</b>	<b>IDENTIFICACION Y CANTIDAD.</b>	<b>COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES</b>
Ap (0 - 12)		$M - Cl^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Cao^{2x} \rangle Feld.^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, hombro, asimétrico. Cao: moderada intensidad, aguda, asimétrica. Feldespato: baja intensidad, hombro, asimétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
AB (12 - 18)		$M - Cl^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Feld.^x \rangle Cao(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligera simetría. Feldespato: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: Moderada intensidad, aguda, simétrica.
Bw (18 - 36)		$M - Cl^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Feld.^{2x} \rangle Cao^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligera simetría. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Feldespato: baja intensidad, hombro, asimétrico. Cz: moderada intensidad, aguda, simétrica.
C <sub>1</sub> (36 - 55)		$M - V^{2x} \rangle Cao^{2x} \rangle Feld.^{2x} \rangle Cz^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Baja intensidad, hombro, asimétrico. Cao: mod. intensidad, aguda, moderada simetría. Feldespato: alta intensidad, aguda, mod. simétrica. Cz: mod. intensidad, aguda, simétrica.
C <sub>2</sub> (55 - 80)		$Feld.^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Cao^{2x} \rangle M^x \rangle Cl(tr)$	M: baja intensidad, hombro, asimétrica. Cao: mod. intensidad, aguda, mod. simetría. Feldespato: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: mod. intensidad, aguda, asimétrica.



Continuación Tabla N° 7

PERFIL 11	HTES. Y PROF. (cm)	IDENTIFICACION Y CANTIDAD.	COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES
Ap (0 - 9)		$Cao^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle M - Cl^{2x} \rangle Mica^x \rangle Feld, Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Baja intensidad, hombro, asimétrico. Cao: alta intensidad, agudo, simétrico. Feldespato: baja intensidad, agudo, asimétrico. Cz: moderada intensidad, agudo, asimétrico. M: baja intensidad, agudo, simétrica.
AB (9 - 20)		$M - Cl^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Cao^{2x} \rangle Feld.^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, hombro, asimétrico. Cao: moderada intensidad, agudo, moderada simetría. Feldespato: baja intensidad, hombro, asimétrico. Cz: moderada intensidad, aguda, moderada simetría.
Bw (20 - 46)		$M - Cl^{3x}, Cao^{3x} \rangle Cz^{2x} \rangle Feld.^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, hombro, asimétrico. Cao: alta intensidad, aguda, moderada simetría. Feldespato: baja intensidad, hombro, asimétrica. Cz: moderada intensidad, aguda, simétrica.
C (46 - 20)		$M - Cl^{3x}, Cz^{3x} \rangle Cao^{2x} \rangle Feld.^x \rangle Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, hombro, asimétrica. Cao: alta intensidad, agudo, simétrica. Feldespato: baja intensidad, agudo, moderada simetría. Cz: alta intensidad, agudo, simétrica.
PERFIL 16	HTES. Y PROF. (cm)	IDENTIFICACION Y CANTIDAD.	COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES
Ap (0 - 14)		$M - Cl^{4x} \rangle Cz^{2x} \rangle Cao(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - Cl: Mod. intensidad, agudo y de amplia base, asimétrica. Cz: moderada intensidad, agudo, moderada simetría.
Bt <sub>1</sub> (14 - 50)		$M - V^{4x} \rangle Cz^{2x} \rangle Cao^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Mod. intensidad, hombro, asimétrico. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: baja intensidad, aguda, moderada simetría.
Bt <sub>2</sub> (50 - 90)		$M - V^{4x} \rangle Cz^{2x} \rangle Cao^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: baja intensidad, aguda, moderada simetría.
BC (90 - 150)		$M - V^{4x} \rangle Cz^{3x} \rangle Feld.^{2x} \rangle Cao^x \rangle M(tr), Cl(tr)$	Estrat. M - V: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: baja intensidad, aguda, moderada simetría. Feldespato: baja intensidad, aguda, asimétrica.

Continuación Tabla N° 7

PERFIL 22	HTES. Y PROF. (cm)	IDENTIFICACION Y CANTIDAD.	COMENTARIOS DE LAS REFLEXIONES
A (0-20)		$Cz^{4x}M-CI^{2x}Cao^xM(tr)$	Estrat. M-CI: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
AE (20-40)		$Cz^{4x}M-CI^{3x}Cao^xM(tr)$	Estrat. M-CI: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
E (40-55)		$Cz^{4x}M-CI^{2x}Cao(tr), CI(tr)$	Estrat. M-CI: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, asimétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
Bh (55-73)		$Cao^{4x}Cz^{3x}M-CI^{2x}M^xCI(tr)$	M: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cao: alta intensidad, aguda, simétrica. Cz: alta intensidad, aguda, simétrica.
Bs (73-92)		$M-C^{4x}Cao^{2x}Cz^xM(tr), CI(tr)$	Estrat. M-CI: Mod. intensidad, aguda y de amplia base, ligeramente simétrica. Cao: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cz: baja intensidad, aguda, asimétrica.
C (92-110)		$Cao^{4x}M^x, Cz^xCI(tr)$	M: baja intensidad, aguda, asimétrica. Cao: alta intensidad, aguda, moderada simetría. Cz: baja intensidad, aguda, moderada simetría.

Apreciación de cantidad.   
 { Muy abundante (4x)   
 Abundante (3x)   
 Media (2x)   
 Baja (x)   
 Trazos (tr)

Intensidad   
 { Baja   
 Moderada   
 Alta

Forma   
 { Aguda   
 Aguda y Amplia   
 Hombro

Simetría   
 { Simétrica   
 Moderada Simetría   
 Asimétrica

**MINERALOGIA**

Cz: Cuarzo   
 M: Mica   
 CI: Clorita   
 Cao: Caolinita   
 V: Vermiculita   
 Estrato M-CI: Estratificado Mica-Clorita.   
 Estrato M-V: Estratificado Mica-Vermiculita.

caolinitas se presenta con buena cristalinidad, probablemente heredada de los materiales basales de estos suelos.

En los perfiles 7 y 9, Entisol e Inceptisol, ambos desarrollados sobre coladas, la caolinita se encontró con una deficiente cristalinidad. Solamente en algunos horizontes de estos perfiles, donde se presentan fragmentos de sedimentos terciarios, la caolinita se encuentra bien cristalizada.

La caolinita de los perfiles 10 y 16, clasificados como Inceptisol y Ultisol, se presenta muy mal cristalizada. Igual característica presenta este mineral en los horizontes superficiales del perfil 22, mientras que en profundidad aumenta su abundancia y grado de cristalinidad.

#### Cuarzo

La caracterización del cuarzo se efectuó por la presencia de dos picos bien definidos a 3,34 y 4,26 Å, Malagón (1979).

Este mineral se encuentra en la fracción arcillosa de todos los perfiles en condiciones de buena cristalinidad y generalmente en cantidades inferiores a las correspondientes a los estratificados y caolinita, con excepción de los horizontes superficiales de los perfiles 7 y 22, en los que el cuarzo se presenta en cantidades muy abundantes.

#### Minerales estratificados

La caracterización de estructuras mezcladas es algo completa en razón del amplio espectro de combinaciones posibles que existen en las capas mezcladas, disposición y distribución de las láminas de arcilla y por el efecto de las proporciones en que se encuentran los diferentes componentes en la mezcla. Sin embargo, algunas características de sus patrones de difracción de rayos X, como son: ausencia de secuencias

integrales de las reflexiones (001) y el apareamiento de picos o bandas de difracción intermedios a los picos de difracción de sus componentes, Mering (1949) citado por Sawhney (1977) y por Thorez (1976), Millot (1964) y Malagón (1979); permiten diferenciarlos de minerales con estratificación regular y establecer las posibles combinaciones de los minerales componentes.

La aplicación de la metodología propuesta por Mering (1949) y las descripciones de Sawhney (1977) de estos tipos de estructuras, permitieron detectar la presencia de minerales con estratificación al azar del tipo mica-clorita y mica-vermiculita.

Los estratificados mica-clorita se encontraron en los perfiles 1, 11 y 22, en todos sus horizontes y sólo en los horizontes superficiales de los perfiles 7, 9, 10 y 16. En estos últimos, predominan en profundidad los estratificados mica-vermiculita.

#### Feldespatos

Este mineral se caracterizó de acuerdo a Malagón (1979) por sus reflexiones a  $6,32 \text{ \AA}$ . Solamente se detectó en los perfiles 7, 10 y 11, en la forma de pequeños picos y hombros, de baja intensidad y de moderada a nula simetría.

#### Micas y Cloritas

Las micas se caracterizan por sus picos a  $10 \text{ \AA}$  (001),  $5 \text{ \AA}$  y  $3,5 \text{ \AA}$ . Su reflexión (001) a  $10 \text{ \AA}$  se mantiene estable luego de los diferentes tratamientos rutinarios.

Las cloritas se caracterizan por la estabilidad de sus reflexiones (001) a  $14 \text{ \AA}$  luego de someterlas a los tratamientos de rutina. Estos minerales se encontraron en todos los suelos en cantidades muy pequeñas (trazas), excepto en los horizontes profundos de los perfiles 7, 9, 10 y 22 en los que la mica se encuentra en cantidades algo superiores.

En base a los resultados del análisis de los difractogramas se puede señalar lo siguiente:

Los suelos investigados presentan una fracción arcillosa de composición muy similar. Los minerales de estructura mezclada o estratificados predominan en la mayoría de los perfiles, le siguen la caolinita y el cuarzo, los feldspatos y finalmente, las micas y cloritas, en cantidades trazas.

Cabe señalar, que esta composición mineralógica contradice la señalada por Jackson (1964) citado por Malagón (1979) para el orden de los ultisoles. Sin embargo, parece ser un fenómeno frecuente en aquellos suelos evolucionados en los que las micas son abundantes de partida (Fanning y Keramidas, 1977).

La homogeneidad observada en la composición de las arcillas de estos suelos, indica el origen heredado de estos minerales a partir de una depositación de materiales detríticos, provenientes de una fuente común de abastecimiento, en ambientes marinos similares.

Los diferentes tipos de arcilla caracterizados en este estudio coinciden con los indicados en la literatura para sedimentos marinos antiguos. La illita y la clorita son los minerales más abundantes en los sedimentos de mares profundos, mientras que la caolinita se encuentra comúnmente abundante en áreas próximas a las líneas de playa (Grim, 1968; Millot, 1979 y Huang, Doyle y Chou, 1975).

La presencia a abundancia de estratificados en la fracción arcilla de sedimentos y rocas sedimentarias marinas es una consecuencia de procesos de diagénesis marina, de acuerdo a lo señalado por Weaver (1956). Por otro lado, para Millot (1964) estos minerales representan simplemente formas intermediarias en el ciclo de alteración que sufren los minerales de tres capas (2:1) al ser heredados por un medio de naturaleza diferente al de su origen.

### Hierro Libre (Cristalino) y Hierro Amorfo

La tabla 8 muestra los valores de hierro libre y amorfo, los cuales se discuten a continuación:

#### Hierro libre

Los valores de hierro libre son altos en todos los suelos analizados, en superficie el porcentaje de hierro cristalino fluctúa entre 0,18 y 11%, en profundidad sus valores tienden a incrementar hasta alcanzar el valor máximo de 24,21%. Este aumento del hierro con la profundidad refleja fenómenos de translocación debidos a la abundancia de ácidos fúlvicos en estos suelos y evidencian ciertos procesos de podzolización.

La relación entre contenido de hierro libre y grado de evolución pedogenética, indicada por Buol et al (1973) permitió dividir los suelos analizados en dos categorías: suelos evolucionados, clasificados como ultisoles (perfiles 1 y 16) y suelos de escasa evolución, entisoles e inceptisoles (perfiles 7, 9, 10 y 11). La primera categoría se caracteriza por contenidos relativamente más elevados en hierro libre que en la segunda. La relación Fe libre/arcillas de estos suelos tiende a ser constante en todos sus horizontes lo cual coincide con lo señalado por el Soil Survey Staff (1975) para suelos bien drenados y con horizonte argílico. El perfil 22, clasificado como Troprothods no se incluyó en ninguna de las dos categorías anteriores por poseer una distribución de compuestos de hierro muy particular. En sus tres primeros horizontes posee los contenidos más bajos de hierro libre (0,11 a 0,18%), los cuales aumentan en profundidad hasta alcanzar el valor de 18,36%, cifra que supera a las encontradas en la mayoría de los suelos y que evidencia el típico proceso de podsolización.

El hierro amorfo se presenta con valores que varían entre 0,017 y 6,21%, por lo general los contenidos de este compuesto en los suelos

**TABLA N° 8**

Contenido de hierro libre y amorfo de los suelos analizados.

PERFIL HORIZONTE Y PROF. (cm)	Fe CRISTALINO %	Fe AMORFO %	VALOR " r "
P1. Ap (0 - 20)	8,59	2,42	0,28
AB (20 - 24)	11,06	2,98	0,27
Bt <sub>1</sub> (24 - 45)	15,05	2,69	0,19
Bt <sub>2</sub> (45 - 56)	16,09	2,00	0,12
Bt <sub>3</sub> (56 - 90)	24,21	1,56	0,06
C (90 - 120)	14,12	1,83	0,13
P7. Ap (0 - 6)	7,47	3,12	0,42
AC (6 - 13)	8,35	3,32	0,40
C <sub>1</sub> (13 - 30)	7,64	2,98	0,39
C <sub>2</sub> (30 - 90)	6,01	2,71	0,45
P9. Ap (0 - 14)	4,76	1,47	0,31
Al.1 (14 - 29)	6,07	1,31	0,22
C <sub>1</sub> (29 - 43)	5,13	2,23	0,43
C <sub>2</sub> (43 - 90)	8,24	2,70	0,32
P10. Ap (0 - 12)	9,78	3,50	0,36
AB (12 - 18)	10,81	3,52	0,33
Bw (18 - 36)	13,47	4,24	0,31
C <sub>1</sub> (36 - 55)	20,76	5,24	0,25
C <sub>2</sub> (55 - 80)	21,08	6,21	0,29
P11. Ap (0 - 9)	7,56	2,32	0,31
AB (9 - 20)	9,06	2,04	0,23
Bw (20 - 46)	8,48	2,39	0,28
C (46 - 70)	7,18	3,26	0,45
P16. Ap (0 - 14)	11,00	2,88	0,26
Bt <sub>1</sub> (14 - 50)	13,57	3,05	0,22
Bt <sub>2</sub> (50 - 90)	13,72	3,32	0,24
Bt <sub>3</sub> /C (90 - 150)	15,00	1,94	0,13
P22. Ap (0 - 20)	0,18	0,017	0,09
AE (20 - 40)	0,11	0,054	0,49
E (40 - 55)	0,13	0,004	0,03
Bh (55 - 73)	1,38	0,439	0,32
Blr/C (73 - 92)	18,36	1,88	0,10
C (92 - 110)	10,42	0,69	0,07

son superiores a 1,31%. La presencia de productos ferruginos amorfos en los suelos ha sido interpretada por Segalen (1964) "como una prueba si no de juventud, al menos de evolución todavía actual del material". En este sentido los valores de hierro amorfo encontrados no permiten establecer con precisión diferencias en el grado evolutivo de los suelos, ya que los valores de este compuesto en los suelos investigados son muy aleatorios.

Los perfiles 7 y 10, clasificados como entisoles e inceptisoles respectivamente, presentan contenidos de hierro amorfo ligeramente superiores a los perfiles restantes. Por otro lado los perfiles 9 y 11, inceptisoles, poseen contenidos de hierro amorfo inferiores al de los perfiles 1 y 16, ultisoles, lo cual contradice lo indicado por el autor ante citado. El perfil 22, representa según este criterio el suelo de mayor evolución por sus reducidos contenidos en compuestos amorfos de hierro.

La probable explicación a estos fenómenos quizás radica en la alteración actual de minerales ferruginos presentes en los materiales de partida de estos suelos. La pirita, glauconita y lutitas ferruginosas son minerales comunes en las diferentes formaciones geológicas del área estudiada. Por otro lado, los minerales de la fracción arcillosa de éstos suelos (mica biotita y cloritas) contienen hierro ferroso, que por alteración pueden estar liberando este elemento al suelo. De igual manera, pueden estar participando en este proceso las illitas ferríferas, las cuales son consideradas por Segalen (1964) como productos intermedios entre las illitas propiamente dichas y las galuconitas.

Considerando que todos estos suelos han evolucionado en un mismo ambiente deposicional, se determinó su valor "r", el cual es la relación entre el valor de hierro amorfo y el perteneciente a sus compuestos cristalinos, Urriola (1974). De acuerdo a este autor, "mientras un suelo sea más evolucionado, la abundancia de compuestos



cristalinos será mayor y en consecuencia "el valor  $r$ " será más bajo". La aplicación de esta relación, permitió separar más claramente dos categorías de suelos de acuerdo a su estado evolutivo: suelos de avanzado desarrollo evolutivo, perfiles 1, 16 y 22 con valor " $r$ " inferior a 0,28 y suelos con escaso desarrollo, perfiles 7, 9, 10 y 11, con valor " $r$ " superior a 0,28.

### Análisis Químico Total

Los resultados del análisis de los elementos químicos totales de los horizontes y materiales de partida de los suelos, y las relaciones molares usualmente empleadas para determinar la evolución química de los materiales se presentan en la tabla 9.

### Tendencias generales de los diferentes óxidos

Los valores porcentuales del  $MgO$  y  $K_2O$  tienden a incrementar con la profundidad, los máximos porcentajes se alcanzan en los horizontes C.

Los porcentajes de  $CaO$  y  $Na_2O$  varían muy poco entre horizontes y no presentan una tendencia definida en su distribución en el perfil.

En los suelos analizados estos óxidos de elementos alcalino y alcalino térreos se presentan en la siguiente secuencia:  $K_2O$   $MgO$   $Na_2O$   $CaO$ , se exceptúan de este orden los horizontes superficiales del perfil 22 en los que se presenta la secuencia  $Na_2O$   $CaO$   $MgO$ . El predominio de los óxidos de potasio puede ser causado por la presencia de micas y feldespatos, así como por la retención a que está sujeto este elemento en las posiciones interlaminares de los minerales secundarios. La abundancia de los óxidos de magnesio puede estar asociada a la presencia de minerales cloríticos los cuales poseen este elemento como parte estructural.

**TABLA N° 9**

Elementos químicos totales y relaciones molares de los óxidos.

PERFIL, HO- RIZONTE, PROF. (cm)	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	RELACIONES MOLARES		
								SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
PI. Ap(0-20)	0,03	0,13	0,26	0,07	3,76	9,61	86,14	16	70	13
AB(20-24)	0,03	0,15	0,36	0,09	4,78	11,68	82,91	13	47	10
B <sub>1</sub> (24-45)	0,03	0,19	0,39	0,09	5,50	13,59	80,21	10	43	8
B <sub>2</sub> (45-56)	0,04	0,23	0,54	0,11	7,36	15,53	76,19	9	26	7
B <sub>3</sub> (56-90)	0,04	0,22	0,68	0,09	9,06	15,12	74,79	8	20	6
C(90-120)	0,03	0,23	0,62	0,11	6,72	16,19	77,10	9	33	7
P7. Ap(0-6)	0,03	0,13	0,60	0,19	4,99	12,82	81,24	11	47	9
AC(6-13)	0,02	0,46	0,62	0,16	5,06	12,57	81,11	12	47	9
C <sub>1</sub> (13-30)	0,02	0,49	0,63	0,18	4,87	14,52	79,29	9	43	8
C <sub>2</sub> (30-90)	0,02	0,65	0,69	0,18	5,01	14,08	79,37	9	43	8
P9. Ap(0-14)	0,01	0,13	0,26	0,11	2,67	6,35	90,47	25	75	19
A(14-29)	0,02	0,17	0,26	0,09	3,14	7,53	88,79	21	75	17
C <sub>1</sub> (29-43)	0,02	0,56	0,69	0,21	4,11	16,98	77,43	8	43	7
C <sub>2</sub> (43-90)	0,03	0,38	0,69	0,19	3,46	11,13	84,12	13	70	11
PI0. Ap(0-12)	0,03	0,36	0,48	0,16	5,13	13,60	80,24	10	43	8
AB(12-18)	0,03	0,42	0,68	0,19	5,98	30,98	61,72	3	25	3
Bw(18-36)	0,04	0,48	0,57	0,16	6,94	15,17	76,64	9	33	7
C <sub>1</sub> (36-55)	0,03	0,52	0,57	0,17	9,19	14,18	75,34	9	22	7
C <sub>2</sub> (55-80)	0,03	0,50	0,77	0,18	8,60	16,62	73,30	8	24	6
PII. Ap(0-9)	0,02	0,24	0,48	0,07	4,45	11,33	83,41	13	47	10
AB(9-20)	0,02	0,23	0,53	0,06	5,23	11,26	82,67	13	47	10
Bw(20-46)	0,02	0,24	0,45	0,05	4,72	11,17	83,34	13	47	10
C(46-70)	0,04	0,50	0,65	0,13	5,44	11,86	81,38	12	47	10
PI6. Ap(0-14)	0,03	0,31	0,54	0,16	5,26	15,58	78,12	9	43	7
B <sub>1</sub> (14-50)	0,04	0,30	0,48	0,21	6,74	19,32	72,91	6	30	5
B <sub>2</sub> (50-90)	0,03	0,35	0,56	0,24	7,27	21,39	70,16	6	24	5
B <sub>3</sub> /C(90-150)	0,03	0,49	0,79	0,20	7,30	19,65	71,54	6	24	5
P22. A(0-20)	0,02	0,01	0	0,04	0,05	0,19	99,69	850	5.666	739
AE(20-40)	0,01	0,01	0	0,03	0,03	0,06	99,86	2.833	8.500	2.125
E(40-55)	0,01	0,01	0	0,03	0,02	0,01	99,92	17.000	17.000	17.000
Bh(55-73)	0,01	0,04	0,15	0,03	0,62	2,45	96,70	80	400	67
Bs/C(73-92)	0,02	0,13	0,36	0,05	6,35	9,84	79,95	13	33	9
C(92-110)	0,02	0,13	0,57	0,05	3,88	9,15	86,20	16	70	13

Los porcentajes de compuestos ferruginosos son similares en todos los suelos, y por lo general tienden a incrementarse con la profundidad.

Los compuestos aluminosos tienen una tendencia similar a los anteriores, pero con valores porcentuales que duplican a aquellos. Los óxidos de sílice, por el contrario muestran una sensible disminución con la profundidad, lo cual refleja la mayor intensidad de la meteorización en los horizontes superficiales.

#### Relaciones molares de los óxidos

Para la estimación del grado evolutivo de las rocas y horizontes del suelo se utilizan por lo general las siguientes relaciones: sílica: alúmina; sílica: hierro; sílica: sesquióxidos y bases: alúmina (Birkeland, 1974). Comúnmente los valores de estas relaciones disminuyen con la alteración de los materiales, siendo por tanto indicativas no sólo del grado de meteorización sino también de la translocación relativa de los constituyentes del suelo.

La relación sílica-alúmina, presenta valores entre 6 y 25, en la mayoría de los perfiles analizados. En los perfiles 1 y 16, últimos, se apreciaron los valores más bajos, con una marcada tendencia a disminuir con la profundidad, fenómeno que también se apreció en el perfil 9, inceptisol. En los perfiles 7, 10 y 11 esta relación tiende a presentar poca variación con la profundidad, lo que puede ser interpretado como una débil diferenciación química de sus horizontes.

El perfil 22, específicamente en sus tres primeros horizontes posee una relación sílica-alumina con valores extremadamente altos, los horizontes restantes poseen valores que se ubican en el rango de la mayoría de los suelos. Estos valores excesivamente elevados y contrastantes entre horizontes reflejan el cambio abrupto de materiales, consecuencia de procesos netamente geológicos.

La relación sílica-hierro exhibe valores que fluctúan entre 20 y 75, el perfil 22 nuevamente se exceptúa del rango general de variación por presentar valores extremadamente altos causados por los procesos antes citados.

Consecuencia de su mayor evolución los perfiles 1 y 16 presentan una relación sílica-hierro inferior a la observada en los perfiles restantes, la cual tiende a disminuir marcadamente con la profundidad. Los perfiles de poca evolución, entisoles e inceptisoles, presentan ligera o nula variación en esta relación y ninguna tendencia definida.

La relación sílica-sesquióxidos tiene un rango de variación más restringido, de 5 a 19, y exhibe poca variación interhorizontes en los diferentes suelos analizados. Se exceptúan de esta observación los perfiles 1, 9 y 22 en los que se apreció una gran variabilidad interhorizontes que puede estar asociada en el último a la importante variación litológica y en el primero de los citados a su mayor evolución y al incremento en el contenido de arcillas con la profundidad, ya que las arcillas por poseer una relación sílica-sesquióxidos más estrecha que las fracciones limo y arena tiende a disminuir los valores de esta relación al aumentar su proporción en el suelo.

La más baja relación en los perfiles 1 y 16 en sus horizontes argílicos confirma el mayor grado evolutivo de estos suelos. En el perfil 22 el valor mínimo de la relación sílica-sesquióxidos se presenta en el horizontes espódico, lo cual coincide con los criterios señalados por el Soil Survey Staff (1975) para la diferenciación de este horizonte.

Cabe señalar que la similaridad en composición química de los materiales parentales y edáficos influyó en que los suelos presentaran diferencias poco contrastadas en los valores de cada una de las relaciones determinadas, razón por la cual la separación entre suelos evolucionados y aquellos de escasa evolución se realizó en base a pequeñas

diferencias. Sin embargo, en el presente estudio estas relaciones fueron buenos indicadores de la translocación a que han estado sujetos los constituyentes del suelo.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CONCLUSIONES

- 1.- La zona estudiada, enclavada en la Sierra del Norte o de la Culata presenta un relieve producto de la actividad tectónica pretérita, y una gran complejidad geológica y geomorfológica, consecuencia de las numerosas formaciones geológicas allí presentes, así como de las formaciones superficiales originadas por la acción conjunta - del clima, tectonismo, pendientes y naturaleza y disposición de los materiales geológicos.

Desde el punto de vista de su evolución morfológica puede considerarse en una etapa de estabilidad puesto que no existen indicios de denudación (deslizamientos, solifluxión, escurrimiento superficial y sub-superficial, etc.) los cuales están modelando las formas de la tierra ya existentes, impartiendoles micro-relieves característicos según la magnitud o intensidad del proceso predominante.

- 2.- El análisis integrado del ambiente, permitió indicar a los procesos morfogenéticos y la estabilidad de las superficies (edad relativa) como los principales factores de la separación de las poblaciones de suelos. Los procesos antes mencionados originaron formas superficiales (coladas barrosas, flujos torrenciales y deposición restringida de materiales) de gran extensión, y en las cuales predominan - los suelos de escasa evolución pedogenética, entisoles e incipientes.

En las áreas de mayor estabilidad, no sujetas a los procesos citados, la población edáfica está constituida por suelos de mayor evolución, Ultisoles.

- 3.- La precipitación efectiva y la constancia de las temperaturas del - clima húmedo templado de montaña que caracteriza la zona estudiada,

han permitido la degradación de los materiales de partida dando origen a perfiles de alteración profundos y a suelos bien estratificados, ácidos y desaturados.

De igual manera, el factor climático ha contribuido junto con el factor tiempo al movimiento de las arcillas en el perfil y al desarrollo de coloraciones rojizas de los suelos de la zona.

- 4.- La vegetación predominante, selvas nubladas, a través de sus residuos orgánicos ha contribuido al alto contenido en carbono orgánico de los cuales en su mayoría pertenecen a los Grandes Grupos taxonómicos de los Humitropepts y Trophumults.

La calidad de los residuos producidos por esta vegetación en combinación con la acidez de los suelos han originado dos tipos de humus: mull forestal ácido y mor granular. El predominio de ácidos fúlvicos en estos tipos de humus se considera como la causa principal del movimiento y translocación del hierro y aluminio en la forma de quelatos.

- 5.- La influencia del material parental en el desarrollo de los suelos estudiados se manifestó en sus características físicas, químicas y mineralógicas. En éstos predominan las texturas finas, estructuras poliédricas y baja capacidad de retención de humedad.

En lo relativo a las características químicas, la influencia de los materiales de partida se reflejó en los valores medianos de la capacidad de intercambio catiónico y en los altos contenidos de hierro, consecuencia de la mineralogía de la fracción arcillosa y de los diversos compuestos ferruginosos.

La homogeneidad en la composición de la fracción arcilla de estos suelos es indicativo del origen heredado de los minerales arcillosos a

partir de los materiales parentales, lo que se explica por la similitud de los ambientes en los cuales se depositaron éstos, a partir de una fuente común de abastecimiento (Arco de Mérida).

Los altos contenidos de hierro de los suelos analizados se relacionan con la riqueza de los materiales de partida en compuestos ricos en este elemento (glaucónitas, pirítas y lutítas ferruginosas).

Por último, se destaca el efecto de la granulometría de ciertas litofacies arenosas constituyentes de algunas formaciones geológicas (Terciario Indiferenciado y Aguardiente) sobre el desarrollo de tipos específicos de suelos (Espodosoles) y de vegetación (Páramos y matorrales parameros).

- 6.- La influencia del factor tiempo se manifestó a través de ciertas características morfológicas y químicas de los suelos de acuerdo al período de estabilidad de las superficies sobre las cuales se desarrollaron.

En superficies antiguas y áreas de materiales geológicos in situ, se localizaron suelos con prominentes acumulaciones de arcilla iluvial, elevado contenido de hierro libre y baja relación hierro libre/hierro morfo, mientras que en las superficies más jóvenes los suelos mostraron características contrarias a las citadas.

De acuerdo a lo antes citado, se distinguieron los siguientes órdenes de taxonomía americana (Soil Survey Staff, 1975): Ultisoles en superficies antiguas, Entisoles e Inceptisoles en superficies de menor edad y Espodosoles en aquellas de mediana antigüedad y muy influenciados por las granulometrías gruesas.

- 7.- Los principales procesos pedogenéticos detectados en los diferentes suelos fueron los siguientes:



Entisoles e Inceptisoles, desarrollados sobre coladas barrosas, presentan horizontes A (Ocricos) y están ausentes o débilmente expresados los horizontes B (Cámbicos). En estos destacan las pérdidas por lavado y erosión, y las transformaciones orgánicas y minerales: las primeras han dado origen a tipos de humus de evolución no muy avanzada, y las últimas, en base a la composición de la fracción arcilla relfejan débiles procesos de transformación.

Ultisoles, desarrollados sobre materiales in situ, poseen horizontes A (Ocricos o Umbricos) y horizontes B (Argilícos) bien diferenciados. En estos son importantes las ganancias por melanización: pérdidas por erosión; translocación por iluviación de arcillas; y transformaciones orgánicas y minerales débiles en virtud del tipo de humus y de la mineralogía de sus arcillas.

Esodosoles, desarrollados sobre materiales de textura gruesa, poseen horizontes A (Umbrico), horizonte E (Albico) y horizonte B (Espódico). Destacan en este suelo los siguientes procesos: ganancias por melanización; translocaciones por eluviación e iluviación de humus, hierro y aluminio; y una débil transformación orgánica, que ha originado humus del tipo mor granular. El proceso específico característico de este suelo es la podzolización.

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, E.B., 1974.- Extractable iron, in relation to soil age on terraces along the Truckee River, Nevada. Soil. Sci. Soc. - Procc. Vol. 38.
- Andressen, R. y R. Ponte, 1973.- Climatología e Hidrología. Estudio de las cuencas de los Ríos Chama y Capazón. Universidad de Los Andes. Fac. de Ciencias Forestales. I.G.C.R.N., Mérida.
- Andreux, F., s/f .- Técnica de extracción y de caracterización de la materia orgánica del suelo. Misión Francesa de Cooperación - Técnica. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.
- Bertrand, G., 1968.- Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Revue Géographique des Pyrénées et du sud-ouest. Tome 39. Fasc. 3 p. 249-272. Francia.
- , 1972.- Les structures naturelles de l'espace géographique. L'exemple des Montagnes Cantabriques centrales. Revue Géographique des Pyrénées et du sud-ouest. Tome 43. Fasc. 2. p. 175-206. Francia.
- Birkeland, P., 1974.- Pedology, Weathering and geomorphological research. Oxford University Press.
- Black, C.D., 1965.- Methods of soils analysis. Agron. Monog. 9 Amer. Soc. Agron. Madison. Wisconsin.
- Boul, S., F.D. Hole y R. J. McCracken, 1973.- Soil genesis and classification. The Iowa State University Press.
- Cárdenas, A.L., 1965.- Geografía Física de Venezuela. Ed. Ariel. s.a. Barcelona, España.
- Comerma, J.; J. Sánchez y E. Soto, 1978.- La temperatura del suelo como criterio taxonómico de suelos en Venezuela. Congreso Venezolano de la ciencia del suelo. Barquisimeto, Venezuela. 11 p.
- Comerma, J. y J. Sánchez, 1980.- Consideraciones del régimen de temperatura del suelo en Venezuela. CENIAP, Maracay, Venezuela. 1 p.

- Crocker, R., 1967.- The plant factor in soil formation. Selected papers in soil formation and classification. J.V. Drew, Ed.
- Crocker, R. y J. Major, 1967.- Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. J. Ecology. Vol. 43, N°2.
- Douglas, I., 1976.- Lithology, landforms and climate. In Geomorphology and Climate. Edited by E. Derbyshire, John Wiley and Sons. p. 345-366.
- Duchaufour, P., 1977.- Pédologie. I. Pédogenese et classification. - Ed. Masson, París. p. 56-67.
- , 1978.- Manual de edafología. Barcelona, España. Ed. Toray-Masson.
- Ewel, J. y A. Madriz, 1968.- Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Investigación. Editora Sucre. Caracas, 264 p.
- Fanning, D.S. y V.Z., Keramidas, 1977.- Micas and minerals in soil environment p. 195-258. Edit. J.B. Dixon and S.B. Weed.
- Fassbender, H. y U. Grimm, 1981.- Ciclos biogeoquímicos de un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y descomposición de residuos vegetales. Turrialba: Vol. 31, N°1. p. 39-47.
- Garavito, F., 1979.- Propiedades químicas de los suelos. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Sub-dirección de Agrología. Bogotá, Colombia.
- García, F.; S. Ghosh; F. Rondón; I. Fierro; M. Sampol; G. Benedetto; C. Medina; O. Odreman; T. Sánchez y A. Useche, 1980.- Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del cretáceo de Los Andes Venezolanos. M.E.M., Boletín de Geología. Vol. XIV N°26. p. 3-88.
- Garrard, A., 1981.- Soils and Landforms. An integration of geomorphology and pedology. George Allen & Unwin.

- Ghosh, S. y F. García, 1980.- Estudio de litofacies y paleoambientales de la formación Aguardiente del cretáceo de los Andes Venezolanos. M.E.M. Boletín de Geología. Vol. XIV N°26. p. 105-126.
- González de Juana, 1980.- Geología de Venezuela y sus campos petrolíferos. Tomos I y II. FONINVES. Caracas.
- Grim, R. 1968.- Clay mineralogy. Second Edition. Mc Graw Hill. N.Y.
- Grimm, U. y H. Fassbender, 1981.- Ciclos biogeoquímicos de un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I. Inventario de las reservas orgánicas y minerales. Turrialba: vol. 31, N°1, P. 27-37.
- Herrera, R., C.F. Jordan, H. Klinge y E. Medina. 1978.- Ecosistemas amazónicos, su estructura y funcionamiento con énfasis especial en los nutrientes. Interciencia. Vol. 3 N°4.
- Hetsch, W. y H. Folster 1982.- Estudio de la relación clima pedogénesis en la Cordillera de los Andes. VII Congr. Venez. de la Ciencia del Suelo. San Cristóbal. Nov. 1982.
- Holdridge, L. 1978.- Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José. Costa Rica.
- Huang, W; L. Doyle y W. Chiou. 1975.- Clay minerals studies of surface sediments from the shelf of Northeastern and Eastern Gulf of Mexico, in Proceeding of the international clay Conference p. 55-70.
- Hubschman, J. 1972.- Soils et paysages; quelques problemes d'ecologie du sol. Revue géographique des Pyrénées et du sud-ouest. Tome 4 Fasc. 2. Francia.
- Jackson, M., 1964.- Análisis químico de suelos, Barcelona. España. - Edit. Omega.
- Jenny, H. 1941.- Factors of soil formation. McGraw Hill Book Co., - New York.
- Kovisar, L. 1972.- Geología de la parte Norte-Central de los Andes - Venezolanos. IV Congr. Geológico venezolano. Memorias. Tomo II. Min. Minas e Hidrocarburos. Bol. Geol. Publ. Especial N°1 Ed. Sucre. p: 817-860.

- Lamprecht, H. y J. Veillon, 1957.- La Carbonera. Revista El Farol. p: 17-24. Caracas.
- Lauer, W., 1979.- La posición de los páramos en la estructura del paisaje de los Andes tropicales. Medio ambiente páramo. Editor M. L. Salgado Labouriau. p: 29-46.
- Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970.- Segunda edición. Min. Minas e Hidrocarburos. Dirección de Geología. Bol. Geol. Publ. Especial N°4.
- Malagón, D. 1979.- Fundamentos de mineralogía de suelos. Tomos I y II. Serie Suelos y clima. SC: 36. CIDIAT. Mérida, 737 p.
- , 1982.- Caracterización de suelos. Interpretación integral en función de su evolución. Series: Suelos y Clima. SC. 55 CIDIAT. Mérida, 200 p.
- Mehra, O. y L.M. Jackson. 1960.- Iron oxide removal from soil and clays dithionite citrate systems buffered with sodium bicarbonate. In Clays and Clays minerals. Proc. 7th. Conf. Natl. Acad. Sci. Natl. R. p. 317-327.
- Millot, G., 1964.- Géologie des argiles. Masson et cie Editeurs. Paris.
- , 1979.- La arcilla. Investigación y Ciencia. N°33. España.
- Ministerio de Energía y Minas, 1981.- Mapa Geológico de la Región de Mérida.
- Monasterio, M. y S. Reyes, 1980.- Diversidad ambiental y variación de la vegetación en los páramos de Los Andes Venezolanos. Estudios ecológicos de los páramos andinos. Universidad de los Andes. Mérida. p: 47-91.
- Pittier, H. 1972.- Geobotánica de Venezuela: Apuntaciones de Henry - Pittier. Caracas. Ed. MonteAvila.
- Plá, I. 1977.- Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en áreas tropicales. Universidad Central de Venezuela. Fac. de Agronomía. Maracay, 112 p.

- Ponte, R. .- Procedimiento para la utilización del sistema de clasificación de W. Koeppen para la formulación del clima de una región. Univ. de los Andes. Fac. Ciencias Forestales. - Esc. de Geografía. Cátedra de Climatología. sin fecha. (Mi-meogr.) 12 p.
- Runge, E. 1973.- Soil development sequences and energy models. Soil. Sci. 115, 183-193.
- Sarmiento, G; M. Monasterio; A. Azócar; E. Castellanos y J. Silva. 1971.- Estudio integral de la cuenca de los ríos Chama y Capazón. Sub-proyecto III. Vegetación natural. Inst. Geografía y conservación de los recursos naturales. Escuela de Geografía, ULA.
- Sánchez, J. y J. Comerma 1982.- Temperatura del suelo en estaciones experimentales del Fonaiap. VII Congr. Venezolano de la Ciencia del Suelo. San Cristóbal. 5 p.
- Sawhney, B.L. 1977.- Interstratification in layer silicates. Minerals in soil environments. Edited by J.B. Dixon and S.B. Weed. Soil Sci. Soc. of America, Madison. p: 405-434.
- Segalen, P. 1964.- Le fer dans le sols. O.R.S.T.O.N. París. p. 37-48.
- Smeck, N. y E. Runge 1971.- Phosphorus availability and redistribution in relation to profil development in an illinois landscape - segment. Proc. Soil Sci. Am., 35, 952-959.
- Soil Conservation Service 1967.- Soil Survey Laboratory Methods and - Procedures for collecting soil samples. Soil Survey Inv. Rep. N°1, USA.
- Soil Survey Staff 1975.- Soil taxonomy. Agriculture Handbook N°436. Soil Conservation Service USA. 754 p.
- Steinhardt, U. y H. Fassbender, 1981.- Características y composición química de las lluvias de los Andes Occidentales de Venezuela Turrialba: Vol. 29 N°3, p: 175-182.
- Thorez, J. 1976.- Practical identification of clay minerals. A handbook for teachers and students in clay minealogy. Editions G. Lelotte, Dison, Belgique.

- Tranarg, 1973.- Estudio preliminar de recursos naturales de la región Chama-Mocoties. Estudio agrológico a nivel de gran visión. (1:250.000).
- Tricart, J. 1972.- Landforms of the humid tropics, forest and savannas. Longman Group Limited. London.
- Urriola, P. 1974.- El valor "r" como contribución a la datación relativa de depósitos aluviales. III Congr. Venezolano de la Ciencia del Suelo, Mérida.
- Useche, A. 1972.- Geología de la región de La Azulita. Min. de Minas e Hidrocarburos. División de Exploraciones Geológicas. 82 p.
- Valcarcel, R. 1982.- Clasificación y mapeo de sitios en la Estación Experimental de San Eusebio basada en criterios físico-hidrológicos del suelo. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Volobuev, V. 1964.- Ecology of soils. Israel Programs for Scientific Translations. Jerusalem.
- Weaver, C. 1956.- The distribution and identification of mixed layer clays in sedimentary rocks. The American Mineralogist 41: 202-221.
- Young, G.A.; A. Bellizia, H.H. Renz, F.W. Johnson, R.H. Robie y J. Mas Vall 1956.- Geología de las cuencas sedimentarias de Venezuela y de sus campos petrolíferos. Min. Minas e Hidrocarburos. Dirección de Geología. Pub. Especial N° 2.
- Yuan, T.L. 1959.- Determination of exchangeable hydrogen in soil by titration method. Soil Sci. V. 88. p. 164-167.
- Zinck, A. 1974.- Curso de entrenamiento en Agrología-Cidiat. Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. 107 p. División de Edafología. Dirección General de Recursos Hidráulicos. Cagua.
- Zinck, A. y O. Huber 1979.- La fragilidad de los suelos en la selva nublada de Rancho Grande-Cordillera de La Costa. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Boletín Técnico N° 34. Maracay. 15 p.







APENDICE A

FIGURA		PAGINA
A1-A6	PERFILES ESTRUCTURALES, DISTRIBUCION DE LAS RAICES Y OTRAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS ....	103-109
A.7	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 1 ....	110
A.8	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 7 ....	111
A.9	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 9 ....	112
A.10	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 10 ....	113
A.11	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 11 ....	114
A.12	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 16 ....	115
A.13	Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 22 ....	116



Leyenda de las figuras: A1 a A.6

Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

	<u>Estructura.</u> granular
	blocosa sub-angular
	blocosa angular
	prismatica
	<u>Argilaneas</u>
	<u>Grietas</u>

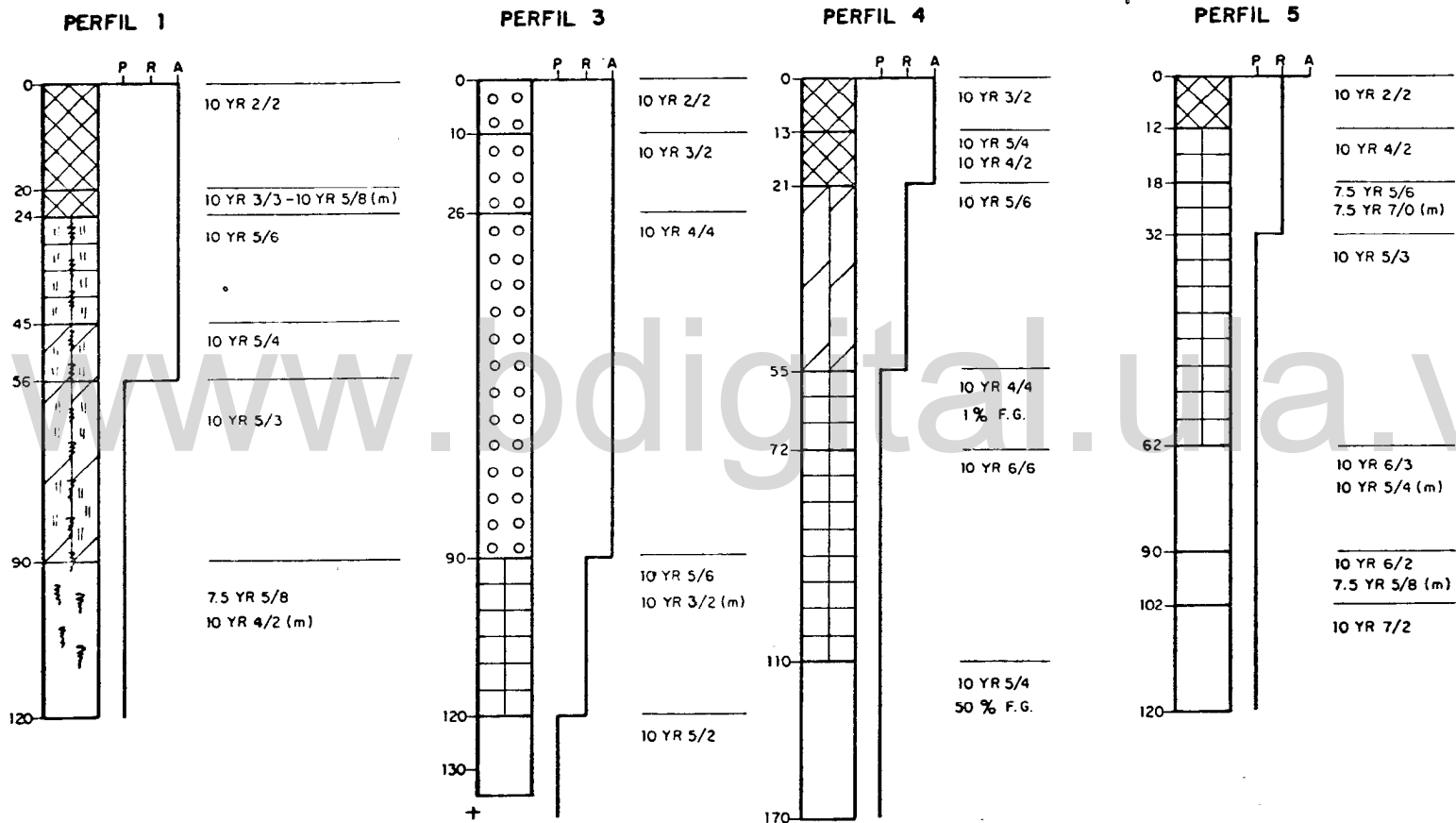
Raíces (abundancia relativa)

- P Pocos
- R Regulares
- A Abundantes

Color

(m) manchas

F.G Fragmentos gruesos (%)



**Figura A.1**  
Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

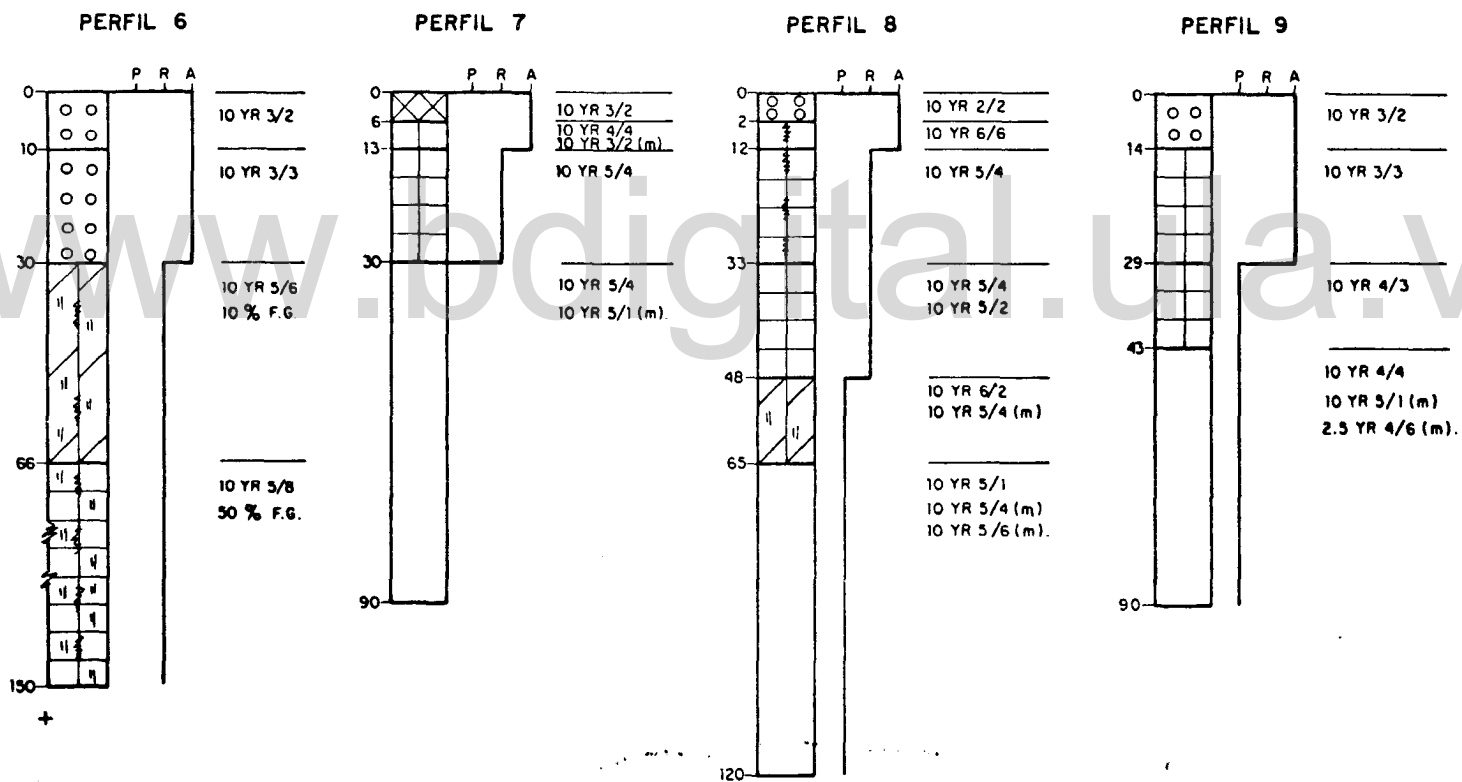
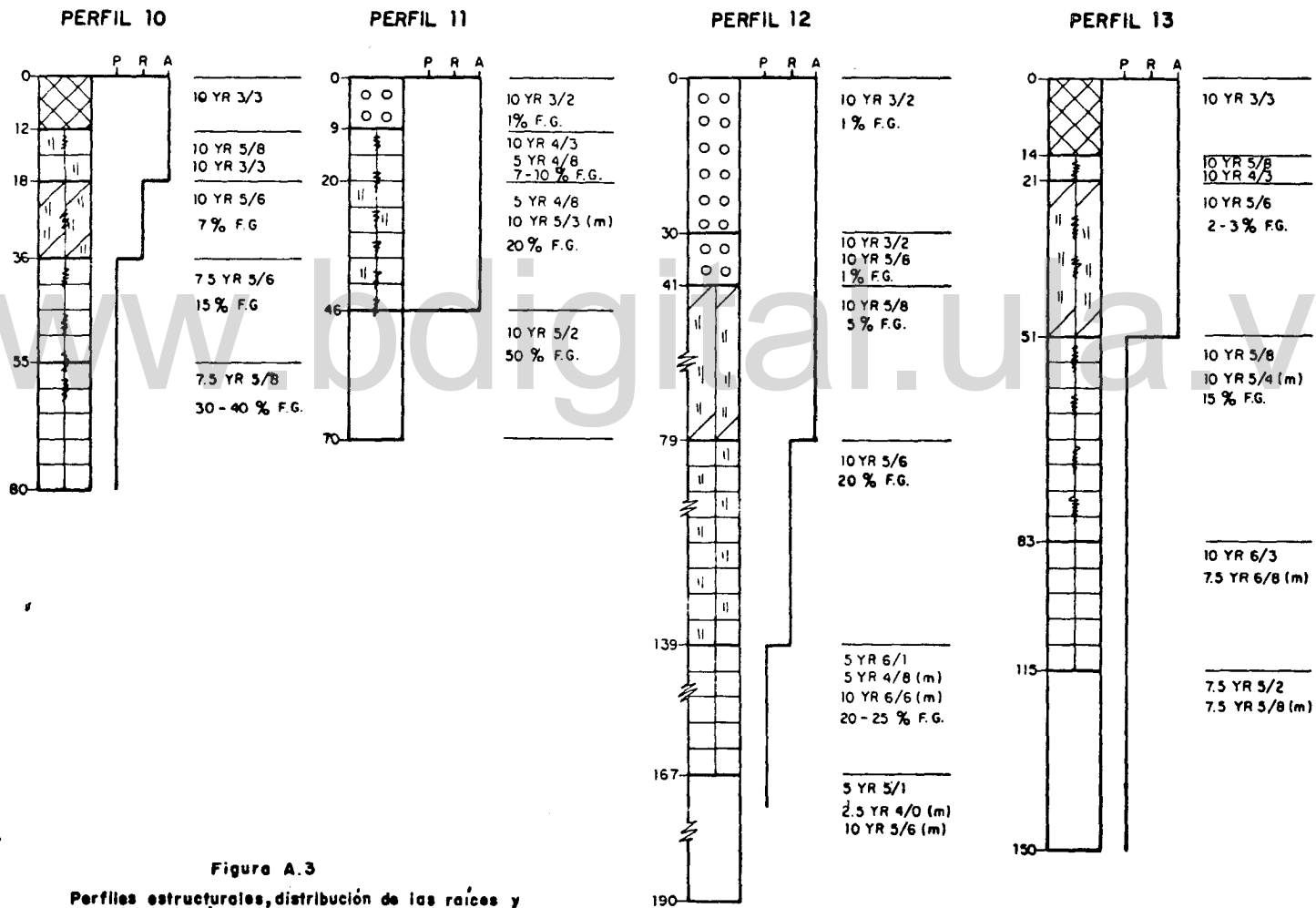


Figura A.2

Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.



**Figura A.3**  
Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

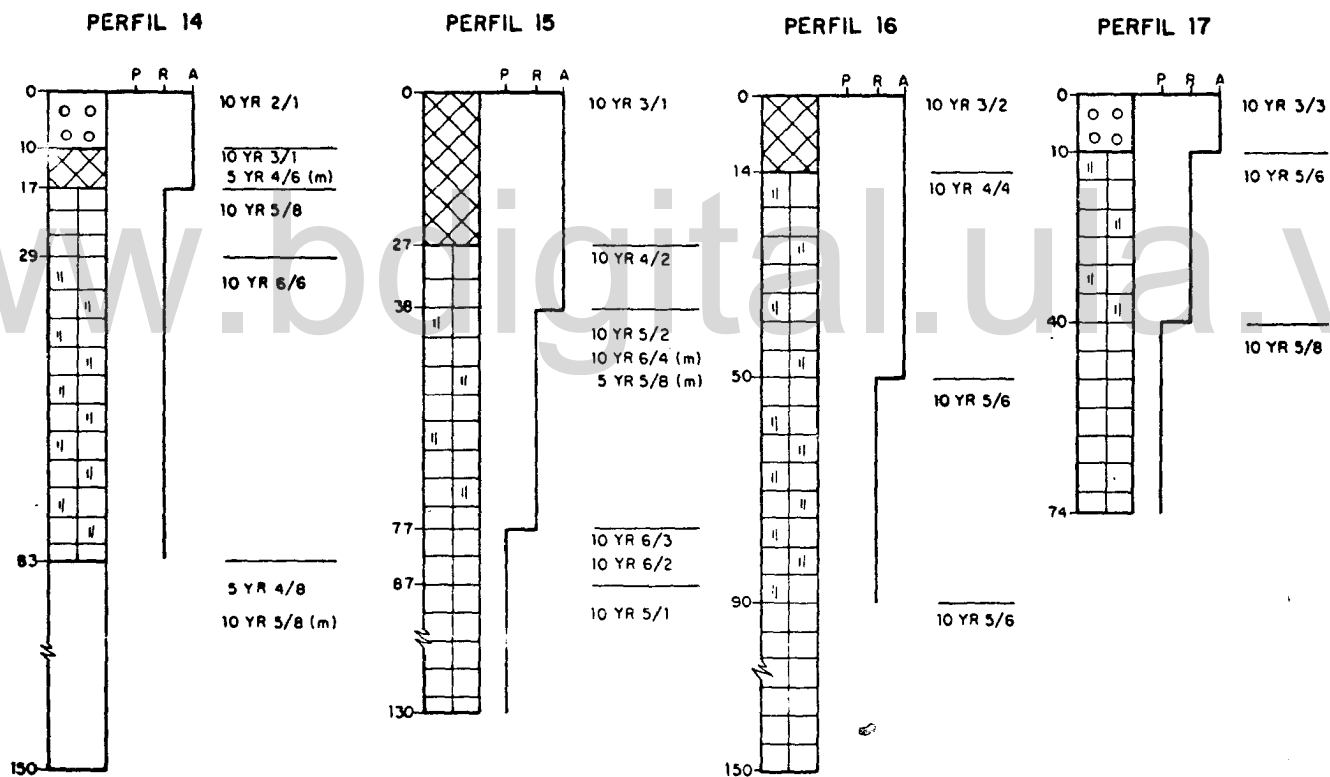


Figura A.4

Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

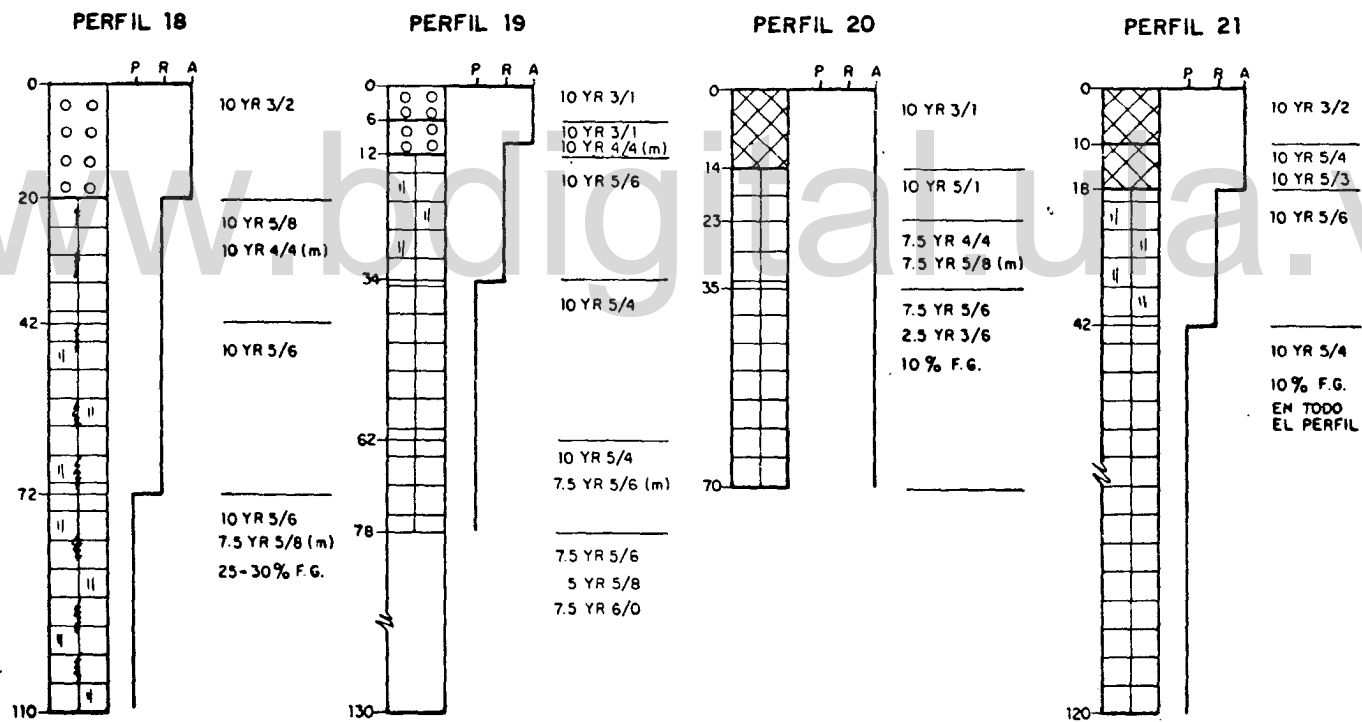


Figura A.5

Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

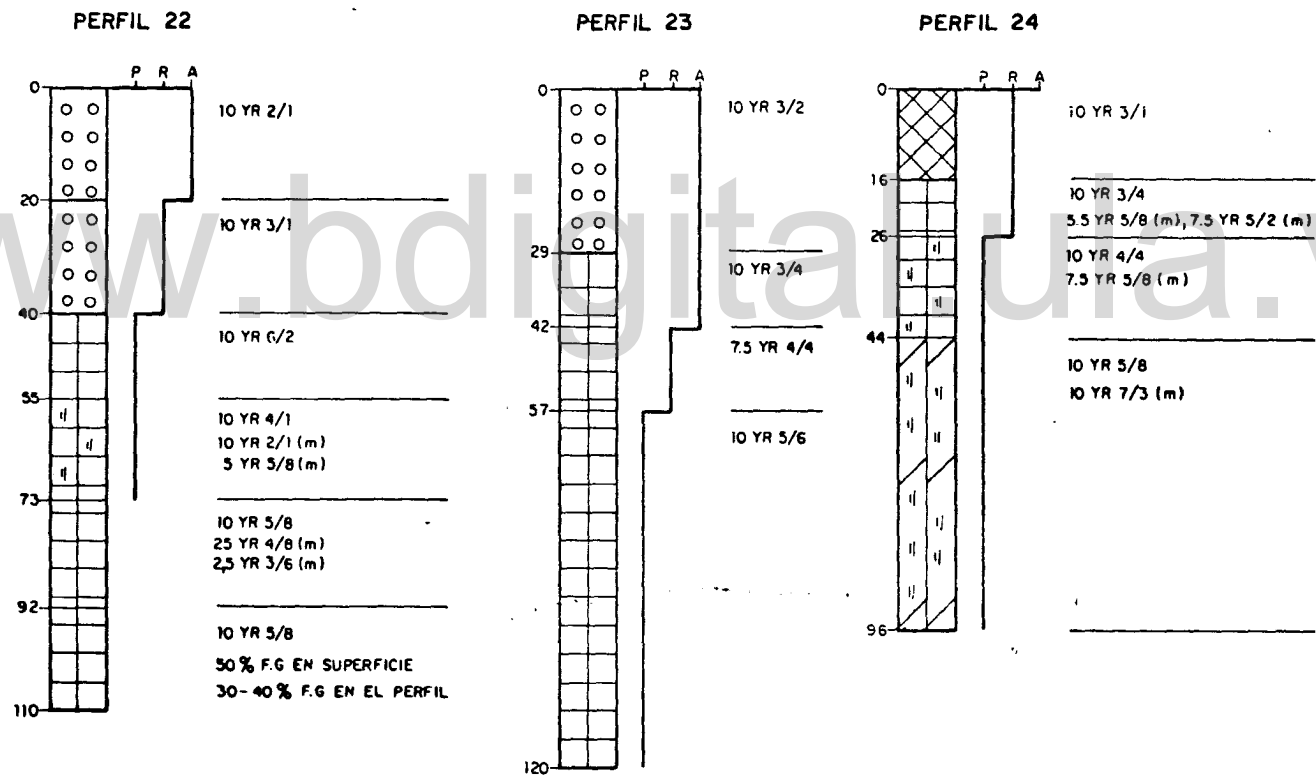


Figura A.6

Perfiles estructurales, distribución de las raíces y otras características de los suelos estudiados.

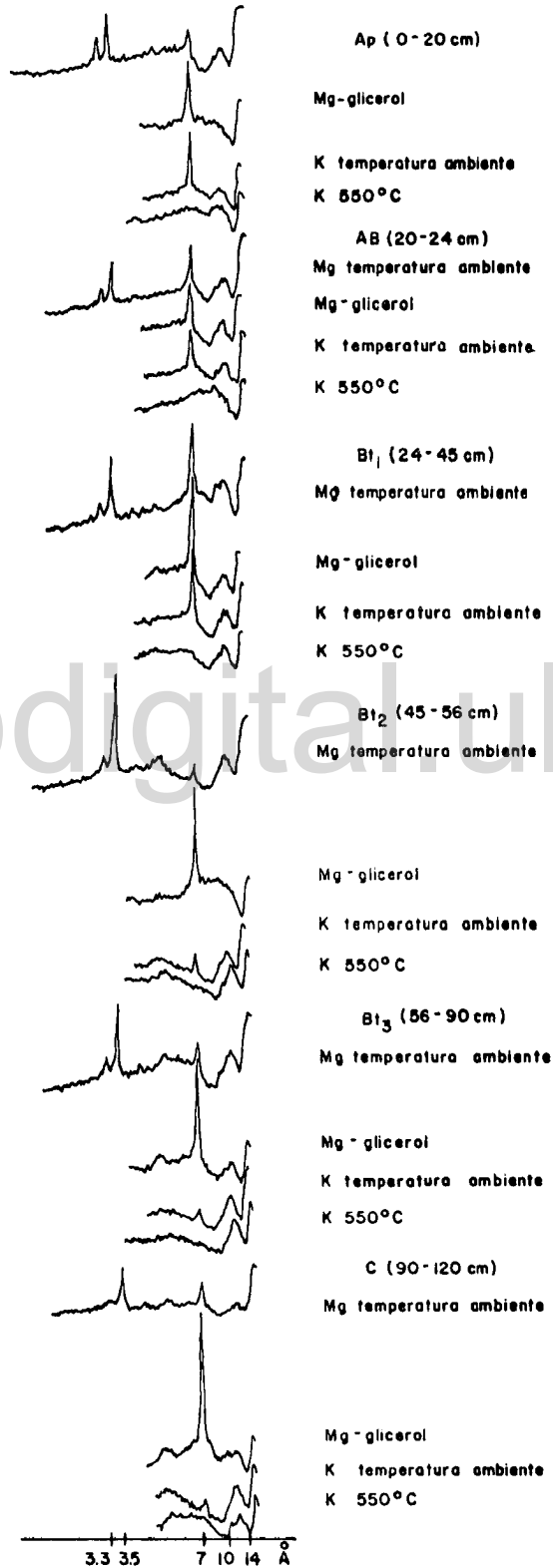


Figura A-7. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 1



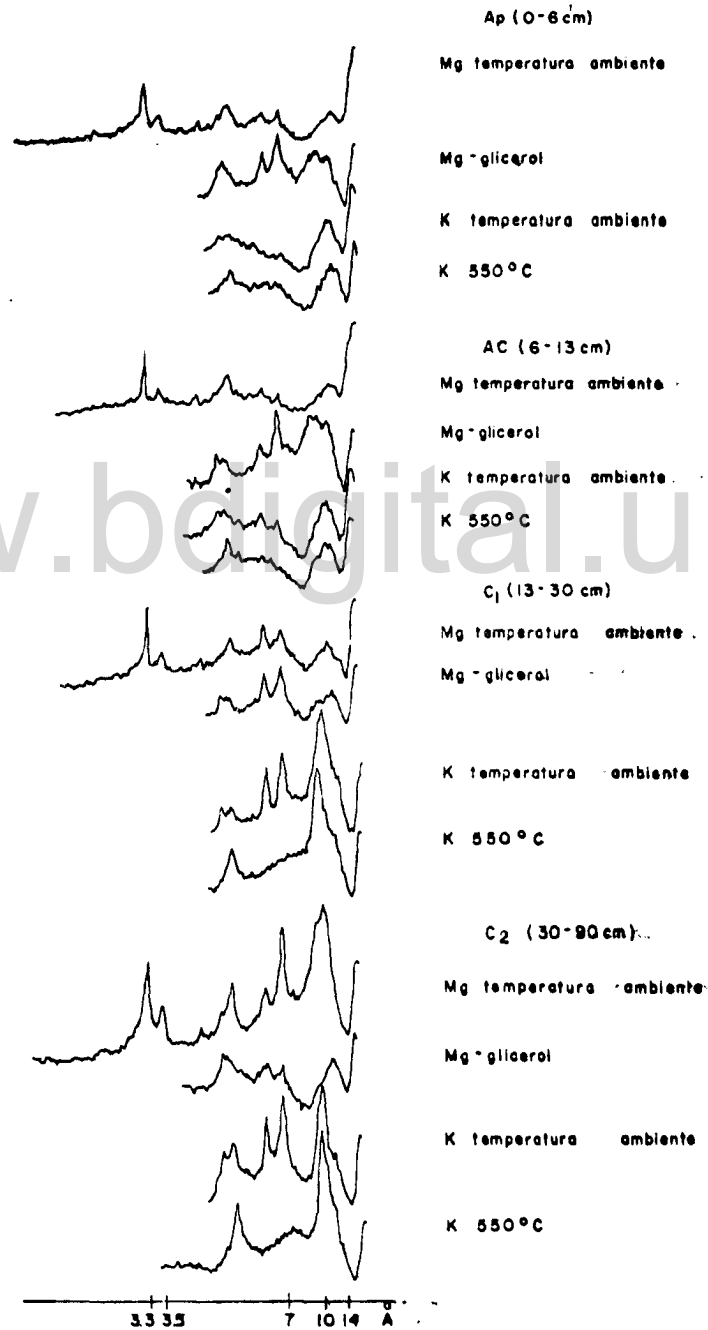


Figura A-8. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 7

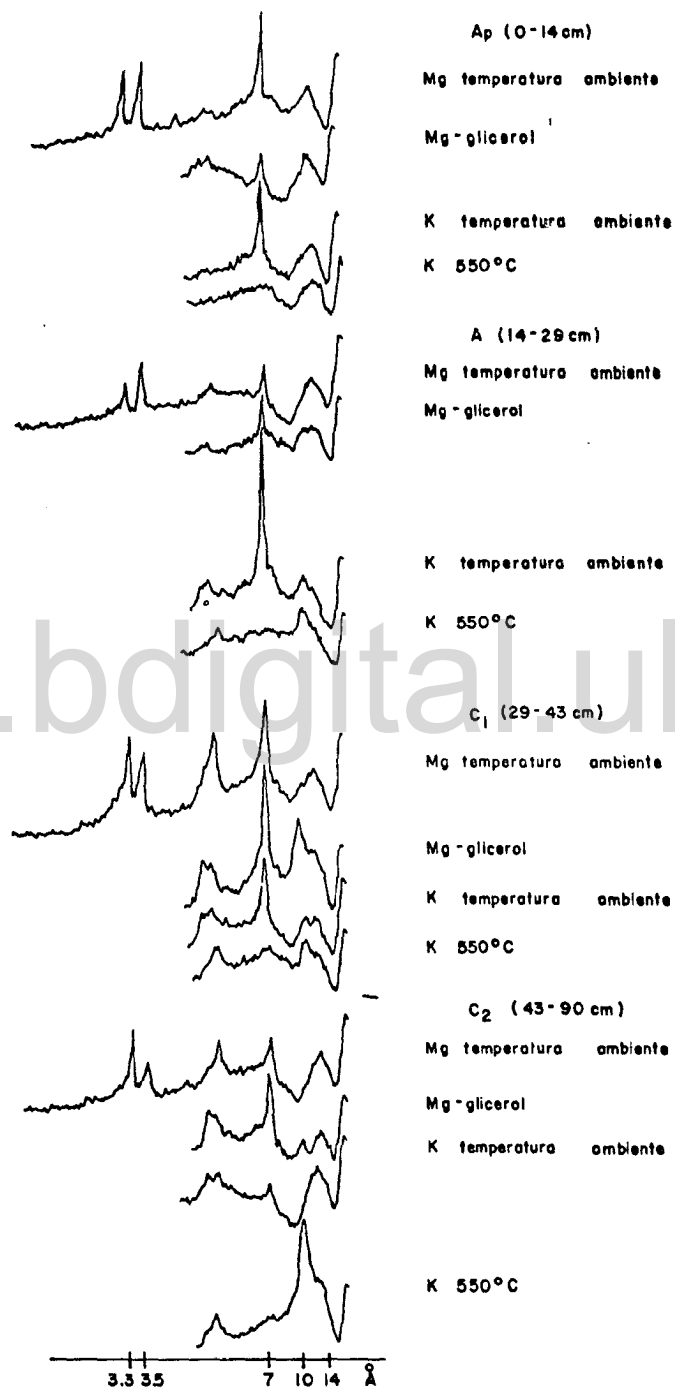


Figura A-9. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 9

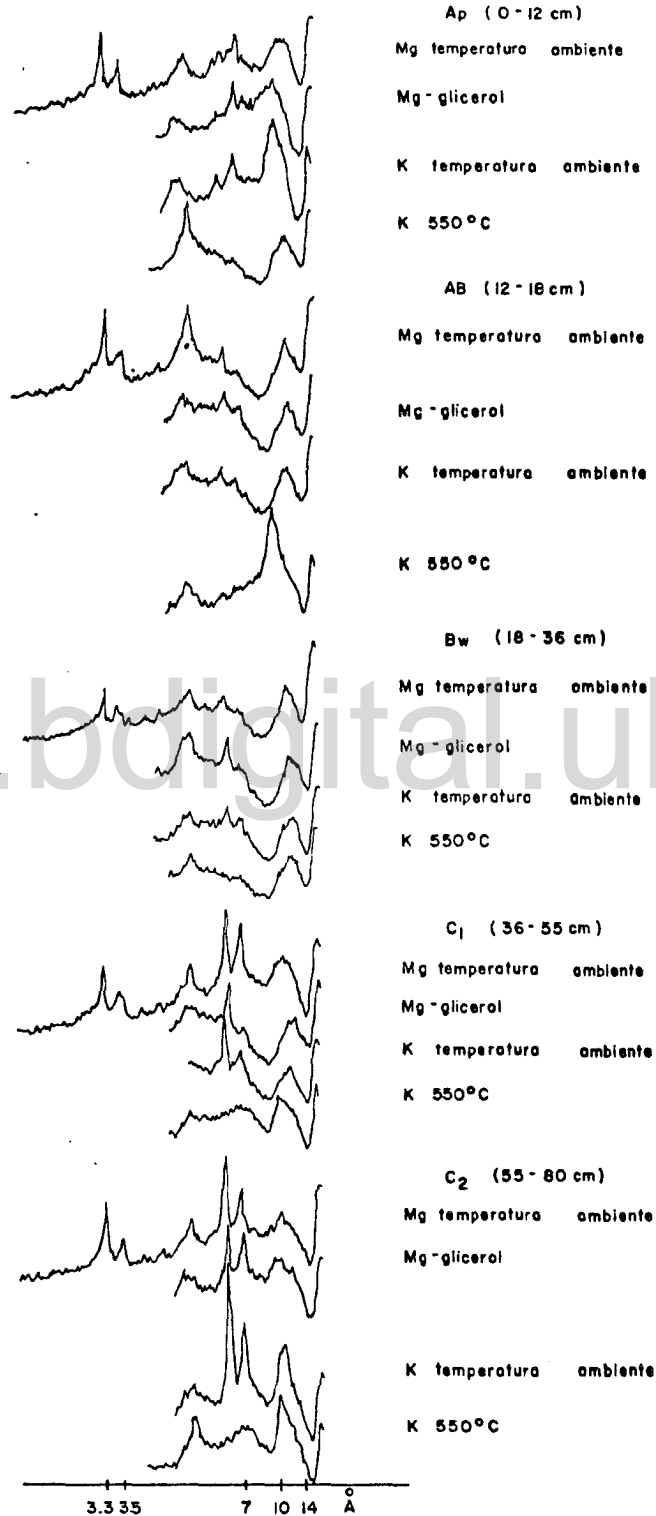


Figura A-10. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 10

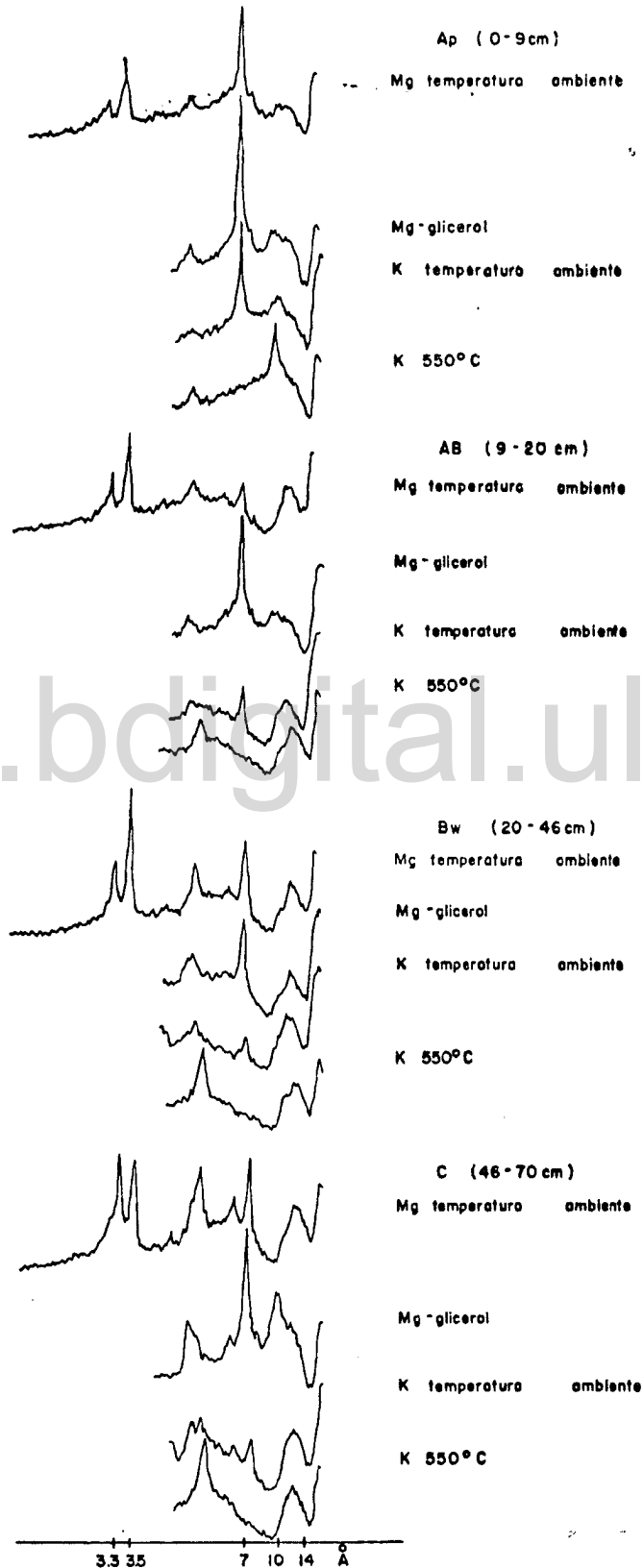


Figura A-II. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil II

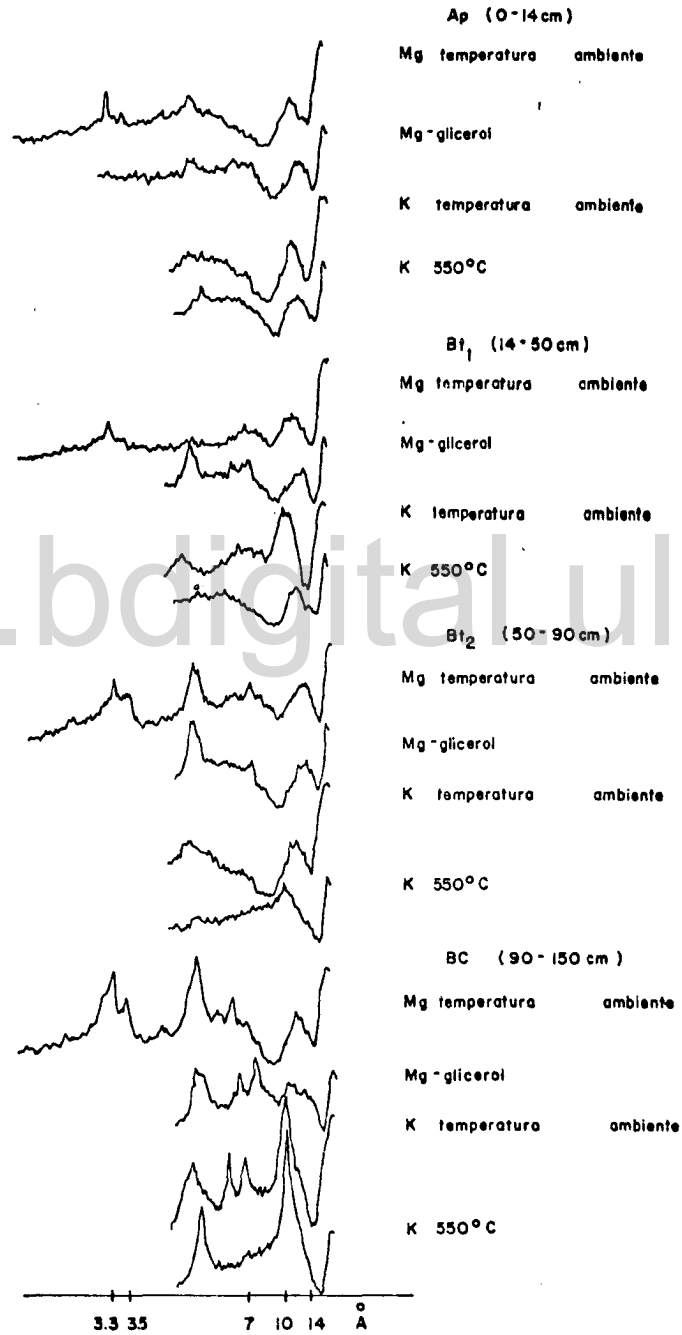


Figura A-12. Difractograma de la fracción arcilla. Perfil 16

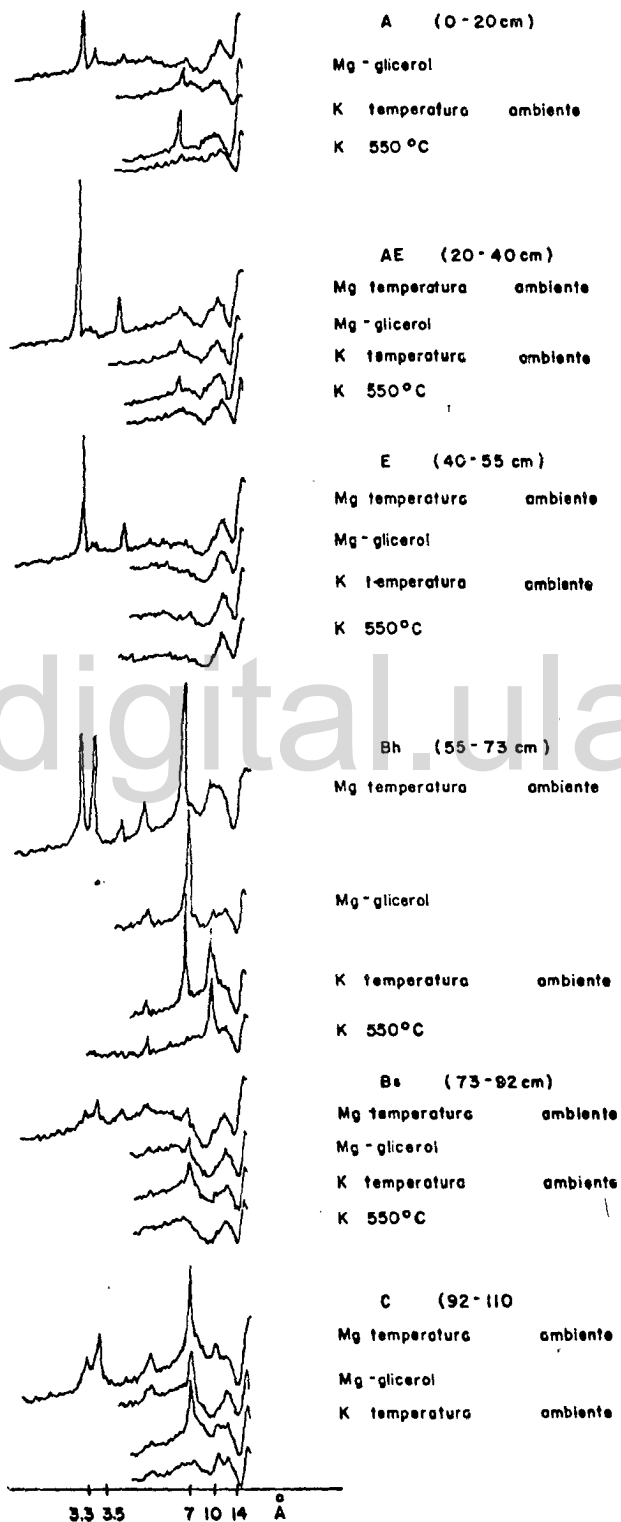


Figura A-13. Difractograma de la fracción orella. Perfil 22