

CLASIFICACION DE ALGUNOS SUELOS DE LOS ANDES VENEZOLANOS
SEGUN EL METODO NUMERICO Y LA 7a. APROXIMACION

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Juan B. Castillo

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Departamento de Fitotecnia y Suelos
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1970

CLASIFICACION DE ALGUNOS SUELOS DE LOS ANDES VENEZOLANOS
SEGUN EL METODO NUMERICO Y LA 7a. APROXIMACION

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

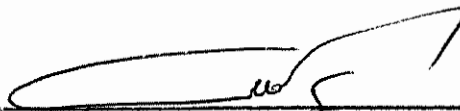
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



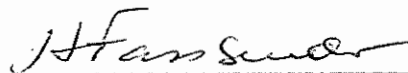
Consejero

Ellis G. Knox, Ph.D.



Comité

Gilberto Páez, Ph. D.



Comité

Hans W. Fassbender, Dr.Cien.Agrí.



Comité

Fausto Maldonado, Ing.Agr.

Junio, 1970

A la memoria de Johnny

A mi madre

A mi esposa Mercedes

A mis hijos Melvin, Guillermo,

Lilia Margarita, Ricardo y

Vladimir

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta investigación no hubiera sido posible sin la acertada orientación del Dr. Ellis G. Knox, Consejero Prin cipal y la colaboración y guía del Dr. Gilberto Páez a quienes por este medio manifiesto sincero agradecimiento.

El autor agradece también al Dr. Hans W. Fassbender la ayuda y orientación dadas a través del tiempo y las fronteras y al Ing. Agr. Fausto Maldonado su colaboración.

A profesores, colegas y amigos que en una u otra forma contri buyeron a la realización de este trabajo, muchas gracias.

BIOGRAFIA

El autor es de nacionalidad venezolana.

Realizó sus estudios universitarios en la Universidad de Costa Rica, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1943.

En 1945 realizó estudios de Conservación de Suelos y Extensión Agrícola en los Estados Unidos y en 1966 efectuó cursos de Fotointerpretación de Suelos en el Centro Internacional de Entrenamiento (ITC) en Delft, Holanda.

De 1943 a 1947 trabajó como Técnico de Area del Instituto de Asuntos Interamericanos, Costa Rica.

De 1948 a 1954 fue Jefe de la Oficina Estatal de Conservación de Suelos del Estado Mérida, Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela y Profesor de Conservación de Suelos de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Los Andes.

De 1954 a 1957 fue Jefe del Departamento de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas.

De 1958 a 1961 fue Supervisor del Instituto Agrario Nacional.

En 1961 reingresó a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, en Mérida, como Profesor de Edafología.

Realizó estudios en la Escuela de Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA durante el I Seminario para Profesores de Suelos de América Latina de enero a marzo de 1968 y reingresó en setiembre de 1969, finalizando sus estudios en junio de 1970.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Clasificación de suelos en los Andes venezolanos ...	3
2.2. Principios de clasificación taxonómica	4
2.3. La clasificación de los suelos	4
2.4. La 7a. Aproximación	5
2.5. Clasificación cartográfica de los suelos	6
2.6. La clasificación de suelos de relieve accidentado ..	6
2.7. Definición y principios de la taxonomía numérica ...	7
2.7.1. Problemas en la clasificación numérica de suelos .	8
2.7.1.1. Horizontes	8
2.7.1.2. Selección y ponderación de las características .	9
2.7.1.3. Naturaleza de las propiedades	10
2.8. La taxonomía numérica y la 7a. Aproximación	11
3. MATERIALES Y METODOS	12
3.1. Localización del estudio	12
3.2. Factores de formación de los suelos	12
3.2.1. Relieve	12
3.2.2. Materiales originarios de los suelos	12
3.2.3. Clima	14
3.2.4. Vegetación	14
3.2.5. Edad de los suelos	15
3.3. Obtención de datos	16
3.3.1. De campo	16
3.3.1.1. Suelos en la faja de 1500 a 2500 m de altitud ..	19
3.3.1.1.1. Asociación de suelos A12	19
3.3.1.1.2. Asociación de suelos A20	21
3.3.1.1.3. Asociación de suelos A60	21
3.3.1.2. Suelos en la faja de 2500 a 3400 m de altitud ..	23

	<u>Página</u>
3.3.1.2.1. Asociación de suelos B12	23
3.3.1.2.2. Asociación de suelos B20	25
3.3.1.2.3. Asociación de suelos B61	27
3.3.2. Análisis de laboratorio	27
3.4. La 7a. Aproximación como método de clasificación de suelos	29
3.4.1. Características de algunos horizontes diagnóstico	30
3.5. Métodos de la taxonomía numérica	31
3.5.1. Los índices o coeficientes de semejanza	31
3.5.2. Métodos de agrupamiento; el grupo-par	32
3.5.3. Métodos para recalcular los coeficientes de seme- janza al final de cada ciclo de agrupamiento .	34
3.5.3.1. Fórmula general de la suma de variables de Spearman	34
3.5.3.2. Método de los promedios aritméticos de Sokal y Sneath	35
3.5.4. Construcción de dendrogramas	36
3.6. Cálculo de semejanza media ponderada	41
3.7. Taxonomía numérica como método de clasificación de suelos	42
3.7.1. Transformación de los perfiles. Características usadas en la clasificación	42
4. RESULTADOS	47
4.1. Características generales de los suelos	47
4.2. Clasificación de los suelos según la 7a. Aproxima- ción	48
4.2.1. Troportmentos Típicos	48
4.2.2. Humitropeptes Típicos	50
4.2.3. Hapludolles Enticos	51
4.2.4. Clasificación a nivel de familias y series	52
4.3. Relaciones entre la clasificación según la 7a. Apro- ximación y las condiciones del clima y el relieve	52
4.4. El dendrograma y los grupos formados por la clasifi- cación numérica	53

	<u>Página</u>
4.5. Semejanza de los suelos dentro de los grupos formados por la 7a. Aproximación	59
4.6. Semejanza de los suelos dentro de las asociaciones.	61
4.7. Comparación de los resultados obtenidos por las dos clasificaciones	61
4.7.1. Comparación gráfica	61
4.7.2. Comparación de los promedios de semejanza de las agrupaciones	64
5. DISCUSION	66
6. CONCLUSIONES	72
7. RESUMEN	74
7a. SUMMARY	77
8. LITERATURA CITADA	80
APENDICES	84

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	El clima de las formaciones vegetales del área	15
2	Extensión de las asociaciones de suelos ...	17
3	Algunas características de las unidades estudiadas	19
4	Matriz de semejanza de 4 unidades, primer ciclo de agrupamiento	37
5	Valores de los coeficientes de la matriz del cuadro 4 transformados a seno inverso.	38
6	Segunda matriz con valores transformados ..	39
7	Tercera matriz con valores transformados ..	39
8	Características consideradas para la clasificación numérica	43
9	Valores asignados a algunas propiedades edáficas	44
10	Ejemplo de conversión de valores de propiedades del perfil original a un perfil estándar	46
11	Clasificación de los suelos en la 7a. Aproximación	49
12	Relaciones entre las familias de la 7a. Aproximación y la posición geomorfológica y el clima	54
13	Matriz de semejanza de los 24 suelos estudiados	55
14	Relación entre grupos "primarios" de suelos, la posición geomorfológica y el clima	58

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		<u>Página</u>
1	Mapa de Venezuela en donde se muestra la posición del área estudiada	13
2	Fotografía del valle del Chama a 2000 m de altitud.	20
3	Posición relativa de los perfiles en la asociación A12	22
4	Posición relativa de los perfiles en la asociación A20	22
5	Fotografía de un pequeño deslizamiento de paquete o tabular en la asociación A60	24
6	Posición relativa de los perfiles en la asociación A60	26
7	Posición relativa de los perfiles en la asociación B12	26
8	Posición relativa de los perfiles en la asociación B20	28
9	Posición relativa de los perfiles en la asociación B61	28
10	Ejemplo de dendrograma	40
11	Dendrograma de 24 suelos clasificados por taxonomía numérica	56
12	Dendrograma de 24 suelos clasificados en la 7a. Aproximación	60
13	Dendrogramas de los suelos de cada asociación, con indicación de los valores medios de semejanza	62
14	Relaciones gráficas de la correspondencia entre las clasificaciones de 24 suelos por el método numérico y por la 7a. Aproximación	63

1. INTRODUCCION

En el curso de las últimas dos décadas Venezuela ha experimentado cambios socio-económicos importantes: aumento notable de la población, su concentración en zonas urbanas y cierto desarrollo industrial. Estos cambios han contribuido a elevar la demanda de alimentos, energía eléctrica, agua para consumo y riego, productos forestales y sitios de recreación. Entre los numerosos proyectos de desarrollo regional que se elaboran algunos se refieren a áreas montañosas de relieve accidentado y particularmente a los Andes Venezolanos, en donde vive cerca del 10 por ciento de la población del país, estimado en la actualidad en 11 millones de habitantes.

En esta región nacen algunos de los ríos venezolanos más caudalosos, susceptibles de ser embalsados para almacenamiento de agua para consumo, riego y producción de energía eléctrica.

En los diversos pisos altitudinales andinos, una considerable variación de los factores climáticos ofrece posibilidades para la adaptación y crecimiento de gran variedad de especies agrícolas, forrajeras y forestales. Sin embargo para ello es indispensable el conocimiento de los suelos. La información existente al respecto es muy escasa.

Recientemente la Corporación de Desarrollo de Los Andes y la Universidad de Los Andes han promovido estudios de los suelos de algunas cuencas en donde se realizarían proyectos forestales, hidráulicos o de aprovechamiento integral. Entre los trabajos realizados se efectuó en 1965 el titulado "Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo" en el

Estado Mérida. Durante la ejecución de esta investigación se observó una considerable variación de las características de los suelos a cortas distancias, pero limitaciones financieras y de tiempo impidieron estudiarlas adecuadamente. Los suelos fueron clasificados solamente al nivel de series. En el mapa de los suelos las unidades cartográficas usadas fueron asociaciones constituidas por series, tipos, fases y variantes.

El presente estudio tuvo como objetivos:

- a) Relacionar variaciones edáficas con posición y características del relieve dentro de las principales asociaciones de los suelos de las cuencas altas de los ríos Chama y Santo Domingo.
- b) Clasificar los suelos por el método de la 7a. Aproximación.
- c) Clasificar los suelos según el método numérico.
- d) Comparar los agrupamientos de los suelos hechos según la clasificación por el método numérico y por la 7a. Aproximación para establecer semejanzas o divergencias.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Clasificación de suelos en los Andes venezolanos

En la región de los Andes venezolanos con una extensión que supera los 30.000 kilómetros cuadrados sólo se ha efectuado la cartografía de los suelos de pequeñas áreas. La unidad cartográfica empleada ha sido generalmente la asociación de suelos y estos se han clasificado al nivel taxonómico de series (7, 8, 9).

En un estudio de los principales suelos de Venezuela realizado por Westin (42) algunos de los suelos de la región de Los Andes fueron descritos y clasificados en la 7a. Aproximación: la serie Páramo en el Estado Mérida como Criumbrepte Entico y las series Zumbador y Bramón en el Estado Táchira como Tipocrulte Ródico y Tipumbrulte, respectivamente. Posteriormente fueron descritos y clasificados otros dos suelos, el Ureña franco arcilloso como Ortustente Ustólico y el Capacho arcilloso como Calcustol Réndico (30).

En el Mapa de las Asociaciones de Grandes Grupos de Suelos de Venezuela, segunda aproximación a escala original 1:1,000.000 los suelos de los Andes venezolanos son incluidos en dos asociaciones de grandes grupos, la 7) que incluye a suelos de Prado Alpino y suelos Esqueléticos y la 8) que incluye a suelos Esqueléticos, Afloramientos Rocosos, Suelos Podzólico amarillos, Suelos Pardos Forestales y Suelos Lateríticos Pardo Rojizos (42).

2.2. Principios de clasificación taxonómica

El propósito de cualquier clasificación es la organización del conocimiento en forma que permita resaltar las propiedades de los objetos y comprender más fácilmente sus relaciones. El proceso comprende la formación de clases por medio del agrupamiento de los objetos con base en sus propiedades (10).

Una clase es un grupo de individuos o cosas, con ciertas características comunes, capaz de ser distinguida de otras clases de la misma población. Las clases de objetos naturales no están separadas por barreras infranqueables sino que pasan gradualmente de una a otra y se pueden visualizar como grupos de individuos unidos por enlaces de fuerza variable a un núcleo central que tipifica las propiedades modales de la clase (10).

2.3. La clasificación de los suelos

La clasificación taxonómica o natural de los suelos fue imposible hasta que Dokuchaiev los reconoció, hacia 1870, como cuerpos naturales independientes, con morfología propia. El fue el autor de una primera clasificación taxonómica; luego vinieron otras, entre ellas la de Baldwin, Kellog y Thorp publicada en 1938 y revisada en 1949 (37, 38).

La clasificación de los suelos ofrece dificultades particulares entre las que se destaca el que no son cuerpos discretos, como son las plantas y animales, sino que forman un manto casi continuo, con cambios generalmente graduales. Esta característica hace necesario

establecer por definición los límites entre individuos, que pueden resultar en este sentido arbitrarios. Sin embargo, una vez establecidos se pueden localizar en el campo (37).

Las clasificaciones propuestas hasta ahora han adolecido de grandes defectos, entre los que sobresale la vaguedad de la definición de las clases. Estas deben ser definidas en una forma suficientemente precisa que permita a diversos lectores tener aproximadamente la misma imagen del suelo descrito y a diferentes edafólogos llegar a una clasificación similar del mismo cuerpo edáfico (37).

2.4. La 7a. Aproximación

Esta clasificación ha sido desarrollada con el objetivo de resolver los problemas planteados en párrafos anteriores. Según sus autores es un método de clasificación natural (37). Es decir, es un sistema en el cual las clases reúnen a individuos con muchas características en común y pocas diferencias (33). Es de categoría taxonómica múltiple: órdenes, subórdenes, grandes grupos, subgrupos, familias y series. Fue originalmente presentado en 1960 y ha sido objeto de varias revisiones. En marzo de 1967 fue publicado un suplemento (39) y otro en octubre de 1968 (40).

Las características que se usan para separar subclases en una categoría pueden ser usadas para separar las de otra categoría. La clasificación se hace por etapas, de la categoría superior a la inferior. Conforme se desciende en el sistema el nivel de generalización es menor y las clases son más homogéneas (37, 39).

2.5. Clasificación cartográfica de los suelos

La distribución espacial de los suelos se muestra en mapas, cuya función esencial es la de dividir un área geográfica heterogénea en segmentos relativamente homogéneos (20), que se denominan unidades cartográficas. La homogeneidad dentro de cada unidad cartográfica sólo se puede establecer a través de comparación de propiedades edáficas (10) y es muy variable según el tipo de levantamiento de que se trate. En los levantamientos detallados hechos en mapas a escalas grandes, no mayores de 1:20.000, la homogeneidad es grande; en mapas exploratorios o esquemáticos a escalas 1:250.000 y más, la homogeneidad es pequeña. En todo caso la unidad cartográfica debe describirse completamente, por medio de las características del o de los perfiles. Aun en mapas detallados las unidades cartográficas generalmente incluyen impurezas dentro de sus límites, las cuales deben indicarse (11).

2.6. La clasificación de suelos de relieve accidentado

En terrenos accidentados y de fuerte pendiente las partículas, agregados y masas de suelo se mueve por erosión, rodamiento, reptación y deslizamientos de diversas formas y magnitudes. En este movimiento son detenidos, por lo menos temporalmente, por pequeños o grandes accidentes del relieve (27). Tanto el movimiento como la acumulación provocan cambios en los perfiles del suelo a distancias relativamente cortas, de modo que al tratar de aplicarles los principios de clasificación y cartografía antes mencionados se encuen-

tran problemas especiales (27). Para la representación cartográfica de estos suelos, con unidades homogéneas, se requerirían mapas a escala cercana 1:1 (20) y un número de unidades cartográficas imposible de usar en la práctica. Una solución al problema cartográfico de suelos con estas características la ofrecen las asociaciones y complejos de suelos (38).

El problema taxonómico es más difícil de resolver. Knox (19) ve una posibilidad de resolverlo con la creación de algún tipo de unidad de paisaje, pero reconoce que por el momento eso presenta dificultades infranqueables.

2.7. Definición y principios de la taxonomía numérica

La taxonomía numérica ha sido definida como la evaluación numérica de afinidades o semejanzas entre unidades taxonómicas y el ordenamiento de clases de estas unidades con base en sus afinidades (33).

Las ideas en que se basa la taxonomía numérica han sido resumidas por Sarkar, Bidwell y Marcus (32) en la siguiente forma:

- a) La taxonomía ideal es aquella en la que los taxa tienen el mayor contenido de información de las características.
- b) En la definición de clases naturales todo carácter tiene igual peso.
- c) La semejanza total es una función de la proporción en propiedades comunes.

d) La afinidad se trata independientemente de la historia de la evolución de una especie o grupo, es decir, de su filogenia.

Las principales ventajas del método parecen ser su repetibilidad y objetividad. El uso amplio de medidas cuantitativas debe aumentar notablemente la exactitud de la taxonomía (16).

La clasificación numérica se aplica a organismos individuales.

2.7.1. Problemas en la clasificación numérica de suelos

La clasificación numérica de suelos está sujeta a problemas particulares:

2.7.1.1. Horizontes

La mayoría de los suelos tienen grados diversos de anisotropía (31) manifestada por desarrollo variable de horizontes, que pueden ser considerados como cuerpos isotrópicos (19). Al aplicar clasificación numérica a los suelos se plantea el problema de cuáles horizontes se van a comparar. Rayner (26) ha comparado cada horizonte contra todos los horizontes de los demás suelos, lo que constituye una apreciable pérdida de tiempo pues muchas de estas comparaciones, aunque fuesen significativas, no tienen ningún valor práctico (15).

Aunque lo más sencillo sería comparar horizonte A con A, B con B y C con C ello tiene un número de problemas señalados por Grigal y Arneman (15), entre los que se destaca la subjetividad de las denominaciones. Estos autores han comparado cada horizonte de un

suelo con tres del otro suelo, uno a similar profundidad y los otros dos arriba y abajo del primero. La objeción que ellos hacen al método de Rayner (26) se le puede hacer al de ellos, aunque en menor escala.

Otra solución sería la comparación de horizontes que se presentan a la misma profundidad pero la erosión superficial y la variación en espesor de horizontes que por lo demás pueden ser similares limitan el valor de las comparaciones (15).

Los problemas presentados por la anisotropía de los suelos no existen o son muy pequeños en suelos sin diferenciación de horizontes o en la que ésta es muy débil. En tales suelos la taxonomía numérica es fácilmente aplicable (31).

A pesar de todos los problemas que los horizontes presentan, se considera que el énfasis puesto tradicionalmente en su arreglo y propiedades individuales pueden ser la clave para una clasificación numérica lógica (15, 31).

2.7.1.2. Selección y ponderación de las características

Dos métodos han sido utilizados en la selección de las características a usar en la clasificación numérica. Sarkar, Bidwell y Marcus (32) por medio de correlación redujeron el número de propiedades a considerarse desde 61 hasta 22. Su conclusión fue la de que un gran número de características no seleccionadas puede no ser mejor que un número mucho menor seleccionado por ese método. Con el mismo fin Arkley (1) ha usado análisis factorial (factor

analysis) para 220 suelos de California; por este medio seleccionó 6 factores definidos por 19 propiedades con base en coeficiente de correlación altos entre las propiedades de cada factor y alta covariancia del mismo con las demás propiedades no incluidas en los otros factores. Los factores definidos fueron: reacción del suelo; desarrollo del perfil; matiz y pureza del color; intensidad del color, consistencia; profundidad; y moteado. El autor encontró que este enfoque de la clasificación morfológica de los suelos tiene posibilidades para desarrollo futuro.

El fin de la selección de propiedades es evitar dar peso indebido en la clasificación a grupos de características altamente correlacionadas como puede suceder, por ejemplo, con el porcentaje de arcilla y la capacidad de intercambio catiónico. El problema surge también cuando se usan características a nivel primario y secundario, como presencia de moteados por un lado y su clase y grado por otro (15).

2.7.1.3. Naturaleza de las propiedades

Las características utilizadas en la descripción de los suelos pueden ser de diversa naturaleza (26).

- a) dicótomas, como presencia o ausencia de concreciones de hierro;
- b) sin rango con varios estados, como el tipo de estructura;
- c) con rango y varios estados, como tamaño de los elementos estructurales (peds);

d) de variación continua como el porcentaje de saturación de bases.

Para poder usar estas propiedades en la clasificación numérica deben primero hacerse comparables directamente (15). Ello se logra por medio de transformación lineal o por normalización. La transformación lineal consiste en dar valores en una escala de 0 a 100 o de 0 a 1 a todas las propiedades. En cada propiedad se determinan los valores mínimo y máximo y se les atribuye valor 0 y 1 ó 100, según el caso, respectivamente. Los intermedios entre el mínimo y el máximo reciben un valor proporcional en la escala (16). La normalización consiste en considerar la población de datos para cada característica con una distribución normal, con media cero y 1 de variancia, en tal forma de eliminar las dimensiones originales y transformar todas las medidas a una sola escala (31). Ambos procedimientos resultan óptimos con datos continuos, no funcionan tan bien con datos con rango y varios estados y trabajan mal con datos dicótomos o sin rango y con varios estados (15).

2.8. La taxonomía numérica y la 7a. Aproximación

Grigal y Arneman (15) compararon 5 diferentes tipos de clasificación numérica basadas en diversos conjuntos de características con los resultados de una clasificación no numérica, la 7a. Aproximación. Las 5 clasificaciones numéricas resultaron más altamente correlacionadas entre sí que con la hecha por la 7a. Aproximación. Los autores consideran lógico el resultado en vista de los diferentes conceptos en que se basan una y otra clasificaciones.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del estudio

Este estudio se realizó en suelos de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo en la sección central de los Andes venezolanos, Estado Mérida, lugar situado entre los $8^{\circ}32'$ y los $8^{\circ}57'$ de latitud Norte y los $70^{\circ}36'$ y $71^{\circ}09'$ de longitud Oeste. Su posición dentro de Venezuela se puede apreciar en la Figura 1.

3.2. Factores de formación de los suelos en el área

3.2.1. Relieve

El relieve es muy accidentado. En el sentido longitudinal en el valle del Chama se asciende desde 1500 m de altitud cerca de la ciudad de Mérida hasta 4118 m en el Pico del Aguila, una diferencia en altitud de más de 2600 m, en sólo 50 kilómetros de distancia. En el sentido transversal al eje principal del valle se pasa de los mismos 1500 m en el fondo a 5007 m en el Pico Bolívar; esto significa una diferencia de altitud de algo más de 3500 m en una distancia de 17 kilómetros. Condiciones similares predominan en la cuenca del río Santo Domingo.

Las principales formas del relieve son las vertientes largas y de pendiente pronunciada, superior a 40 por ciento. En los fondos del valle se encuentran acumulaciones de materiales en forma de conos de deyección, conos-terrazza y terrazas, con pendiente relativamente suaves, entre 10 y 20 por ciento.

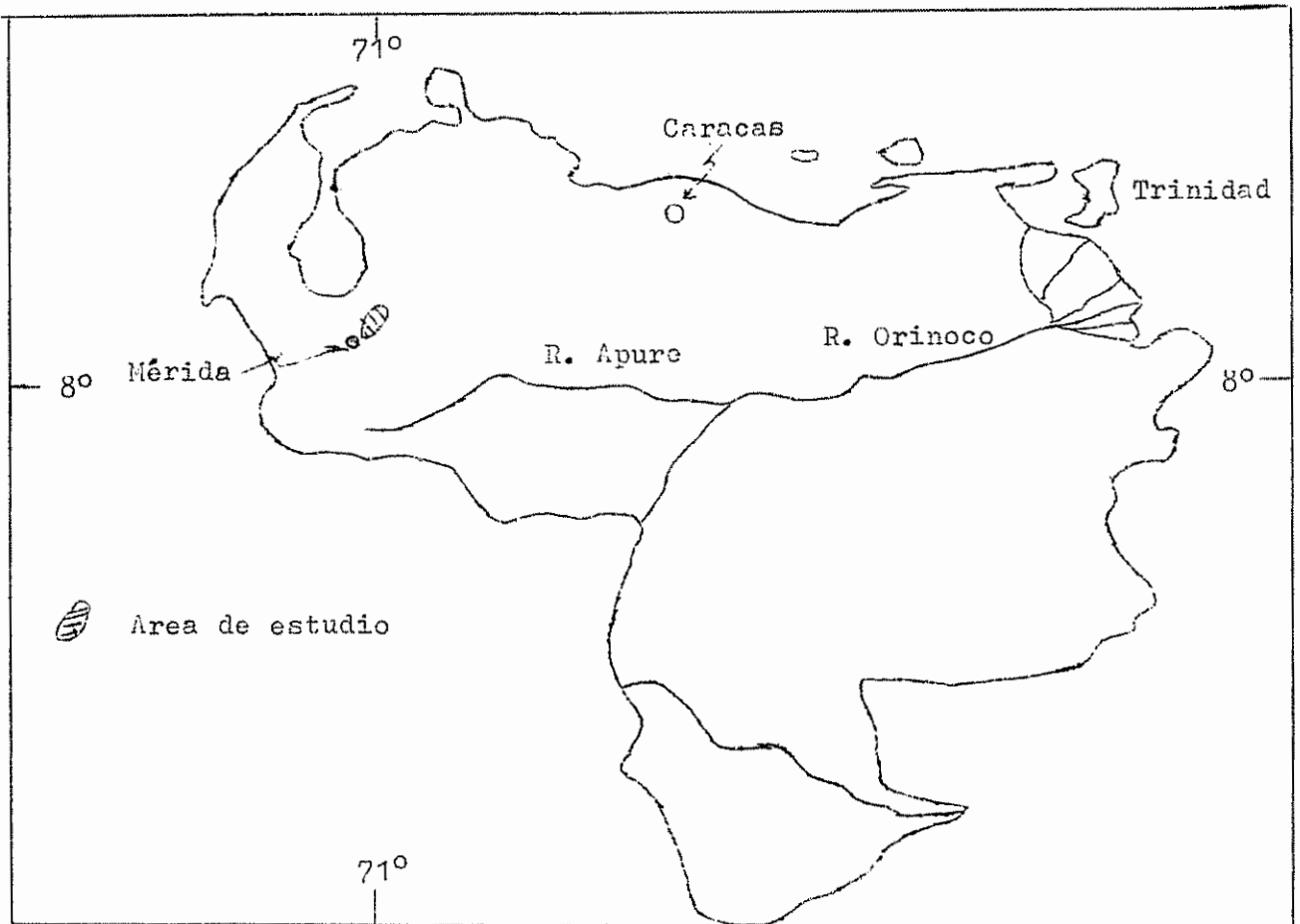


Fig. 1. Mapa de Venezuela en que se indica la localización aproximada del área de estudio.

3.2.2. Materiales originarios de los suelos

En las vertientes los materiales originarios de los suelos pueden ser considerados sedentarios, aunque hayan sido movidos a relativa corta distancia. Están constituidos principalmente por granitos y neises. En los conos de deyección y terrazas los materiales de partida son aluviales y coluvio-aluviales, transportados y depositados por las diversas corrientes de la región.

3.2.3. Clima

Las fuertes variaciones altitudinales producen cambios climáticos considerables a cortas distancias. Chaves (13) utilizando el sistema de Köppen ha clasificado el clima del área de estudio en la forma que sigue:

a) Cuenca del Chama

- i) 1500 a 2500 m de altitud Cf(w^u) bivn. Clima de Selva nublada
- ii) 2500 a 3400 m de altitud, Cw(w^u) big. Clima del Alto
- iii) 3400 a 3600 m de altitud, ETCH. Clima de Páramo
- iv) Más de 3600 m EBH. Clima Nevado de cumbres montañosas

- b) El clima de la cuenca del Santo Domingo solo presenta ligeras variables con el de la cuenca del Chama.

3.2.4. Vegetación

Los cambios de vegetación son paralelos a los cambios climáti-

cos. La correlación clima-vegetación se muestra en el Cuadro 1 y se hace en referencia a la clasificación de zonas ecológicas de Holdridge y la de vegetación de Pittier (8).

Cuadro 1. El clima y las formaciones vegetales del área.

Clima según clasificación de Köppen	Altitud	Formaciones vegetales. Clasificación de:	
		Holdridge	Pittier
Cf(w ⁱⁱ) bivn	1500-2500	Bosque húmedo montano bajo	Selva nublada
Cw(w ⁱⁱ) big	2500-3400	Bosque húmedo montano al to y maleza subalpina	Matorral andino
ETCH	3400-3600	Tundra húmeda	Páramo
EBH	Más de 3600 m	Formación nevada	

3.2.5. Edad de los suelos

Bajo condiciones de relieve tan accidentado y pendientes tan fuertes, los suelos están sujetos a un activo proceso de rejuvenecimiento: en las vertientes por el movimiento de los materiales superficiales hacia abajo, con truncamiento del perfil y el acercamiento de los materiales originarios a la superficie y en los fondos de valle y en los pedimentos por el aporte de materiales desde arriba y enriquecimiento por infiltración. Solamente algunos suelos formados en restos de terrazas del Pleistoceno presentan menor influencia de estos procesos y por lo tanto perfiles más desarrollados,

relativamente.

3.3. Obtención de datos

3.3.1. De campo

Las condiciones muy variables de los factores que influyen en la formación del suelo producen variaciones en sus características. De ahí surge la gran variación de las clases de suelo aun a distancias de pocos metros. Esto ocasiona problemas en la cartografía edáfica y en la clasificación taxonómica.

Las muestras se eligieron considerando:

- a) importancia en cuanto a uso y extensión de las asociaciones de suelos del estudio de los Valles del Chama y del Santo Domingo (8);
- b) variaciones de los suelos asociadas con el mesorelieve o la posición dentro de cada unidad.

El uso más intensivo de la tierra tiene lugar entre los 1500 y los 3400 m de altitud. Por ello se seleccionaron muestras en las fajas de 1500 a 2500 m y de 2500 a 3400 m de altitud. Las muestras de la primera faja se eligieron cerca de los 2000 m y las de la segunda en los alrededores de los 3000 m de altitud, de tal manera de tener un verdadero estrato.

La extensión de las asociaciones se puede apreciar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Extensión de las asociaciones de suelos de las cuencas altas de los ríos Chama y Santo Domingo entre 1500 y 3400 m de altitud (8)^{1/}

Nombre	Extensión Has	%	Nombre	Extensión Has	%
De 1500 a 2500 m altitud:			De 2500 a 3400 m altitud:		
A11	921	4,03	B10	136	0,41
A12	1378	6,03	B11	799	2,39
A13	962	4,21	B12	1269	3,79
A20	657	2,88	B13	106	0,32
A21	726	3,18	B17	2041	6,10
A30	88	0,39	B18	153	0,47
A50	901	3,94	B20	90	0,27
A51	1149	5,03	B21	61	0,18
A60	10577		B30	374	1,12
A61	4880	63,26 ^{2/}	B50	1721	5,14
A62	800	3,55	B51	1335	3,99
A70	81	0,35	B60	16459	64,74 ^{2/}
AR ^{3/}	644	2,81	B61	5228	
P ^{3/}	77	0,34	B62	984	2,95
			AR	2721	8,13
Total A: 22.841 100%			Total B: 33.477 100%		

^{1/} Al área total, incluyendo la faja arriba de 3400 que tiene una extensión de 49482 Has es de 105800 Has.

^{2/} Las asociaciones A60-A61 y B60-B61 se consideran en conjunto.

^{3/} AR: afloramientos rocosos; L: lagunas.

Las más extensas son las combinaciones de A60-A61 y B60-B61 que incluyen suelos en la misma posición geomorfológica, desarrollados de materiales de partida con la misma composición mineralógica y diferenciadas solamente por un contenido ligeramente mayor de arcilla en los suelos de A61 y B61 en relación a sus compañeras.

Las asociaciones con uso más intenso son las formadas en conos de deyección y terrazas. En ellas se asientan las principales poblaciones de la región y en las áreas dedicadas a cultivo se aplican métodos agrícolas modernos: preparación de la tierra con maquinaria, riego por aspersión, fertilización química y orgánica, y control de enfermedades e insectos en siembras de papas, hortalizas y flores. Por lo tanto se eligió en cada faja, además de la asociación en vertiente, una representante de los conos de deyección y otra de las terrazas. Las asociaciones estudiadas y sus características más destacadas se muestran en el Cuadro 3. Todos los suelos son bien drenados.

Por medio de observaciones previas y nuevas exploraciones con barreno y pala se concluyó que 4 perfiles en cada unidad eran suficientes para revelar las principales variaciones. En total se estudiaron 24 perfiles. Se tomaron muestras de los horizontes identificados para análisis de laboratorio.

Las descripciones de los perfiles se hicieron siguiendo las normas indicadas por FAO (14) y el color se determinó en húmedo en el campo y en seco en el laboratorio por medio de la Tabla de Munsell (22). En cada caso se efectuó una estimación del porcentaje

del área de la unidad edáfica que cada perfil representa.

Cuadro 3. Algunas características de las unidades estudiadas.

Asociación de suelos	Altitud m.s.n.m.	Posición geomorfológica	Pendiente %	Clases de rocas dominantes
A12	2000	Cono de deyección	21	Neises y poco granito
A20	Id.	Terraza	12	Neises, poco granito, poco esquisto
A60	Id.	Vertiente	55	Id.
B12	3000	Cono de deyección	19	Id.
B20	Id.	Terraza	8	Id.
B61	Id.	Vertiente	40	Id.

3.3.1.1. Suelos en la faja de 1500 a 2500 m de altitud

3.3.1.1.1. Asociación de suelos A12

Son suelos bien drenados formados a partir de materiales depositados en el Holoceno (36) en forma de conos de deyección. Las principales variaciones están asociadas con enterramientos de perfiles, que en general no siguen un patrón definido.

La pedregosidad superficial obliga a una labor de despiedre previa al uso intensivo. La piedra a menudo es usada para la construcción de muros al contorno, como se puede apreciar en la fotografía de la Figura 2.



Fig. 2. Fotografía del valle del Chama a 2000 m de altitud. Las vertientes son largas y con fuertes pendientes. En el fondo del valle hay acumulación de materiales.

La distribución de los perfiles en la unidad se muestra en la Figura 3. Cada uno de ellos representa aproximadamente un 25 por ciento del área de la unidad.

Estos suelos son usados para cultivos hortícolas intensivos.

3.3.1.1.2. Asociación de suelos A20

Son suelos bien drenados a partir de materiales depositados en el Pleistoceno y que actualmente forman terrazas.

Los perfiles se ubicaron en la forma que se ilustra en la Figura 4.

Los perfiles estudiados presentan la siguiente distribución:

Perfil 9, parte alta, 30 por ciento del área

" 10 " baja, 25 " " " "

" 11 " alta, 15 " " " "

" 12 " baja, 30 " " " "

Estos suelos fueron usados en el pasado casi exclusivamente para pastoreo de ganado bovino, con ocasionales siembras de maíz o papas. En la actualidad se está fomentando en ellos el cultivo de hortalizas con métodos modernos de agricultura. En donde hay pastos, predominan la grama (Paspalum notatum) y la pitilla (Sporobolus sp.).

3.3.1.1.3. Asociación de suelos A60

Las mayores variaciones en esta unidad de suelos en pendientes muy fuertes están asociadas con deslizamientos de materiales en

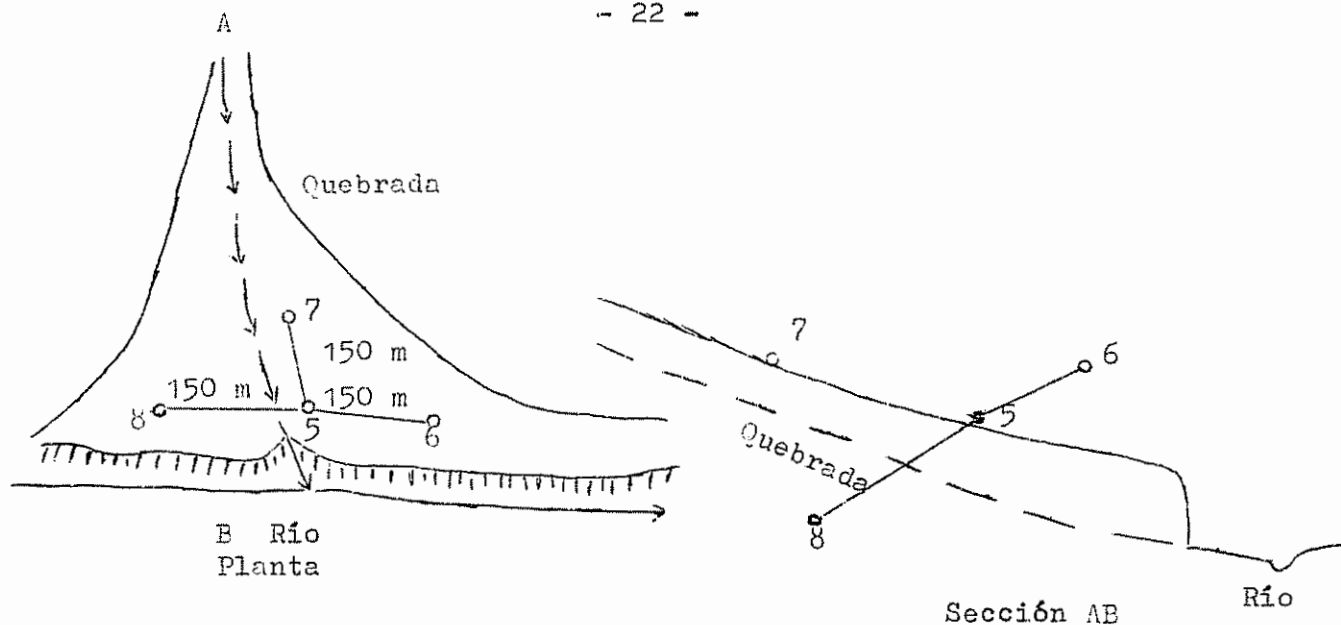


Fig. 3. Posición relativa de los perfiles en la asociación A12, en cono de deyección.

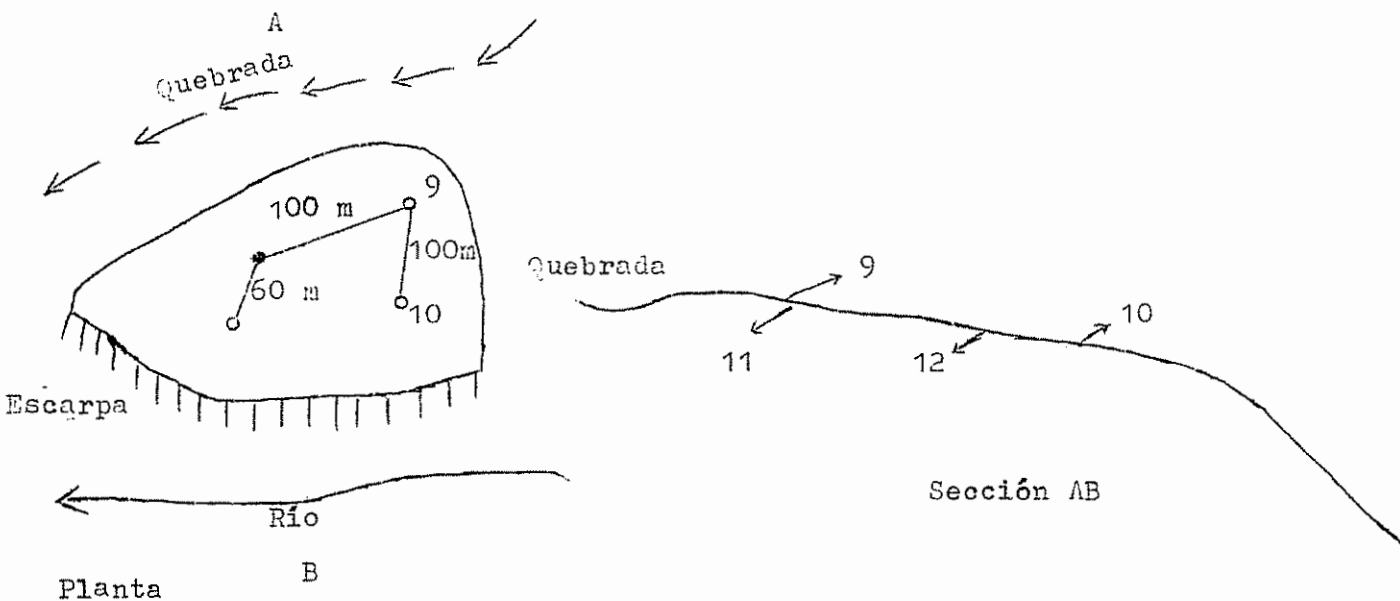


Fig. 4. Posición relativa de los perfiles en la asociación A20, en una terraza disectada.

paquetes o tabulares (35). Un detalle de ellos se puede apreciar en la Figura 5. El proceso permite distinguir suelos en tres condiciones principales:

- a) áreas desde donde se movieron los materiales;
- b) zonas de acumulación;
- c) áreas poco disturbadas.

Este proceso no está activo en la actualidad.

Los perfiles presentan aproximadamente la siguiente distribución:

- Perfil 1, vertiente poco disturbada, 35 por ciento del área
- " 2, área denudada, condición extrema, 15 por ciento del área
 - " 3, fuerte acumulación en la vertiente, 15 por ciento del área
 - " 4, área denudada, condición media, 35 por ciento de área.

La Figura 6 ilustra la posición relativa de los perfiles.

Estos suelos son utilizados para pastoreo de ganado bovino.

El pasto más común es el Paspalum notatum conocido localmente como grama.

3.3.1.2. Suelos en la faja de 2500 a 3400 m de altitud

3.3.1.2.1. Asociación de suelos B12

En esta unidad las variaciones mayores se asocian con la posición en el cono de deyección y con procesos de enterramiento de perfiles. Estos representan la unidad en la forma que se indica enseguida:



Fig. 5. Fotografía de un pequeño deslizamiento de paquete o tabular en la asociación A60.

Perfil 21, parte alta, cerca del cuello del cono, 40 por ciento del área

" 22, parte baja, cercana al borde del cono, 20 por ciento del área

" 23, parte intermedia, 20 por ciento

" 24, parte inferior, 20 por ciento

La Figura 7 muestra la posición relativa de los perfiles en la unidad.

Estos suelos fueron dedicados hasta hace 10 a 15 años al cultivo de trigo, cebada, arveja y siembras ocasionales de papa criolla (Solanum andigenum). En la actualidad se dedican al cultivo de variedades mejoradas de papa (Solanum tuberosum) y hortalizas diversas, con métodos agrícolas modernos.

3.3.1.2.2. Asociación de suelos B20

Las mayores variaciones de suelos en esta unidad se asocian con su posición en la terraza. En la Figura 8 se puede apreciar la distribución de los perfiles edáficos en esta unidad; cada uno representa aproximadamente el 25 por ciento del área.

Hasta hace unos diez años estos suelos, como los de la Asociación anterior, fueron dedicados al cultivo de papa criolla, trigo, cebada y arveja. En la actualidad en ellos se emplean métodos agrícolas modernos: preparación del suelo con maquinaria, riego por aspersión, fertilización orgánica y química y control de enfermedades e insectos en el cultivo de hortalizas, principalmente papas, zanahoria, ajos, cebollas y otras.

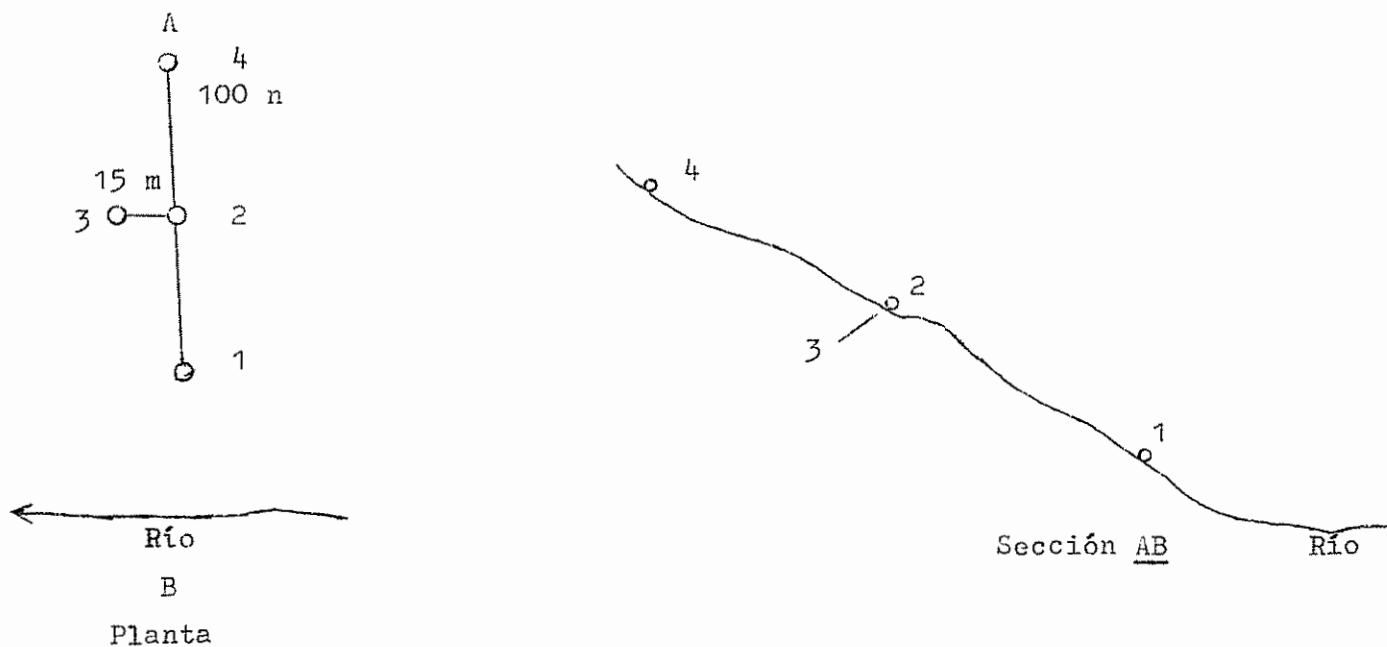


Fig. 6. Posición relativa de los perfiles en la asociación A60 vertiente con deslizamientos en paquete.

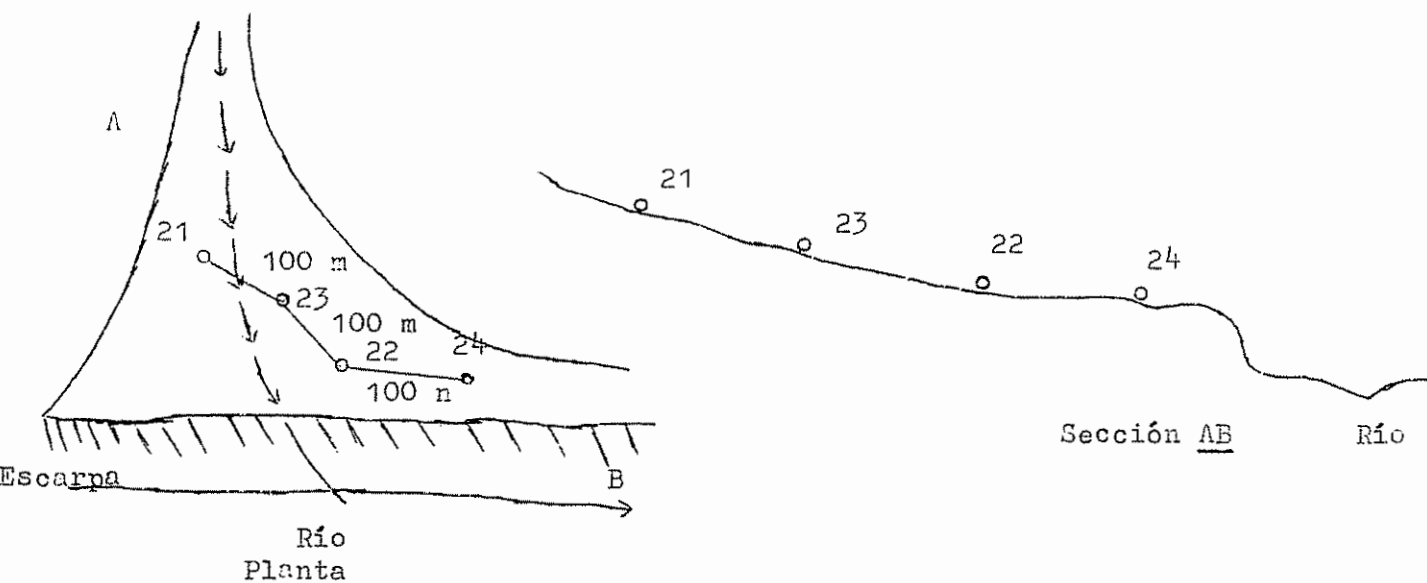


Fig. 7. Posición relativa de los perfiles en la asociación B12, en cono de deyección.

3.3.1.2.3. Asociación de suelos B61

Son suelos en vertiente, con pendientes fuertes. Por muchas décadas han sido dedicados al cultivo del trigo y sometidos por lo tanto a fuerte erosión. Ligeros cambios en las pendientes han favorecido en algunas partes la acumulación de materiales y el enterramiento de perfiles.

La Figura 9 muestra la posición relativa de los perfiles.

Los perfiles representan los suelos de la unidad en la forma aproximada siguiente:

Perfil 13, parte alta, 30 por ciento

" 14, " media, 40 por ciento

" 15, " " , 10 por ciento

" 16, " baja, pedimento, 20 por ciento

3.3.2. Análisis de laboratorio

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes en Mérida, Venezuela.

En las determinaciones se usaron los métodos indicados a continuación:

a) Granulometría

- i) Fracción superior a 2 mm por medio de tamiz (5)
- ii) Fracción igual e inferior a 2 mm de diámetro. Método de Bouyoucos, dispersión con hexametáfosfato de sodio (5, 6).

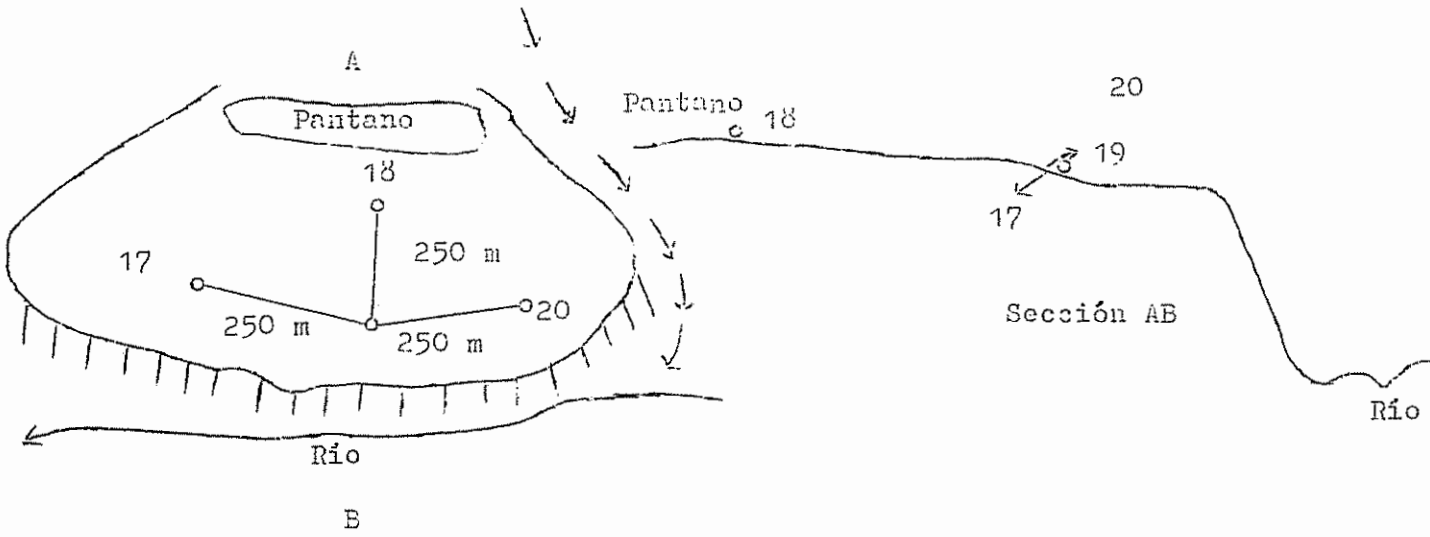


Fig. 8. Posición relativa de los perfiles en la asociación de suelos B20, en una terraza (cono-terrace).

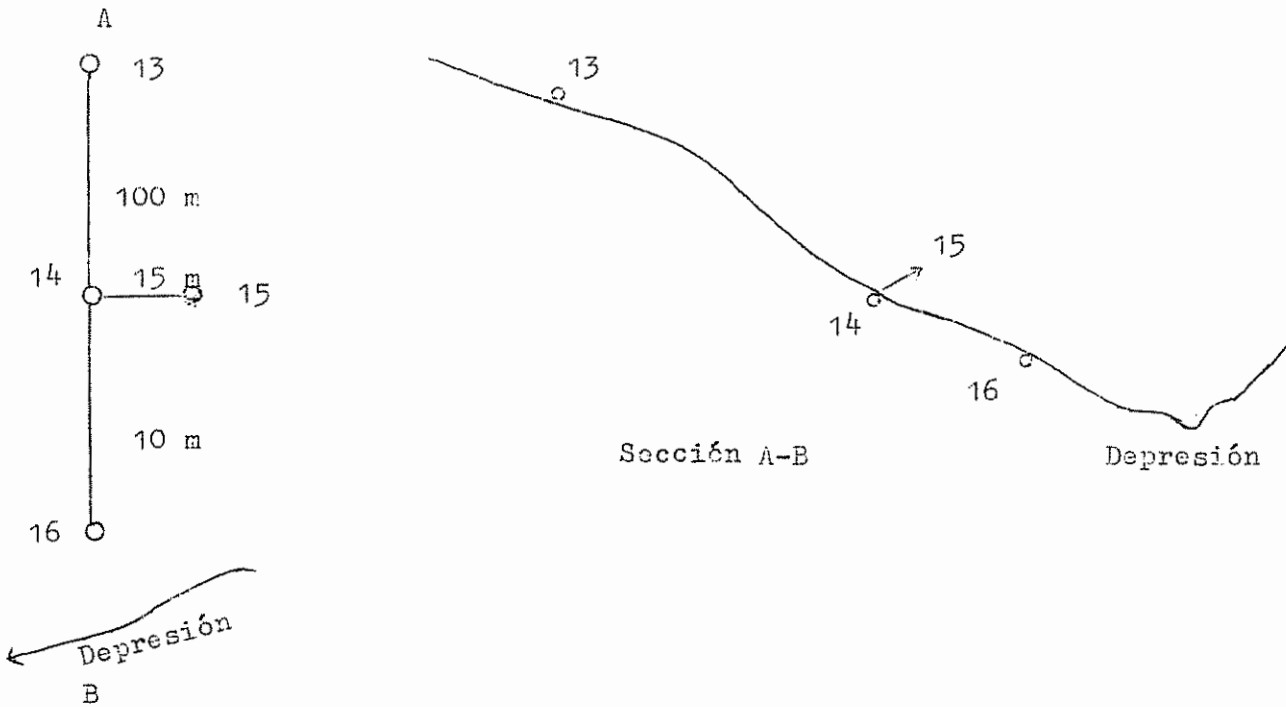


Fig. 9. Posición relativa de los perfiles en la asociación B61, en vertiente.

- b) Humedad a $1/3$ y a 15 bares. Holla de presión (29).
- c) pH en agua y KCl, relación suelo-agua y suelo-KCl 1:1. Electrodo de vidrio (24).
- d) Conductividad eléctrica. Puente Metrhom (18)
- e) Nitrógeno por el método de Kjeldahl (18)
- f) Carbono por el horno de inducción (18)
- g) Fósforo soluble en fluoruro ácido. Kurtz-Bray-Dickman(23)
- h) Capacidad de intercambio catiónico. Método del acetato de amonio (12).
- i) Calcio, sodio, potasio cambiables. Extraídos por acetato de amonio y determinados por fotometría de llama (28).
- j) Magnesio cambiable. Extraído por acetato de amonio y determinado por espectrofotometría de absorción atómica (25).

3.4. La 7a. Aproximación como método de clasificación

La aplicación de la 7a. Aproximación requiere en primer término, el reconocimiento en los suelos de horizontes diagnóstico. Estos pueden ser superficiales y reciben el nombre de epipedones, o pueden ser subsuperficiales. La identificación de los horizontes diagnóstico permite, dentro de ciertas limitaciones, clasificar los suelos en la más alta categoría del sistema: el orden (37, 39). Knox (21) ha preparado tablas simplificadas para la identificación del orden, suborden y gran grupo, las cuales son de gran utilidad. Para la clasificación a niveles de subgrupo y familia es necesario

utilizar el Suplemento de la 7a. Aproximación de marzo de 1967 (39).

3.4.1. Características de algunos horizontes diagnóstico

El horizonte móllico es una capa superficial, con las siguientes propiedades: estructura suficientemente fuerte para que no sea macizo ni duro cuando seco; colores de muestras fragmentadas o pulverizadas con pureza de color menor de 3,5 de intensidad en húmedo y de 5,5 en seco; por lo menos una unidad de intensidad y dos de pureza menos que el horizonte IC si existe, o el subyacente inmediato. Este requerimiento no se toma en cuenta cuando el horizonte superficial tiene todas las características de un epipedón móllico menos el color, pero además tiene 1 por ciento más de materia orgánica que IC o IIC o si al epipedón móllico sigue un contacto lítico. El horizonte móllico debe tener una saturación de bases de 50 por ciento o más, determinada por el método del acetato de amonio; su contenido de carbono orgánico debe ser 0,58 por ciento o más en todo su espesor. Cuando éste es inferior a 18 cm el contenido de carbono orgánico debe ser suficiente para dar un promedio de 0,58 por ciento en una capa de 18 cm. Si el epipedón se encuentre sobre roca su espesor debe ser mayor de 10 cm; en suelos con horizonte argílico, nátrico, cámbico, espódico u ócrico, con fragipán o duripán, el espesor puede variar así: si el solum mide menos de 75 cm el epipedón tendrá más de un tercio de ese espesor y si mide más el epipedón debe tener 25 cm o más de espesor. Tiene menos de 250 ppm. de

P_2O_5 soluble en ácido cítrico (37, 39).

El horizonte úmbrico es comparable con el móllico en color, carbono orgánico, consistencia, estructura y requerimientos de espesor pero su saturación de bases debe ser inferior a 50 por ciento (37, 39).

El epipedón ócrico es uno que no llena los requerimientos de color, espesor o contenido de materia orgánica para ser móllico, úmbrico, antrópico o hístico.

El horizonte cámbico es un horizonte subsuperficial que contiene feldespatos, micas u otros minerales meteorizables; la estructura de la roca original casi ha desaparecido; tiene estructura si la textura permite cambios de volumen por humedecimiento y secado y muestra otras evidencias de alteración como formación de arcilla, pérdida de hierro combinado o reticulado o redistribución de carbonatos (37, 39).

3.5. Métodos de la taxonomía numérica

En la taxonomía numérica se usan índices de semejanza, también llamados coeficientes de semejanza o correlación (33), matrices de semejanza, métodos de agrupamiento y de reagrupamiento y dendrogramas, términos cuyo significado se explica más adelante.

3.5.1. Los índices o coeficientes de semejanza

La semejanza puede ser medida por diversos métodos, la mayoría de los cuales dan como resultado índices o coeficientes de semejanza

o correlación con valores que oscilan entre la unidad, para identidad total y cero, para ausencia de ella.

Hole y Hironaka (16) han utilizado para clasificación numérica de suelos el método siguiente: cada una de las características recibió valores de 0 a 100, el primero para el valor más bajo y 100 para el más alto. Los valores fueron ordenados en una tabla y sumados para cada unidad; las sumas son llamadas A, B, etc. Luego se comparan las características de cada suelo con las similares de los demás. En cada comparación se obtiene un valor mínimo con el cual se forma una columna cuya sumatoria es llamada "w", la cual también incluye aquellos valores que son iguales en A y B. Con los datos anteriores se puede estimar el índice de semejanza entre pares de individuos por medio de la fórmula:

$$IS_{AB} = \frac{2w}{A + B}$$

donde:

IS_{AB} es el índice de semejanza entre las unidades A y B y w y A y B como definidos arriba.

Una vez obtenidos los coeficientes o índices de semejanza se tabulan en forma de matriz como la del Cuadro 13. La matriz podría representarse geoméricamente por puntos en el espacio cuya separación está relacionada con la distancia taxonómica (33).

3.5.2. Métodos de agrupamiento; el grupo par

Una vez construída la matriz es necesario determinar la forma

en que se agrupan las unidades. Sokal y Sneath (33) han revisado los diversos métodos de agrupamiento y señalan que los más comúnmente usados son el grupo variable y el grupo-par.

El método del grupo variable consiste en la unión de un número variable de unidades que se agrupan en forma tal que el coeficiente de semejanza del grupo no descienda de un criterio prefijado. Se ha sugerido que ese valor, llamado \bar{S}_n sea de 0,03 (3%), pero puede ser ajustado para diversos estudios. El método del grupo-par, en contraste con el anterior, sólo permite la unión de dos unidades, un grupo y una unidad o dos grupos en cada ciclo de agrupamiento, que obviamente han de ser las más altamente correlacionadas.

Si en cada ciclo de agrupamiento se unen solamente las unidades más altamente correlacionadas, resultan tantos ciclos de agrupamiento como unidades iniciales se tengan, menos uno y en cada ciclo se produce una nueva matriz de coeficientes de semejanza pues las uniones producen cambios en las relaciones de semejanza entre las unidades o grupos relacionados con el nuevo grupo.

El método del grupo par puede ser ponderado o no ponderado. En el ponderado los recómputos de semejanza al final de cada ciclo de agrupamiento se realizan en base a la matriz inmediata anterior y en el no ponderado tales cálculos se efectúan considerando la matriz inicial.

El método del grupo par es particularmente recomendado por Sokal y Sneath (33) por la facilidad de su programación para computadoras de mediana velocidad y porque sus resultados tienen poca

diferencia con los del grupo variable.

3.5.3. Métodos para recalculer los coeficientes de semejanza al final de cada ciclo de agrupamiento

Las uniones entre grupos o unidades aisladas y grupos tienen los efectos señalados anteriormente de bajar la semejanza del grupo recién formado y cambiar, por lo tanto, las correlaciones con grupos o unidades relacionados. Por ello es necesario recalculer, después de cada ciclo de agrupamiento los coeficientes de semejanza de todos los grupos y unidades relacionados con el nuevo grupo.

Para ello se pueden emplear dos métodos: la fórmula general de suma de variables de Spearman o los promedios aritméticos de Sokal y Sneath (33).

3.5.3.1. Fórmula general de la suma de variables de Spearman

La fórmula de Spearman es la siguiente:

$$r_{qQ} = \frac{\sum qQ}{\sqrt{q + 2\Delta q} \sqrt{Q + 2\Delta Q}}$$

donde:

- r_{qQ} = coeficiente de correlación de dos grupos de unidades
- $\sum qQ$ = suma de todas las correlaciones entre miembros de un grupo y miembros de otro grupo
- Δq = suma de correlaciones entre todos los miembros del primer grupo

ΔQ = suma de correlaciones entre miembros del segundo grupo

q = número de unidades en el primer grupo y

Q = número de unidades en el segundo grupo.

Cuando se compara un grupo con una unidad aislada, la fórmula es la siguiente:

$$r_{xq} = \frac{\sum r_{xq}}{\sqrt{q + 2q}}$$

donde:

r_{xq} = coeficiente de correlación del grupo q con una unidad aislada x

$\sum r_{xq}$ = sumatoria de las correlaciones entre la unidad y los miembros del grupo.

La fórmula de Spearman debe usarse con índices de semejanza basados en la unidad para evitar problemas de cálculo que surgen cuando la semejanza se expresa en porcentaje. Este fue el método usado para el cálculo del recómputo de semejanza después de cada ciclo de agrupamiento de los 24 suelos.

3.5.3.2. Método de los promedios aritméticos de Sokal y Sneath

Este método, de aplicación más sencilla que el anterior, requiere la transformación de los coeficientes de semejanza, ya que estos no pueden promediarse porque su variancia es función de su magnitud. La transformación puede hacerse a valores de z de Fisher o al seno

inverso (seno ^{-1}x). El último procedimiento es más sencillo y se puede aplicar utilizando la Tabla A.10 de Steel y Torrie (34). El proceso puede indicarse por medio de la fórmula.

$$r_{q'Q'} = \frac{\sum q'Q'}{q \times Q}$$

donde:

$r_{q'Q'}$ = relación entre las unidades o grupos q y Q con valores transformados al seno inverso

$\sum q'Q'$ = suma de las correlaciones transformadas de las unidades de los grupos q y Q

q = número de unidades de un grupo

Q = número de unidades del otro grupo.

Después de calculadas las correlaciones transformadas, se vuelven a la dimensión original de coeficientes de semejanza.

Este método fue usado para calcular los nuevos coeficientes de semejanza después de cada ciclo de agrupamiento dentro de cada asociación de suelos.

3.5.4. Construcción de dendrogramas

Con los resultados de todos los ciclos de agrupamiento es posible construir representaciones gráficas, entre las cuales la más usada es una bidimensional, llamada dendrograma por el aspecto ramificado que tiene originado desde un solo tronco.

Se ha dicho anteriormente que en el método del grupo-par en cada ciclo de agrupamiento únicamente se unen aquellas unidades o

grupos de ellas con el más alto coeficiente de semejanza. Como ilustración del uso del grupo-par no ponderado, de los promedios aritméticos para el recálculo de coeficientes de semejanza y de la construcción de un dendrograma puede usarse un ejemplo sencillo como el del Cuadro 4.

Cuadro 4. Matriz de semejanza de 4 unidades; primer ciclo de agrupamiento.

	1	2	3	4
1	1,00	,763	,798	,806
2		1,00	,823	,807
3			1,00	<u>,868</u>
4				1,00

En esta matriz, las unidades más altamente correlacionadas son 3 y 4 con un coeficiente de .868. Este es el primer par obtenido en el primer ciclo de agrupamiento. Para el segundo ciclo quedan las unidades 1 y 2 y el grupo 3-4; se debe recalcular los coeficientes de semejanza pues las relaciones han cambiado con la formación de un grupo.

Como se aplican el método del grupo-par no ponderado y el del promedio aritmético, es necesario transformar los coeficientes de semejanza a valores del seno inverso ($\text{seno}^{-1}x$), tal y como se ha

explicado antes. En el Cuadro 5 se incluyen los valores transformados.

Cuadro 5. Valores de los coeficientes de la matriz del Cuadro 4 transformados a seno inverso.

	1	2	3	4
1	x	,6087	,6329	,6387
2		x	,6512	,6394
3			x	, <u>6870</u>
4				x

La nueva relación de la unidad 1 con el grupo 3-4 está dada por:

$$r_{1,3-4} = \frac{,6329 + ,6387}{2} = ,6358$$

La de la unidad 2 será:

$$r_{2,3-4} = \frac{,6512 + ,6394}{2} = ,6453$$

Las relaciones entre 1 y 2 no han sido alteradas y el coeficiente de semejanza transformado se mantiene igual, ,6087.

Con estos valores se construye la segunda matriz.

Cuadro 6. Segunda matriz con valores transformados.

	1	2	3-4
1	x	.6087	.6358
2		x	.6453
3-4			x

En este segundo ciclo la unidad 2 se adhiere al grupo 3-4 pues tienen la más alta semejanza. Durante el tercer ciclo la unidad 1 se une al grupo. La estimación de esta unión se hace sumando los coeficientes transformados que correlacionan la unidad 1 con todas las unidades del grupo 2-3-4:

$$r_{1,2-3-4} = \frac{.6087 + .6329 + .6387}{3} = .6228$$

Con este valor se construye la tercera y última matriz.

Cuadro 7. Tercera matriz con valores transformados.

	1	2-3-4
1	x	.6228
2-3-4		x

Retransformando los valores de seno inverso a índices de

semejanza por medio de la Tabla A.10 de Steel y Torrie (34) se tiene:

$$2 + (3-4) = ,6453 = ,815$$

$$1 + (2-3-4) = ,6228 = ,784$$

Con estos dos valores obtenidos en el segundo y tercer ciclo de agrupamiento y la más alta correlación del primer ciclo, se puede construir un dendrograma como el de la Figura 10 en el que se puede apreciar gráficamente la forma en que se agrupan las unidades 1, 2, 3, y 4 y con qué niveles de semejanza lo hacen.

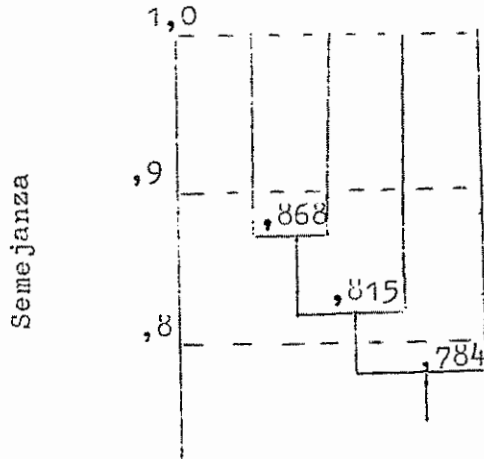


Fig. 10. Ejemplo de dendrograma.

Las unidades 3 y 4 se parecen, expresando los valores en porcentaje, un 86,8 por ciento; cuando la unidad 2 se une al grupo el nivel de semejanza desciende a 81,5 por ciento y cuando al grupo 2-3-4- se une la unidad 1 el nivel baja aún más, hasta 78,4 por ciento.

3.6. Cálculo de semejanza media ponderada

La media ponderada y la desviación estándar de los coeficientes de semejanza pueden constituir un medio para valorar la homogeneidad con que un sistema de clasificación cualquiera agrupa sus clases y permiten también comparar diversos sistemas de clasificación. Para promediar coeficientes de semejanza es necesario, como indicado antes, convertirlos a inversos del seno (seno⁻¹x).

La media general ponderada \bar{R} se calcula estimando las medias para cada grupo \bar{r}_x y ponderándolas según el número de unidades de cada grupo.

El cálculo de la media de cada grupo puede expresarse por la fórmula:

$$\bar{r}_{q'} = \frac{\sum q'}{n}$$

donde:

\bar{r} = valor medio de la semejanza de un grupo x (valor transformado)

$\sum q'$ = suma de todas las correlaciones de semejanza dentro del grupo x (valor transformado)

n = Número de correlaciones que entran en la sumatoria.

Los valores \bar{r} y \bar{R} retransformados a valores de semejanza se utilizan en este trabajo para comparar las diversas clasificaciones de los suelos. Las desviaciones máximas se indican por medio de los valores extremos incluidos entre paréntesis.

3.7. Taxonomía numérica como método de clasificación de suelos

3.7.1. Transformación de los perfiles. Características usadas en la clasificación

La clasificación de los 24 suelos se llevó a cabo considerando el perfil como una unidad (3, 4, 16, 32) y por razones prácticas la profundidad utilizada fue de un metro ya que la mayoría de las descripciones y toma de muestras no se pudo hacer a mayor profundidad por exceso de pedregosidad. El Apéndice 1 incluye las descripciones de los suelos y el 2 los datos analíticos.

El conjunto de propiedades usado para las comparaciones fue elegido en forma de evitar los problemas señalados por Grigal y Arneman (15). Se utilizan propiedades que caracterizan al suelo como paisaje y como perfil, valoradas en el campo y en el laboratorio, de naturaleza química y física. Estas se incluyen en el Cuadro 8.

Las propiedades 4 y 13 fueron combinadas en una sola para efectos de la clasificación numérica y aparecen en el Apéndice 2 como fracción superior a 2 mm, por volumen.

En el Cuadro 9 aparecen valores asignados a algunas propiedades edáficas: color, estructura, consistencia.

Las comparaciones se hicieron entre capas de igual espesor y con posición similar en el perfil. Para ello fue necesario transformar los valores de los horizontes de los perfiles naturales a un perfil con horizontes estándar: 0 a 25, 25 a 50, 50 a 75 y 75 a

Cuadro 8. Características consideradas para la clasificación numérica.

Determinación en:	Naturaleza de la característica y escala de medida
<u>Campo</u>	
En el perfil	1. Altitud sobre el nivel del mar, en metros 2. Pendiente, en por ciento 3. Temperatura a 50 cm de profundidad, en °C
En los horizontes	4. Piedras de más de 5 cm de diámetro: porcentaje por volumen Color en húmedo, tabla de Munsel (véase Cuadro 9) 5. Matiz 6. Intensidad 7. Pureza Estructura (véase Cuadro 9 para la escala de medida) 8. Tamaño de los peds, en mm 9. Grado de la estructura Consistencia (véase Cuadro 9 para escala de medida) 10. Friabilidad 11. Plasticidad 12. Adhesividad
<u>Laboratorio</u>	
En los horizontes Físicas	13. Fracción superior a 2 mm e inferior a 5 cm de diámetro, por peso 14. Arena, en peso por ciento 15. Arcilla, en peso por ciento 16. Retención de humedad a 1/3 de bar, por ciento 17. " " " " 15 bares, por ciento
Químicas	18. Carbono orgánico, por ciento 19. Nitrógeno total, " " 20. Capacidad de intercambio catiónico, en me/100 g suelo 21. pH en agua 1:1, escala logarítmica 22. Fósforo utilizable, ppm 23. Calcio cambialbe, me/100 g suelo 24. Magnesio " " " 25. Potasio " " " 26. Sodio " " "

Cuadro 9. Valores asignados a algunas propiedades edáficas.

Propiedad primaria	Propiedades secundarias		
	Valores		
Color:	Matiz	Intensidad	Pureza
	5YR 16	2/ 8	/0 10
	7.5YR 8	3/ 7	/1 9
	10YR 4	4/ 6	/2 8
	2.5YR 2	5/ 5	/3 7
	5.0Y 1	6/ 4	/4 6
		7/ 3	/5 5
		8/ 2	/6 4
			/7 3
			/8 2
			/9 1

Estructura:	Tamaño (diámetro)	Grado	
	Granular muy fina, menos de 1 mm ... 1	Muy débil...1	
	" fina la 2 mm 2	Débil2	
	" media, 2 a 5 mm 4	Moderada ...3	
	Blocosa subangular, menos de 5 mm .. 4	Fuerte4	
	" " , 5 a 10 mm 8		
	" " , 10 a 20 mm15		
	" " , 20 a 50 mm35		

Consistencia:	En húmedo	En mojado	
		Plasticidad	Adhesividad
	Suelto0	No plástico ...0	No adherente... 0
	Muy friable ..1	Ligeramente ...1	Ligeramente ... 1
	Friable2	Plástico2	Adherente 2
	Firme3	Muy plástico...3	Muy adherente.. 3
	Muy firme4		

100 cm. Para hacerlo se usó el mismo concepto que se utiliza en la 7a. Aproximación para determinar si un horizonte es úmbrico o móllico cuando no tiene el espesor requerido y también para algunos cálculos pertinentes a la sección de control (38).

En el Cuadro 10 se da un ejemplo, usando propiedades de diversa naturaleza, de cómo se elaboró la tabla de valores transformados.

Se puede observar en este ejemplo como la transformación mantiene las tendencias expresadas en el perfil natural. Ello es posible porque los suelos no son muy desarrollados y no presentan horizontes muy contrastantes.

En la tabla de valores transformados, obtenida en la forma indicada arriba, se valoraron las propiedades con 0 para el valor más bajo y 100 para el más alto en cada una de las capas u horizontes de espesor y profundidad similares. En la valoración, y estimación de los índices de semejanza y confección de la matriz de semejanza se aplicó el método descrito por Hole y Hironaka (16). Aplicando en ella el método no ponderado del grupo-par y en los recómputos de los coeficientes de correlación después de cada ciclo de agrupamiento la fórmula de Spearman, se obtuvieron los valores para la construcción del dendrograma de la Figura 11.

Cuadro 10. Ejemplo de conversión de valores del perfil original a un perfil estándar.

Valores en el perfil natural		Valores en el perfil transformado						
Horizonte	Profundidad cm	Fragmen- tos gruesos % Vol	CCC meq/100 g suelo	P ap. ppm	Hori- zonte	Fragmen- tos gruesos % Vol	CCC meq/100 g suelo	P ap. ppm
A1	0-27	5	15,01	5,3	0-25	5	15,01	5,3
B2	27-57	4	11,12	3,0	25-50	4	11,43	3,2
B3	57-100	34	10,29	6,4	50-75	26	10,52	5,4
					75-100	34	10,29	6,4

4. RESULTADOS

4.1. Características generales de los suelos

Los 24 suelos estudiados entre 1500 y 3400 m de altitud tienen buen drenaje y se han desarrollado en terrazas, conos de deyección y vertientes cuyas pendientes van desde 7 hasta 65 por ciento; los conos y terrazas con pendientes relativamente suaves ocupan solamente algo más del 6 por ciento del área total. Presentan alto contenido de fragmentos gruesos en el perfil y pedregosidad superficial; el contenido de materia orgánica es muy variable y en la capa superficial se registran valores desde 0,01 hasta 10,90 por ciento. Las variaciones están relacionadas más con la historia del uso de los suelos que con el clima. Los valores más bajos se encuentran en suelos erodados y cultivados con trigo por mucho tiempo; los más altos en áreas que hasta hace poco tiempo estuvieron sembradas con pastos.

La saturación de bases varía de 3,2 hasta 100 por ciento.

Presentan moderados a altos contenidos de calcio, magnesio y potasio intercambiables; el fósforo presenta una situación similar; ello se explica por la alta proporción de fragmentos gruesos en el perfil y por las condiciones climáticas favorables para la meteorización. Son predominantemente ácidos, con valores de pH entre 4,25 y 6,90; solamente un horizonte mostró un valor de 7,10. Los suelos en vertientes abajo de 2500 m de altitud son usados principalmente para pastoreo; pequeñas áreas son sembradas con café, caña de

azúcar, yuca y maíz. En las vertientes arriba de 2500 m todavía se siembra trigo, lo que ha producido fuertes procesos erosivos. En los conos y terrazas los suelos son usados cada vez en mayor proporción para la producción de hortalizas y flores con métodos agrícolas modernos: semillas de variedades seleccionadas, riego por aspersión, preparación de la tierra con maquinaria, uso de fertilizantes, herbicidas y pesticidas.

En los Apéndices 1 y 2 se incluye toda la información de campo y laboratorio de los suelos estudiados.

4.2. Clasificación de los suelos según la 7a. Aproximación

La clasificación de los suelos en todas las categorías de la 7a. Aproximación se da en el Cuadro 11 en el que además se incluyen posición geomorfológica y clima.

Los suelos de la región se agrupan en tres diferentes órdenes: Entisoles, Inceptisoles y Mollisoles. Las características para su clasificación se encuentran en el Cuadro del Apéndice 2; las más importantes se indican a continuación.

4.2.1. Troporthentes Típicos

A este subgrupo pertenecen los perfiles 13, 14, 15 y 16.

Orden Entisoles: muy poco desarrollo; solamente presentan un epipedón ócrico.

Cuadro 11. Clasificación de los suelos según la 7a. Aproximación.

Per fil nº	Sub- gru- po ^{1/}	Familia				Series	Posi- ción geo- morf.	Cli- ma
		Tex- tura	Mine- ralo- gía	Tempe- ratur- ra	Reac- ción			
13	TT	Ef	M	I	No ác.	Aposentos 1	v	2
15	"	"	"	"	" "	" "	"	"
14	"	Fg	"	"	" "	Aposentos 2	"	"
16	"	"	"	"	" "	" "	"	"
1	HT	Ef	"	"		Tampacal 1	"	1
32/	"	"	"	"		" "	"	"
6	"	"	"	"		Cacute 1	c	"
242/	"	"	"	"		Mucumpate 3	"	2
7	"	Fg	"	"		Cacute 2	"	1
8	"	"	"	"		" "	"	"
10	"	Ef	"	"		Las Vueltas 2	t	"
11	"	"	"	"		" "	"	"
212/	"	"	"	"		Mucumpate 1	c	2
9	"	F	"	"		Las Vueltas 1	t	1
12	"	"	"	"		" "	"	"
2	HaE	Fg	"	"		Tampacal 2	v	"
4	"	"	"	"		" "	"	"
5	"	Ef	"	"		Cacute 3	c	"
17	"	"	"	"		Mucuchies	t	2
18	"	"	"	"		"	"	"
19	"	"	"	"		"	"	"
20	"	"	"	"		"	"	"
22	"	Ff	"	"		Mucumpate 2	c	2
23	"	"	"	"		" "	"	"

1/ Abreviaciones:

Subgrupo: TT, Troporthente Típico; HT, Humitropepte Típico;
HaE, Hapludoll Entico
Textura: Ef, esquelético franco; Fg, franco grueso;
Ff, franco fino y F, fino
Mineralogía: M, mezclado
Temperatura: I, isotérmico; Reacción: No ac. = No ácidos
Posición geomorfológica; v, vertiente; c, cono de deyección;
t, terraza
Clima: 1, faja de 1500 a 2500 m.s.n.m.
2, faja de 2500 a 3400 m. s.n.m.

2/ Clasificación alternativa para estos suelos: Hapludoll Entico.

Suborden Orthentes: sin rasgo especial.

- a) textura más fina que arena franca muy fina en algún horizonte abajo de Ap
- b) no tienen fragmentos de horizontes diagnóstico
- c) la materia orgánica disminuye regularmente hasta 1,25 m y baja hasta 0,35 por ciento, o menos
- d) no están saturados con agua.

Gran grupo de suelos: Troporthentes:

- a) Temperatura media anual superior a 8°C con variaciones entre las medias de invierno y verano no superiores a 5°C.
- b) No están secos entre 18 y 50 cm por 90 días acumulativos durante el año.

Subgrupo: Troporthentes Típicos:

- a) no tienen contacto lítico dentro de los 50 cm superficiales
- b) no tienen características propias de Vertisoles como alto contenido de arcilla, grietas, etc.

4.2.2. Humitropeptes Típicos

A este subgrupo pertenecen los perfiles 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 21 y 24.

Orden: Inceptisoles. Presentan un horizonte superficial úmblico o móllico; a veces tienen un horizonte cámbico.

Suborden: Tropeptes: La temperatura anual media es igual o superior a 8°C, con diferencias entre invierno y verano que no superan los 5°C.

Gran grupo: Humitropeptes:

- a) temperatura media anual inferior a 22°C
- b) saturación de bases inferior a 50 por ciento en alguna parte del epipedón o del horizonte cámbico

Subgrupo: Humitropeptes típicos:

- a) capacidad de intercambio de la arcilla de 24 me/100 g de arcilla o más
- b) carecen de contacto lítico en los 50 cm superficiales
carecen de moteados con pureza 2 o menos hasta 1 m de profundidad.

4.2.3. Hapludolles Enticos

A este subgrupo pertenecen los perfiles 2, 4, 5, 17, 18, 19, 20, 22 y 23.

Orden: Mollisoles: poseen un horizonte superficial móllico

Suborden: Udolles, están húmedos todo el año

Gran grupo: Hapludolles

- a) no tienen horizonte argílico
- b) entre el horizonte móllico y el subyacente

tienen una transición con menos de 25 por ciento por volumen de huecos de lombrices o de excavaciones llenas de material.

Subgrupo: Hapludolles Enticos: no poseen el horizonte cámbico requerido para el suborden Típico.

4.2.4. Clasificación a nivel de familias y series

La clasificación a nivel de familias se hizo de acuerdo con el Suplemento de la 7a. Aproximación de marzo de 1967 (39): textura de la sección de control y temperatura tomada a 50 cm de profundidad. No se tienen datos analíticos para la clasificación del aspecto mineralógico; sin embargo considerando observaciones de campo y la naturaleza de los materiales originarios de los suelos se les ha clasificado como de mineralogía "mezclada". La familia por reacción de los Troprothentes típicos es no ácida.

Las series se separaron considerando la división a nivel de familia y los requerimientos del Manual de Levantamiento de Suelos (38).

4.3. Relaciones entre la clasificación según la 7a. Aproximación y las condiciones de clima y relieve

Las condiciones del clima actual se manifiestan en la clasificación de los suelos en forma de tendencias. Los Humitropeptes Típicos predominan en la faja de 1500 a 2500 m: 9 de 11 pertenecen a ella. De los 9 Hapludolles Enticos 6 pertenecen a la faja de 2500

a 3400 m. En la faja inferior, a la altitud aproximada de 2000 m que fue donde se estudió la muestra, la precipitación media anual es del orden de los 1500 mm y la temperatura media anual de aproximadamente 19°C. En la faja superior, en los alrededores de los 300 m de altura la precipitación media anual declina a 600 mm y la temperatura descendiendo a cerca de 14°C. Ambas condiciones tienen influencia sobre la lixiviación y ésta sobre el porcentaje de saturación de bases que es característica básica en la separación entre Inceptisoles y Mollisoles.

La clasificación de los cuatro suelos de vertiente a 3000 m de altitud en el Orden Entisol refleja condiciones topográficas y de uso. Ellos han estado sometidos por muchas décadas, posiblemente siglos, al cultivo del trigo. La erosión laminar ha decapitado permanentemente los suelos y la infiltración no ha sido suficiente para producir cambios importantes en el perfil. Solamente presentan un horizonte diagnóstico: el ócrico.

En el Cuadro 12 se resumen las relaciones entre la clasificación hasta nivel de familias por textura según la 7a. Aproximación con la posición geomorfológica, la asociación de suelos y el clima.

4.4. El dendrograma y los grupos formados por la clasificación numérica

El Cuadro 13 incluye la Matriz de semejanza de los 24 suelos estudiados. La estructura taxonómica de estos suelos puede apreciarse en el dendrograma de la Figura 11; para el agrupamiento se utilizó la fórmula de la suma de variables desarrollada por Spearman (33).

Cuadro 12. Relaciones entre las familias de la 7a. Aproximación y la posición geomorfológica y el clima.

Familia por textura	Suelos	Posición geomorfológica, asociación de suelos	Clima 1/
Troporthentes Típicos			
Franco fino	13,15	Vertiente; asociación B61	2
Franco grueso	14,16	" " "	"
Hapludolles Enticos			
Franco grueso	2,4	Vertiente, asociación A60	1
Esquelético franco	5	Cono, asociación A12	1
" "	17,18,19,20	Terraza, asociación B20	2
Franco fino	22,23	Cono, asociación B12	"
Humitropeptes Típicos			
Esquelético franco	1,3	Vertiente, asociación A60	1
" "	6	Cono, asociación A12	"
" "	24	Cono, asociación B12	2
Franco grueso	7,8	Cono, asociación A12	1
Franco	9,12	Terrazas, asociación A20	"
Franco fino	10,11	Terraza, asociación A20	"
" "	21	Cono, asociación B12	2

1/ Clima 1: 1500 a 2500 m de altitud; clima 2, de 2500 a 3400 m.

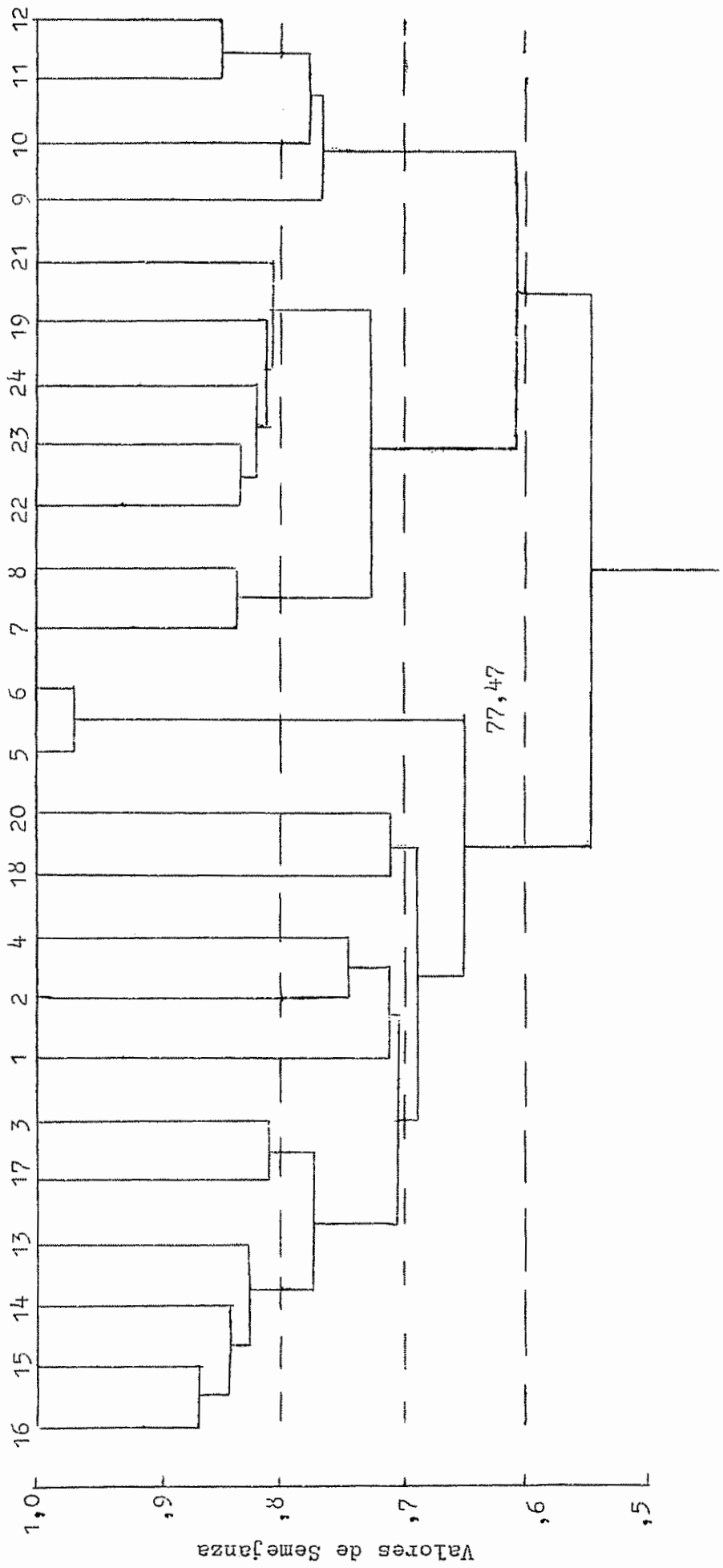


Fig. 11. Dendrograma de 24 suelos clasificados por taxonomía numérica.

A través del coeficiente calculado a partir de los índices de semejanza y agrupados y en alguna forma promediados por los métodos de agrupamiento, los suelos van formando grupos cada vez menos numerosos conforme se desciende en la escala de semejanza hasta llegar a unirse en una sola población. Estos suelos se unieron en el fenón-55; ello significa que la semejanza media entre todos los suelos es de 55 por ciento.

Si se elige el fenón-70 para analizar los grupos que se forman sobre ese nivel de semejanza podemos apreciar que se forman 5 grupos:

- a) 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 17
- b) 18, 20
- c) 5, 6
- d) 7, 8, 19, 21, 22, 23, 24
- e) 9, 10, 11, 12

Si se tomara el fenón-80 para el mismo fin tendríamos entonces 13 grupos cada uno de ellos con un grado de semejanza igual o superior a 80 por ciento.

El fenón constituye, por lo tanto, un medio de obtener grupos con un cierto nivel de semejanza dentro de los límites establecidos por él. Este es un medio de analizar la semejanza. Otro método es el de observar las tendencias de agrupación que por falta de otro término mejor puede llamarse "primaria" y que sería, en el caso presente, la que se produce dentro de rangos de diferencia de semejanza iguales o inferiores a 5 por ciento. Si se aplica esta forma de

análisis al dendrograma de la Figura 11, obtenemos 9 grupos de suelos, cuya relación con la asociación a que pertenecen, la posición geomorfológica y el clima se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Relación entre grupos "primarios" de suelos, la posición geomorfológica y el clima.

Grupos primarios	Suelos	Posición geomorfológica, asociación de suelos	Clima <u>1/</u>
a	16,14,15,13	Vertiente, asociación B61	2
b	17	Terraza, asociación B20	2
"	3	Vertiente, asociación A60	1
c	1,2,4	Vertiente, asociación A60	1
d	18,20	Terraza, asociación B20	2
e	5,6	Cono, asociación A12	1
f	7,8	" " "	1
g	21,22,23,24	Cono, asociación B12	2
"	19	Terraza, " B20	2
h	9,10	Terraza, asociación A20	1
i	11,12	" " "	1

1/ Clima 1: faja de 1500 a 2500 m de altitud; clima 2, faja de 2500 a 3400 m.

El grupo b fue el único que agrupó suelos de condiciones de clima y posición geomorfológica diferentes; el grupo g asocia un

suelo de terraza, el 19, a los 4 de cono de deyección, todos dentro de la misma faja climática.

4.5. Semejanza de los suelos dentro de los grupos formados por la 7a. Aproximación

Utilizando los valores de los coeficientes de la matriz de semejanza del Cuadro 13 se estimaron los niveles de semejanza media (\bar{r}) con que se agrupan los suelos de las clases formadas por la 7a. Aproximación.

Con estos estimados se construyó el dendrograma de la Figura 12 en que se puede apreciar como la 7a. Aproximación produce grupos con niveles de semejanza relativamente altos. Todos los subgrupos pertenecen al fenón-65. Las familias y series tienen niveles de semejanza muy variables; los de las primeras oscilan entre 69 y 84 por ciento y los de las series son aún más variables. En el dendrograma de la Figura 12 se puede notar como la clasificación según la 7a. Aproximación separa desde el nivel de órdenes suelos que están muy cercanos en el espacio, como por ejemplo los suelos número 1 y 2. Sin embargo, en algunos casos esta clasificación permite relacionar a niveles taxonómicos inferiores lo que había separado más alto. Tal es el caso de los intergrados, de los cuales un ejemplo es el de los Hapludolles Enticos, que son Mollisoles que intergradan hacia Entisoles (39). Una representación de esta naturaleza no puede hacerse en un dendrograma y se requeriría un espacio multidimensional.

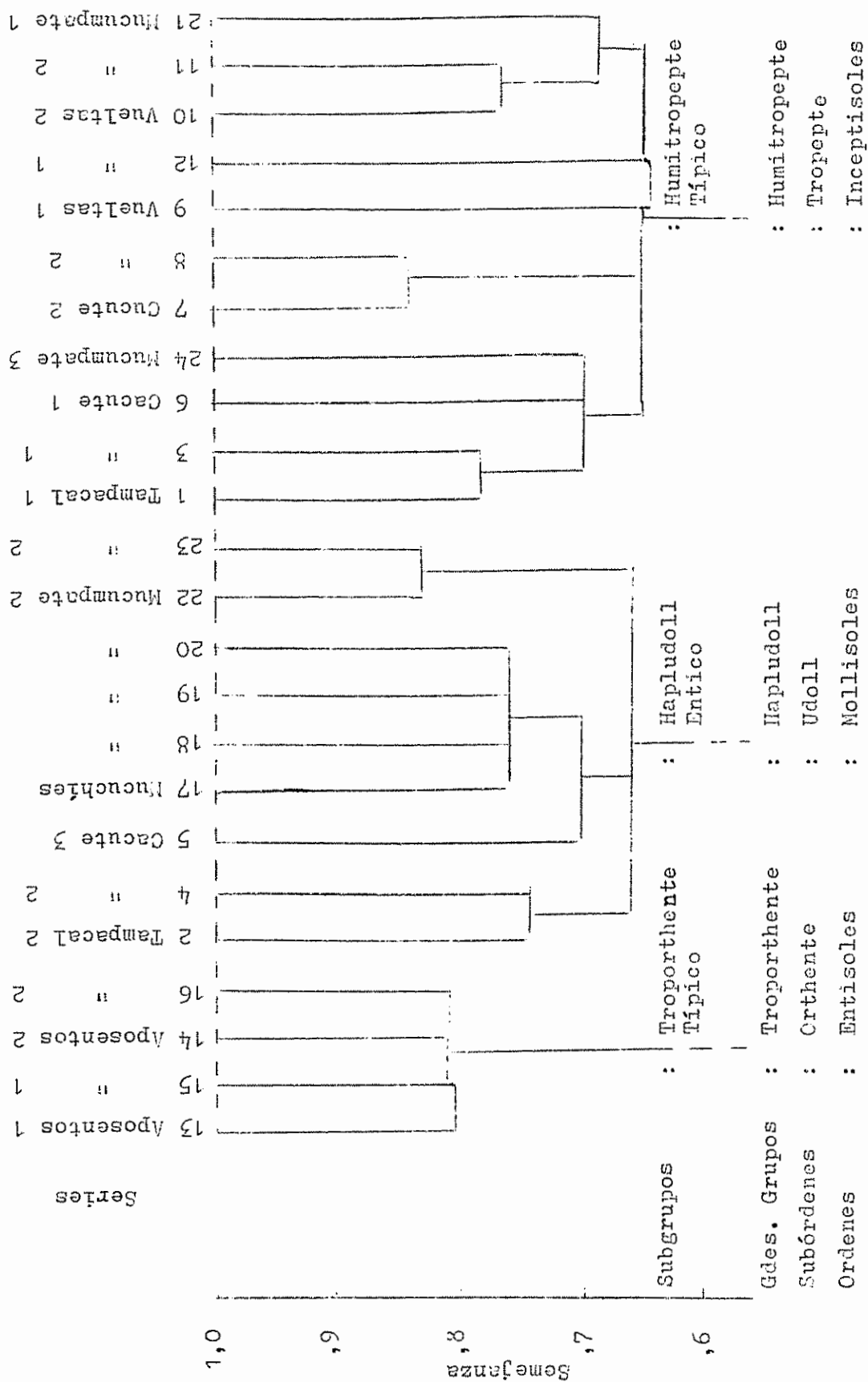


Fig. 12. Dendrograma de 24 suelos clasificados en la 7a. Aproximación. Correlaciones de semejanza calculadas por promedio aritmético.

4.6. Semejanza de los suelos dentro de las asociaciones

De la matriz de semejanza del Cuadro 13 se tomaron los coeficientes de correlación de las unidades de cada una de las asociaciones de suelos utilizadas en el estudio de los suelos de las cuencas de los ríos Chama - Santo Domingo (8) y con ellos se formaron matrices a las que se les aplicó el método de agrupamiento no ponderado del grupo-par. El recálculo de los índices de semejanza al final de cada ciclo de agrupamiento se hizo por el método de los promedios aritméticos.

La Figura 13 muestra 6 dendrogramas correspondientes a cada una de las asociaciones de suelos. En cada caso se ha indicado la media ponderada en forma de apreciar las desviaciones estándar.

La semejanza dentro de las asociaciones varió desde ,811 en la B61 hasta ,709 en la A60, ambos en posición geomorfológica de vertiente, la primera a 3000 m y la segunda a 2000 m de altitud. El promedio ponderado \bar{R} para las 6 asociaciones fue de ,752 (75,2%).

4.7. Comparación de los resultados obtenidos por medio de las dos clasificaciones

4.7.1. Comparación gráfica

La Figura 14 es una comparación gráfica de los resultados obtenidos en la clasificación de los 24 suelos estudiados por medio de la 7a. Aproximación y por la clasificación numérica. La comparación se hace a nivel de subgrupos y de fenón-64, respectivamente.

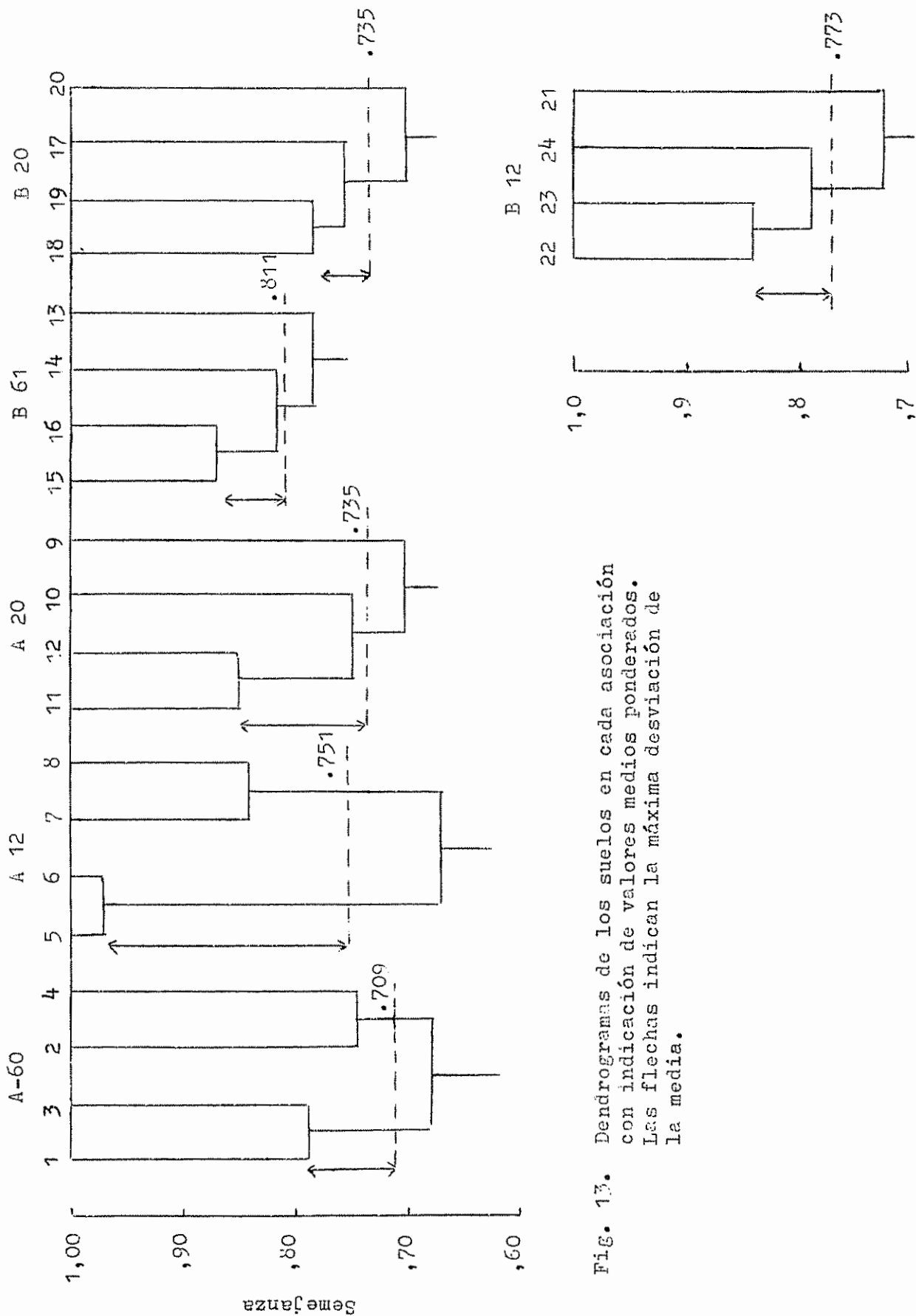


Fig. 13. Dendrogramas de los suelos en cada asociación con indicación de valores medios ponderados. Las flechas indican la máxima desviación de la media.

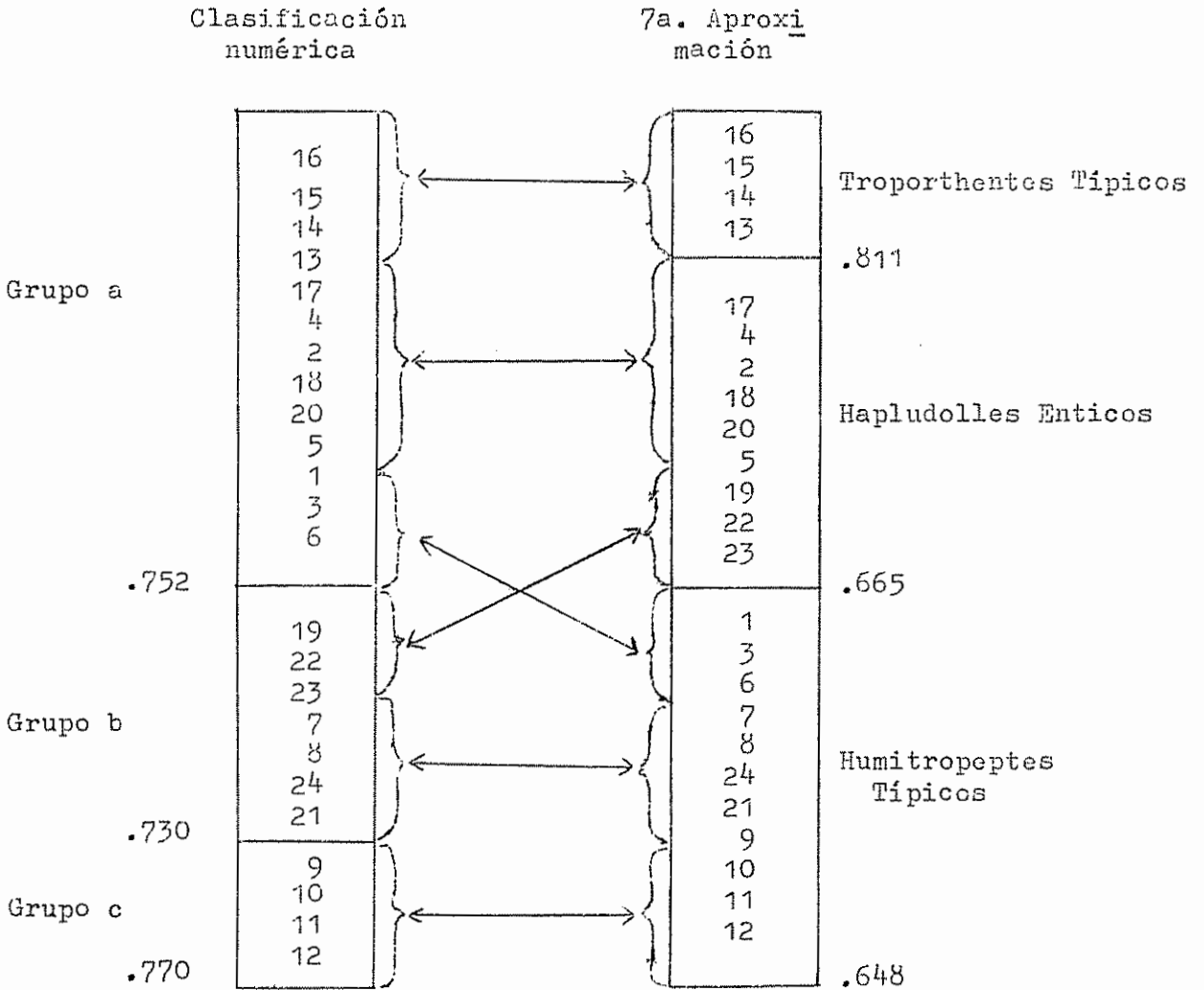


Fig. 14. Relaciones gráficas de la correspondencia entre las clasificaciones de 24 suelos por el método numérico y por la 7a. Aproximación, considerada la primera en el fenón-64 y la segunda a nivel de subgrupos. Los números al lado de las columnas indican la semejanza media dentro del grupo respectivo (\bar{r}).

El fenón-64 fue elegido con el fin de obtener en la clasificación numérica 3 grupos comparables con los 3 subgrupos de la 7a. Aproximación:

Lo primero que se puede observar es que no hay coincidencia total entre ninguno de los grupos. Sin embargo se aprecian tendencias. Los 4 Troportentes Típicos y 6 de los 9 Hapludolles Enticos coinciden en el Grupo a de la Clasificación numérica. Este grupo se completa con los suelos 1, 3 y 6 que son Humitropeptes Típicos, uno de los cuales el 3, junto con 21 y 24 recibió en el Cuadro 8 una clasificación alternativa de Hapludoll Entico. Los Humitropeptes Típicos contribuyen por igual a los Grupos b y c de la Clasificación numérica lo cual es un índice de la heterogeneidad de suelos incluidos en este subgrupo.

4.7.2. Comparación de los promedios de semejanza de las agrupaciones

Una medida de la eficiencia de una clasificación puede ser la homogeneidad con la cual clasifica los objetos y esta medida puede ser el promedio de la semejanza de sus agrupaciones y las desviaciones de la media.

Si se utilizan los índices de semejanza de la matriz del Cuadro 13, se transforman a valores del seno inverso y se promedian los correspondientes a las unidades de los grupos formados por la 7a. Aproximación, la clasificación numérica y las asociaciones de suelos se obtienen los resultados \bar{R} siguientes:

Para: 9 grupos "primarios" de la clasificación numérica:

77,6% (71 a 97,1)

9 familias según la 7a. Aproximación: 72,4% (69 a 84,0)

6 asociaciones de suelos (unidades cartográficas:

75,2% (70,9 a 81,1)

Los tres valores medios anteriores pueden considerarse altos y es evidente que con la clasificación que se obtiene mayor semejanza dentro de los grupos es con la numérica; sin embargo, se debe observar que sus resultados se obtienen "a posteriori" al estudio de campo lo que obligaría, en caso de aplicar sus principios para agrupar suelos con fines cartográficos, a realizar un muestreo en forma de cuadrícula que permitiera luego interpolar líneas de "isosemejanza".

Los grupos formados a nivel de familias de la 7a. Aproximación tuvieron una semejanza media ponderada \bar{R} de 72,4 por ciento, inferior al 75,2 por ciento que logran las asociaciones de suelos. Ello indica que la proximidad geográfica influye más en la semejanza entre estos suelos que los criterios usados por la 7a. Aproximación para clasificarlos al nivel de familias.

5. DISCUSION

Las asociaciones de suelos estudiadas mostraron fuertes variaciones en perfiles ubicados a muy cortas distancias, seleccionados por su posición en la unidad edáfica o por características del mesorrelieve. Tales variaciones se originan debido a múltiples procesos de naturaleza dinámica que causan en las áreas de relieve accidentado un movimiento constante de partículas y masas de suelo de posiciones altas a más bajas y a una alteración casi permanente de los perfiles, ya sea por decapitación o por acumulación. Retzer (27) reporta condiciones de esta naturaleza en áreas montañosas forestadas de los Estados Unidos.

La naturaleza de las variaciones fue estudiada por medio de 4 perfiles en cada una de las 6 asociaciones de suelos más importantes. Cada perfil fue clasificado en todas las categorías de la 7a. Aproximación y también fueron agrupados por un método numérico.

La 7a. Aproximación agrupó los suelos en la forma que se puede apreciar en los Cuadros 11 y 12 y en la Figura 12.

Los suelos de la Asociación A60, en posición de vertiente, fueron separados en la categoría más alta de la clasificación, la de órdenes: los perfiles 1 y 3 son Humitropeptes Típicos y los 2 y 4 con Hapludolles Enticos; estos son un intergrado hacia Entisoles. Tanto los Humitropeptes Típicos como los Hapludolles Enticos son suelos poco desarrollados. En el presente caso se diferencian únicamente en base al porcentaje de saturación de bases: en los prime-

ros es inferior a 50 por ciento en por lo menos el epipedón y en los segundos es superior a esa cifra en todo el perfil. La clasificación de los suelos de la Asociación A60 por medio de la 7a. Aproximación permitió reconocer las diferencias que dieron origen a la selección de los sitios de estudio en esta vertiente: los suelos 2 y 4 pertenecen a áreas denudadas debido a deslizamientos; los 1 y 3 presentan condiciones de acumulación, el primero cerca del pié de la vertiente y en grado mucho menor que el segundo que es producto de un deslizamiento hacia la mitad de la vertiente. Otra diferenciación se produce a nivel de familia: 1 y 3 son Esquelético francos y 2 y 4 son Franco-gruesos.

De los suelos de la asociación A12 en cono de deyección a 2000 m de altitud 3 son Humitropeptes Típicos y uno es Hapludoll Entico. A nivel de familias se tiene que de los tres Inceptisoles los número 7 y 8 pertenecen a la Franco-gruesa y el número 6 es Esquelético-franco. El Mollisol pertenece también a la última familia citada. Otra vez tenemos que la clasificación registró las diferencias en posición y morfología de los suelos que llevaron a la elección de los sitios de muestreo dentro de la unidad.

Los suelos de la asociación A20, en posición de terraza, designados con los números 9, 10, 11 y 12 se clasifican como Humitropeptes Típicos y pertenecen el 9 y 12 a la familia Fina, por textura de la sección de control y los 10 y 11 a la Franca-fina.

En la vertiente a 3000 m de altitud, los suelos de la asociación B61 todos pertenecen al mismo subgrupo, Troporthentes Típicos;

la separación se produce a nivel de familia: 13 y 15 pertenecen a la familia Franco-fina y 14 y 16 a la Franco-gruesa.

Los suelos de la asociación B12, desarrollados en cono de deyección se clasifican así: 22 y 23 son Hapludolles Enticos y 21 y 24 son Humitropeptes Típicos. Los dos primeros pertenecen a la familia Franco-fina y los dos segundos se separan así: 24 es Esquelético-franco y 21 es Franco fino.

Los suelos de la asociación B20, en posición geomorfológica de terraza se clasifican todos como Hapludolles Enticos y en la familia Esquelético franca.

En resumen se puede decir que la 7a. Aproximación, al nivel de subgrupo tendió a agrupar los suelos según la condición climática: 9 Humitropeptes Típicos en las condiciones más lluviosas y cálidas y 6 Hapludolles Enticos en las más secas y frías. En estas condiciones de clima se encuentra también un grupo de 4 suelos en vertiente severamente erodada que fue clasificado como Troporthente Típico. Por medio de las familias y series las variaciones de los suelos dentro de la misma unidad fueron, hasta cierto punto destacadas, en algunos casos desde el nivel más alto, el orden. Se considera que en estos casos la clasificación no da una imagen adecuada de los suelos, hecho que ya ha sido motivo de crítica, particularmente por Webster (41).

La aplicación del método numérico para la clasificación de los suelos requirió la solución de una serie de problemas señalados en la poca literatura existente al respecto, desde el trabajo pionero

de Hole y Hironaka en 1960 (16) hasta los más recientes de Grigal y Arneman de 1968 (15) y de Arkley de 1969 (2).

Para los efectos de comparación entre suelos estos fueron considerados como unidades, tal y como hecho por Bidwell, Marcus y Sarkar (4). Aprovechando la poca diferenciación de horizontes se procedió a estandarizar los perfiles, transformando las propiedades a perfiles con horizontes de 0 a 25 cm, 25 a 50, 50 a 75 y 75 a 100 cm. Un principio similar ha sido esbozado por Russell y Moore (31). Los perfiles transformados fueron comparados por medio de la fórmula del índice de semejanza utilizado por Hole y Hironaka (16) y los resultados de cada comparación fueron ordenados en forma de matriz tal y como usado por Sokal y Sneath (33). En ella se aplicó el método de agrupamiento del grupo-par no ponderado usado entre otros autores por Grigal y Arneman (15). Los cálculos de las correlaciones al final de cada ciclo de agrupamiento fueron hechos de acuerdo con la fórmula de suma de variables de Spearman (33) y con los resultados se construyó el dendrograma de la Figura 11. Para elaborar los dendrogramas de la Figura 13 se utilizó en el recálculo de las correlaciones al final de cada ciclo de agrupamiento el método de los promedios aritméticos, que ha sido usado también por Grigal y Arneman (15). Este es un método sencillo en relación con el de la suma de variables de Spearman y los resultados parecen comparables. El método de agrupamiento del grupo par utilizado en este trabajo tiene las ventajas que le han señalado Sokal y Sneath (33) referentes a la facilidad con que es programado para computado

ras de velocidad media. En el presente estudio en el que solamente se usó una calculadora eléctrica, también resultó adecuado, a pesar de que se utilizó la forma no ponderada que utiliza en cada ciclo de agrupamiento las correlaciones de la matriz inicial y no la inmediata anterior, como se hace en la forma ponderada. Varios autores (16, 26, 31) han usado esta última modalidad, cuya principal ventaja es la facilidad de aplicación y la economía de tiempo en los cálculos.

La clasificación numérica de estos suelos puede ser analizada en forma diversa. Se ha utilizado el de los grupos llamados "primarios" porque ello permite comparar las 9 familias de la clasificación según la 7a. Aproximación con 9 grupos de la numérica.

Las agrupaciones "primarias" tendieron a unir los suelos cercanos en el espacio, de la misma unidad geomorfológica. Sin embargo los grupos b y g del Cuadro 14 incluyen suelos que se apartan de tal tendencia.

En resumen se puede decir que la clasificación numérica resultó ser un magnífico método para tratar el tipo de variaciones que se estudian en este trabajo. Agrupó los suelos con un índice de semejanza mayor que el alcanzado por los grupos de la 7a. Aproximación y permitió valorar la clasificación hecha según este sistema en una forma objetiva. La semejanza de las agrupaciones hechas por las asociaciones de suelos usadas en el estudio de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo (8) también fue analizada por métodos numéricos y el valor medio obtenido, 75,2 por ciento, resultó

Superior al de las familias de la 7a. Aproximación. Esto sugiere la posibilidad de utilizar el método numérico para estudiar unidades taxonómicas de la naturaleza sugerida por Knox (19).

6. CONCLUSIONES

1. Los 24 suelos estudiados pertenecientes a 6 diferentes asociaciones resultaron muy variables dentro del mismo paisaje. En 3 de las 6 unidades estudiadas, suelos situados a pocas decenas de metros de distancia resultaron clasificados en diferentes órdenes de la 7a. Aproximación. En las otras 3 unidades los suelos fueron clasificados en el mismo subgrupo.
2. La clasificación en diferentes órdenes de la 7a. Aproximación de suelos muy cercanos no produce una imagen adecuada de las relaciones entre ellos. Esta falla del método ya ha sido señalada por Webster (41) quien añade que los límites establecidos en forma de evitar clasificaciones dobles del mismo cuerpo, pueden llevar a situaciones absurdas.
3. La clasificación numérica de los suelos resultó ser una técnica valiosa no sólo para analizar las variaciones de suelos de regiones accidentadas, como la estudiada, sino que permitió evaluar la semejanza con que la 7a. Aproximación agrupa las unidades en las clases. Esta posibilidad puede utilizarse, como señalado por Arkley (2), para seleccionar criterios del más alto valor predictivo y la mayor importancia para la clasificación.
4. El uso del promedio ponderado de semejanza permite comparar la homogeneidad con que diversas clasificaciones agrupan los suelos. Los promedios \bar{R} obtenidos para las clasificaciones usadas

fueron, expresadas en porcentaje: 72,4 para la 7a. Aproximación, 77,6 para la clasificación numérica y 75,2 para las asociaciones de suelos usadas como unidades cartográficas.

5. Por medio de la clasificación numérica se obtuvieron los grupos con el más alto nivel de semejanza aún en los grupos "primarios". Desde este punto de vista el método numérico resultó más eficiente; sin embargo se reconoce la dificultad de utilizarlo en el levantamiento de suelos pues sus resultados son posteriores al estudio de campo, durante el cual generalmente se trazan los límites entre los suelos. Por otro lado la 7a. Aproximación, por medio de sus horizontes diagnóstico, resuelve en buena parte este problema.
6. El análisis de semejanza entre los suelos de las 6 asociaciones de suelos reveló oscilaciones de \bar{r} entre 70,9 y 81,1. Considerando que las asociaciones se fundamentan en la unidad de paisaje, los valores de semejanza son extraordinariamente altos, aún más que los de los grupos de la 7a. Aproximación. Es posible que a través de clasificación numérica se puedan estudiar unidades taxonómicas fundadas en el paisaje, de la naturaleza sugerida por Knox (19).

7. RESUMEN

En un área de relieve muy accidentado de los Andes venezolanos en el Estado Mérida, bajo dos condiciones de clima y tres posiciones geomorfológicas, se estudió un total de 24 perfiles de suelos. Los objetivos de la investigación fueron: 1) conocer variaciones de los suelos en cortas distancias, relacionadas con características de relieve o posición en las unidades edáficas, 2) clasificar los suelos en un sistema taxonómico internacional, la 7a. Aproximación, 3) clasificar los suelos según el método numérico y 4) comparar los resultados obtenidos por medio de las dos clasificaciones.

De un estudio anterior se eligieron las 6 asociaciones de suelos más importantes por su uso y extensión, 3 ubicadas en los alrededores de 2000 m de altitud y las otras 3 cerca de 3000 m. En cada altitud se seleccionaron suelos en vertiente, cono de deyección y terraza. Cada unidad fue estudiada por medio de 4 perfiles distribuidos en forma de revelar las variaciones máximas de los suelos relacionadas con posición en la unidad o con características del mesorrelieve. La distancia entre perfiles osciló entre 15 y 150 m. Los suelos fueron caracterizados en el campo y en el laboratorio.

Los 24 perfiles fueron clasificados en 3 subgrupos de 3 órdenes diferentes de la 7a. Aproximación: 11 Humitropeptes Típicos, 9 Hapludolles Enticos y 4 Troporthentes Típicos; los suelos pertenecen a 9 diferentes familias por textura y 13 series.

Algunos de los suelos a 15 m de distancia en vertiente y 150 m

en conos de deyección se clasifican en diferentes órdenes, no obstante que los factores de formación son semejantes. Por resultados similares Webster ha criticado severamente a la 7a. Aproximación.

Los suelos fueron también clasificados por un método numérico. Para ello fue necesario transformar los perfiles a una forma estándar con 4 horizontes de 25 cm de espesor cada uno. Esto fue posible gracias al relativo bajo anisotropismo de los perfiles. Para la caracterización de cada uno de los horizontes se utilizaron 22 propiedades o sea un total de 88 para cada suelo; a éstas se adicionaron 3 de índole general: altitud, pendiente y temperatura a 50 cm de profundidad.

Entre cada par de perfiles transformados se calcularon índices de semejanza con los que se preparó una matriz. El agrupamiento de los suelos se estudió por medio del método no ponderado del grupo-par de Sokal y Sneath y los recómputos de coeficientes de semejanza al final de cada ciclo de agrupamiento fueron hechos por medio de la fórmula general de la suma de variables de Spearman. Con los resultados del agrupamiento se elaboró un dendrograma en el que se pueden efectuar numerosos análisis de la semejanza entre suelos.

Los índices de semejanza permitieron calcular un promedio ponderado \bar{R} de parecido de los grupos formados por las diversas clasificaciones. Estos promedios, incluyendo las asociaciones de suelos usadas como unidad cartográfica, fueron los siguientes:

Familias de la 7a. Aproximación ..	72,4%	(entre 64,6 y 84,0%)
Grupos numéricos "primarios"	77,6%	(entre 69,4 y 97,1%)
Asociaciones	75,2%	(entre 70,9 y 81,1%)

La clasificación numérica fue la que agrupó los suelos con mayor semejanza dentro de las clases y desde este punto de vista fue el método más eficiente; sin embargo, presenta dificultades para uso en levantamiento de suelos que no presenta la 7a. Aproximación. La semejanza dentro de las asociaciones fue muy alta y es posible que a través de métodos numéricos se puedan adelantar estudios de unidades taxonómicas como las sugeridas por Knox.

La clasificación numérica resultó ser un método valioso no sólo para analizar las variaciones de suelos de regiones accidentadas, sino que permitió evaluar la semejanza con que la 7a. Aproximación agrupa sus clases. Esta posibilidad puede usarse, como señalado por Arkley, para seleccionar criterios del más alto valor predictivo y la mayor importancia para la clasificación.

7a. SUMMARY

Twenty four soil profiles from two different climatic zones and three geomorphic positions from an area of the Venezuelan Andes, State of Mérida, were studied. The objectives were 1) to determine how soils vary at short distances in relation to mesorelief characteristics or position in the landscape, 2) to classify the soils in an international taxonomic system, the 7th. Approximation, 3) to classify the soils by a numerical method and 4) to compare results obtained from these classifications.

From an earlier study, the 6 soil associations most important because of use or area were selected: 3 around 2000 m elevation and 3 around 300 m. At each elevation the associations represent soils on mountain slopes, debris cones and terraces. Variations within each unit were studied by means of 4 soil profiles selected in a way to show extreme variations related to position in the unit or to mesorelief characteristics. Distance between profiles varied from 15 to 150 meters. The soils were characterized in the field and laboratory.

The 24 soil profiles were classified in the 7th. Approximation in 3 subgroups of different orders: 11 were Typic Humitropepts, 9 were Entic Hapludolls and 4 were Typic Troprothents. They were grouped in 9 families according to texture and in 13 soil series. Some soils on slopes only 15 meters apart and on debris cones 150 meters apart were classified in different orders of the 7th.

Approximation even though they have been formed under almost identical conditions of soil formation. Because of similar results Webster has severely criticized the 7th. Approximation.

The soils also were classified by a numerical method. To do so, it was necessary to transform the soil profiles to a standard profile of 4 horizons each of 25 centimeter depth. This was possible because of the relative low differentiation of the soil profiles. For the characterization of each horizon, 22 soil properties were used, making 88 for the whole profile. Three characteristics of general nature were added: altitude, soil slope and soil temperature at 50 centimeter depth.

Indexes of similarity were calculated for each soil profile pair and with the results a similarity matrix was built. The soil clustering was studied by means of Sokal and Sneath's unweighted pair group method and the recalculations of similarity correlation at the end of each clustering cycle were done by means of Spearman's sums of variables formula. The clustering found is shown in a dendrogram. Three groups at one level of similarity and nine at another were selected.

Weighted means of similarity indexes for classes and for methods of classification were calculated. For the classifications used in this study, including soil associations, the weighted means were:

Families of the 7th. Approximation ...	72,4	(between 64,6 and 84.0%)
"Primary"numerical groups	77,6	(" 69.4 " 97.1%)
Soil associations	75.2	(" 70.9 " 81.1%)

The classes with the highest similarity indexes were grouped by the numerical classification and from this point of view it was the most efficient method; nevertheless its use presents problems in soil survey not presented by the 7th. Approximation.

The soils in the associations had very high similarity indexes and it is suggested that through numerical methods units based on landscape, of the nature mentioned by Knox, could be studied.

The results show that numerical classification is a valuable method to analyze soil variations in a rough mountainous region but also can be used to evaluate similarity of the groups formed by the 7th. Approximation. This possibility, as mentioned by Arkley, can be used to select criteria of the highest predictive value and of the highest importance for soil classification.

8. LITERATURA CITADA

1. ARKLEY, R. J. Statistical methods in soil classification. In International Soil Science Congress, 9th., Adelaide, 1968. Melbourne, The International Society of Soil Science and Angus & Robertson. 1968. v. 4. pp. 187-192.
2. _____. Factor analysis and numerical taxonomy of soils. Berkeley, University of California, 1969. 7 p. (mimeo).
3. BIDWELL, O. W. y HOLE, F. D. An experiment in the numerical classification of some Kansas soils. Soil Science Society of America Proceedings 28(4):263-268. 1964.
4. _____, MARKUS, I. F. y SARKAR, P. K. Numerical classification of soils by electronic computer. In International Congress of Soil Science, 8th., Bucharest, 1964. Bucharest, Publishing House of the Academy of the Socialist Republic of Rumania. 1964. v. 5. pp. 933-942.
5. BOUYOUCOS, C. J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43(9):435-438. 1955.
6. _____. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54(5):464-465. 1962.
7. CASTILLO, J. B. Suelos. In Cárdenas, A. L. et al. Estudio integral de la cuenca del Chama. Sector Lagunillas de Urao. Mérida, Venezuela, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes. 1963. v. 2, pp. 134-163.
8. _____, et al. Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo. Mérida, Venezuela, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, 1965. 2 v, 283 p.
9. _____, VIVAS, L. y VENTURINI, O. Cuenca montañosa del Uribante: geomorfología, suelos y uso de la tierra. Mérida, Venezuela, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, 1968. 183 p.
10. CLINE, M. G. Basic principles of soil classification. Soil Science 67(2):81-91. 1949.

11. COMERMA, J. A. Pedogénesis de dos asociaciones de suelos en el nor-centro de Venezuela. *Agronomía Tropical* (Venezuela) 18(1):3-56. 1968.
12. CHAPMAN, H. D. Cation exchange capacity. *In* Black, C. A. *et al*, eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, pp. 891-900.
13. CHAVES, L. F. Clima. *In* Castillo, J. B. Estudio de los suelos de las partes altas de los ríos Chama y Santo Domingo. Mérida, Venezuela, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes. 1965. pp. 174-199.
14. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma? 1969? 60 p.
15. GRIGAL, D. F. y ARNEMAN, H. F. Numerical classification of some forested Minnesota soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 33(3):433-438. 1969.
16. HOLE, D. F. y HIRONAKA, M. An experiment in ordination of some soil profiles. *Soil Science Society of America Proceedings* 24(4):309-312. 1960.
17. HUGHES, R. E. y LINDLEY, D. V. Application of biometric methods to problems of classification in ecology. *Nature* 175(4462):806-807. 1955.
18. JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis*. Englewood, Prentice-Hall, 1958. 498 p.
19. KNOX, E. G. Soil individuals and soil classification. *Soil Science Society of America Proceedings* 29(1):79-84. 1965.
20. _____. Reconocimiento y cartografía de suelos. Trad. del inglés por F. Maldonado. Turrialba, IICA, 1969. 6 p. (Mimeo).
21. _____. Criterios simplificados para clasificación en órdenes, subórdenes y grandes grupos de la 7a. Aproximación. Turrialba, IICA, 1970. p. irr. (Mimeo).
22. MUNSEL COLOR COMPANY. *Munsel color charts*. Baltimore, Maryland, 1954. 20 p.

23. OLSEN, R. D. y DEAN, L. A. Phosphorus. In Black, C. A. et al, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, pp. 1035-1048.
24. PEECH, N. Hidrogen ion activity. In Black, C. A. et al, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, pp. 914-925.
25. PRINCE, A. B. Absorption spectrophotometry. In Black, C. A. et al, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, 866-878.
26. RAYNER, J. H. Classification of soils by numerical methods. Journal of Soil Science 17(1):79-92. 1966.
27. RETZER, J. L. Soil formation and classification of forested mountain lands in the United States. Soil Science 96(1): 68-74. 1963.
28. RICH, C. I. Elemental analysis by flame photometry. In Black, C. A. et al, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. v. 2, pp. 849-895.
29. RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soils. In Black, C. A. et al, eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 128-151.
30. ROWLES, C. C. Suelos venezolanos. Maracay, Ministerio de Agricultura y Cría, Centro de Investigaciones Agronómicas, Sección de Suelos. 1969. 115 p.
31. RUSSELL, J. S. y MOORE, A. W. Use of numerical method in determining affinities between some deep sandy soils. Geoderma 1(1):47-68. 1967.
32. SARKAR, P. K., BIDWELL, O. W. y MARKUS, L. F. Selection of characteristics for numerical classification of soils. Soil Science Society of America Proceedings 30(2): 269-272. 1966.
33. SOKAL, R. R. y SNEATH, P. H. A. Principles of numerical taxonomy. San Francisco, California, Freeman, 1963. 359 p.
34. STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw Hill, 1960. 481 p.

35. TRICART, J. Las características fundamentales del sistema morfo-genético de los países tropicales húmedos. Revista Geográfica (Venezuela) 3(7):5-52. 1961.
36. _____. Geomorfología del área de Mucuchíes. In Castillo, J. B. et al. Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo. Mérida, Venezuela, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, 1965. v. 2, pp. 227-230.
37. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL SURVEY STAFF. Soil classification: a comprehensive system. 7th. Approximation. Washington, D. C., U.S. Government Printing Office, 1960. 265 p.
38. _____. Manual de levantamiento de suelos. Trad. del inglés por Juan B. Castillo. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Recursos Naturales Renovables, 1965. 646 p.
39. _____. Supplement to soil classification system (7th. Approximation). Washington, D. C., Soil Conservation Service, 1967. 207 p.
40. _____. Supplement to soil classification system (7th. Approximation). Histosols. Washington, D. C., Soil Conservation Service, 1968. 22 p.
41. WEBSTER, R. Fundamental objections to the 7th. Approximation. Journal of Soil Science 19(2):354-366. 1968.
42. WESTIN, F. Los principales suelos de Venezuela. Maracaibo, Universidad de Zulia, Facultad de Agronomía, 1967? 171 p.

A P E N D I C E S

APENDICE 1

Descripción de los suelos

Perfil 1*

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Tampacal 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 20 Km. al NE de la ciudad de Mérida, carretera a Mucuchíes; 70 m al N de la casa de Martín Briceño.
- d) Altitud : 2.100 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: a 100 m del pié de una vertiente ligeramente cóncava.
 - ii) Forma del terreno circundante: montañoso.
 - iii) Microtopografía: entre cicatrices y paquetes de material movido.
- f) Pendiente: 55%; clase 5; escarpado.
- g) Uso de la tierra: potrero en que predomina Paspalum notatum; mucho helecho.
- h) Clima: 1.300 mm de precipitación promedio anual. Lluvias ligeras en diciembre, enero, febrero, marzo y abril, no inferiores a 30 mm en cada mes. Temperatura anual promedio: 18°C.

* Los suelos fueron descritos entre el 19-8-69 y el 15-9-69 por Juan B. Castillo. El Dr. E.G. Knox asistió en la descripción de los perfiles 1 al 4.

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: materiales de vertiente, movidos a corta distancia. Constituidos por neises muy micáceos y pocos fragmentos de granito.
- b) Drenaje: clase 5; algo excesivamente drenado.
- c) Condiciones de humedad en el perfil: húmedo en el momento de la descripción.
- d) Capa freática: muy profunda.
- e) Piedras en la superficie: 3% de la superficie con piedras mayores de 25 cm de diámetro. Clase de pedregosidad 2.
- f) Evidencia de erosión: hídrica laminar, ligera a moderada.
- g) Influencia humana: poca

III. Descripción del perfil

- A11 0-25 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo (Umbrico) y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco con mucha grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, fina; ligeramente plástico y no adherente; muy friable en húmedo; muchos poros intersticiales muy finos; raíces finas abundantes; mucha mica; límite difuso, plano; pH 5.3.
- A12 25-50 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y (Umbrico) marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco arenoso con mucha grava, ligeramente pedregoso;

granular, débil, fina; ligeramente plástico y no adherente; muy friable en húmedo; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; raíces finas abundantes; mucha mica; límite gradual plano; pH 5.15.

B2 50-80 cm Marrón amarillento (10YR5/4) en húmedo y marrón (Cámbico) pálido (10YR7/4) en seco; franco arenoso con grava, ligeramente pedregoso; granular, muy débil, fina; no hay cutanes; no plástico ni adherente; suelto en húmedo; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; muy pocas raíces finas; mucha mica; límite gradual plano; pH 5.8.

C 80-100 cm Marrón amarillento (10YR5/8) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y7/4) en seco; franco arenoso con mucha grava y piedras; sin estructura; suelto cuando húmedo y no adherente ni plástico; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; pH 5.90.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 2

I. Información del sitio

a) Nombre del suelo: Tampacal 2

- b) Clasificación: Hapludoll Entico, Franco grueso, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación: 100 m al N del perfil 1
- d) Altitud: 2.160 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: en vertiente ligeramente convexa.
 - ii) Forma del terreno circundante: montañoso.
 - iii) Microtopografía: lomo denudado.
- f) Pendiente: Id. a perfil 1
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 1
- h) Clima: Id. a perfil 1

II. Información acerca del suelo:

- a) Material originario: material de vertiente constituido por granito y neises granítico; algunos fragmentos redondeados.
- b) Drenaje: Id. a perfil 1
- c) Condiciones de humedad: Id. a perfil 1
- d) Profundidad de la capa freática: Id. a perfil 1
- e) Piedras en la superficie: Id. a perfil 1
- f) Evidencia de erosión: laminar muy fuerte
- g) Influencia humana: Id. a perfil 1.

III. Descripción del perfil

- A1 0-12 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y (Móllico) marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso con grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, fina; friable cuando húmedo; ligeramente plástico, no adherente en mojado; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; abundantes raíces finas; mica abundante; límite brusco ondulado; pH 6.45.
- C1 12-60 cm Marrón amarillento (10YR5/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y7/4) en seco; franco arenoso con grava; sin estructura; muy friable cuando húmedo; no plástico ni adherente cuando mojado; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas; mica moderada; límite plano, difuso; pH 7.10.
- C2 60-100 cm⁺ Marrón a marrón amarillento (10YR5/3.5) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y7/4) en seco; franco arenoso con grava, pedregoso; sin estructura; suelto; no plástico ni adherente; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; pH 5.40

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 3

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Tampacal 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, (alternativa: Hapludoll Entico); Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 15 m al O del perfil 2
- d) Altitud : 2.160 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: arriba de un cambio de pendiente, ligeramente cóncavo.
 - ii) Forma del terreno circundante: montañoso
 - iii) Microtopografía: ligera depresión.
- f) Pendiente del terreno: 50%, clase 5; escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 1
- h) Clima: Id. a perfil 1.

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: acumulación de vertiente; neises graníticos.
- b) Drenaje: clase 5, algo excesivamente drenado
- c) Condiciones de humedad en el perfil: húmedo cuando descrito.
- d) Profundidad de la capa freática: muy profunda
- e) Piedras en la superficie: Id. a perfil 2
- f) Evidencia de erosión: no hay; acumulación de fragmentos gruesos.

g) Influencia humana: Id. a perfil 1.

III. Descripción del perfil

All 0-25 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y (Móllico) marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso con grava, pedregoso; granular, moderada, fina: muy friable cuando húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adherente cuando mojado; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; muchas raíces finas; mucha mica; límite difuso, plano; pH 5.40.

A12 25-60 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y (Móllico) marrón grisáceo (10YR5/2) en seco, franco arenoso con grava, pedregoso; granular, moderada, fina; muy friable cuando húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adherente cuando mojado; muchas raíces finas; abundante mica; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; límite plano difuso; pH 5.25.

AC 60-100 cm⁺ Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón pálido (10YR6/3) en seco; franco arenoso con poca grava, muy pedregoso; granular, moderada, fina; muy friable cuando húmedo y ligeramente plástico y ligeramente adherente cuando mojado; raíces finas en moderada cantidad; mucha

mica; raíces finas moderadas; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos abundantes; pH 5.85.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 4

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Tampacal 2
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Franco grueso, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 150 m al N del perfil 3
- d) Altitud : 220 m
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: en pendiente fuerte, ligeramente cóncava.
 - ii) Forma del terreno circundante: montañoso
 - iii) Microtopografía: terracetas
- f) Pendiente: 65%, clase 6, muy escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 1
- h) Clima: Id. a perfil 1

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: materiales de vertiente; granito y neises granítico
- b) Drenaje: clase 5, excesivamente drenado

- c) Condiciones de humedad del perfil; húmedo cuando descrito
- d) Capa freática: muy profunda
- e) Piedras en la superficie: clase 2; a 5 metros de distancia
una de otra (25 cm y más de diámetro)
- f) Evidencia de erosión: hídrica laminar, moderada
- g) Influencia humana: poca.

III. Descripción del perfil:

A1 0-18 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y
(Móllico) marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en seco;
franco arenoso con grava, ligeramente pedregoso;
granular, débil, fina; muy friable; ligeramente
plástico y no adherente; muchos poros intersticial
les muy finos; pocos fragmentos gruesos; raíces
finas fibrosas abundantes; mica muscovitica abun-
dante; límite brusco plano; pH 5.6.

C1 18-70 cm Marrón amarillento (10YR5/4) en húmedo y marrón
amarillento claro (10YR5/2) en seco; franco arenos
o, con grava ligeramente pedregoso; granular,
débil, fina; suelto, no plástico ni adherente;
muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos
gruesos frecuentes; moderadas raíces finas; mucha
mica; límite plano; pH 5.85.

C2 70-100 cm⁺ Marrón oliva (2.5Y4/4) en húmedo y marrón amari-
llento claro (2.5Y6/4) en seco; franco arenoso

con grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, moderada; muy friable; ligeramente plástico y no adherente; abundantes poros intersticiales muy finos; poros fragmentos gruesos; pocas raíces finas fibrosas; mica muscovítica abundante: pH 6.25.

Perfil 5

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Cacute 3
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 200 m al SO de la población de Cacute; finca de Alvaro Padrón.
- d) Altitud : 2.140 m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: cono de deyección, parte central convexa.
 - ii) Forma del terreno circundante: colinado
 - iii) Microtopografía: no tiene
- f) Pendiente: 20%, clase 4, moderadamente escarpado.
- g) Uso de la tierra: papas y hortalizas en general cultivadas con métodos agrícolas modernos; algunas pequeñas áreas de potrero.
- h) Clima: Id. a perfil 1.

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: materiales aluviales y coluvio-aluviales en cono de deyección, constituidos por neises graníticos principalmente.
- b) Drenaje: clase 5, algo excesivamente drenado.
- c) Condiciones de humedad en el perfil: húmedo cuando descrito.
- d) Capa freática: muy profunda.
- e) Piedras en la superficie: clase 0, sin piedras mayores de 25 cm de diámetro; ha sido despedrado.
- f) Evidencia de erosión: no hay
- g) Influencia humana: Aradura con tractor, despiedre, muros de piedra al contorno, riego por aspersión, abonos químicos y orgánicos.

III. Descripción del perfil

Al	0-27 cm	Negro a gris muy oscuro (10YR2.5/1) en húmedo y gris muy oscuro (10YR3/1) en seco; franco arenoso con grava, ligeramente pedregoso; granular, fuerte, fina; friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; raíces abundantes; mucha mica muscovítica; contacto brusco irregular; pH 6.20.
----	---------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- C1 27-50 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón pálido (10YR6/3) en seco; arenoso franco con grava, pedregoso; granular, muy débil, media; suelto; no plástico ni adherente; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; raíces finas abundantes; mucha mica muscovítica; límite brusco irregular; pH 6.0.
- C2 50-150 cm Marrón oliva claro (2.5Y5/4) en húmedo y gris claro (5Y7/2) en seco; franco arenoso con grava, pedregoso; blocosa subangular, débil, media; duro cuando seco; friable cuando húmedo; no plástico y ligeramente adherente cuando mojado; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; pH 6.10.

Temperatura del suelo a 50 cm de profundidad: 19°C.

Perfil 6

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Cacute 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco grueso, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 150 m al S del perfil 5
- d) Altitud : 2.140 m s.n.m.

e) Forma del terreno:

i) Posición fisiográfica: pendiente ligeramente cóncava
de cono de deyección.

ii) Forma del terreno circundante: colinado

iii) Microtopografía: no tiene

f) Pendiente: 18%, clase 4, moderadamente escarpado

g) Uso de la tierra: Id. a perfil 5

h) Clima : Id. a perfil 1

II. Información acerca del suelo

a) Material originario: Id. a perfil 5

b) Drenaje : Id. a perfil 5

c) Condiciones de humedad en el perfil: Id. a perfil 5

d) Capa freática: Id. a perfil 5

e) Presencia de piedras en la superficie: Id. a perfil 5

f) Evidencia de erosión: Id. a perfil 5

g) Influencia humana: Id. a perfil 5

III. Descripción del perfil

A1 0-18 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/1) en húmedo y
gris muy oscuro (10YR3/1) en seco; franco arenoso,
(Móllico) so, con grava, ligeramente pedregoso; granular,
fuerte, media; muy friable; ligeramente plástico,
ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos;
pocos fragmentos gruesos; pocas lombrices; mucha mica muscovítica; límite brusco,
plano; pH 4.80.

- C 18-49 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón grisáceo (2.5Y5/2) en seco; franco arenoso con mucha grava; granular, moderada, media; friable; ligeramente plástico y no adherente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos frecuentes; mucha mica muscovítica; límite brusco, plano; pH 4.50.
- Alb 49-80 cm Negro (10YR2/1) en húmedo y marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en seco; franco arenoso con grava, ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; friable; ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; mucha mica muscovítica; límite difuso, plano; pH 4.25.
- Cb 80-110 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y gris (10YR5/1) en seco; franco arenoso con mucha grava, ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; muy friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; mucha mica; pH 4.85.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 19°C.

Perfil 7

I. Información acerca del sitio

- a) Nombre del suelo: Cacute 2
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco grueso, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 100 m SE casa de Carmen Avendaño de Parra.
- d) Altitud : 2.200 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: en el cuello del cono de deyección, ligeramente cóncavo.
 - ii) Forma del terreno circundante: colinado
 - iii) Microtopografía: no tiene
- f) Pendiente: 20%, clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 5
- h) Clima : Id. a perfil 5

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: Id. a perfil 5
- b) Drenaje : " " " "
- c) Condiciones de humedad: " " " "
- d) Capa freática : " " " "
- e) Piedras en la superficie: Id. a perfil 5
- f) Evidencia de erosión : " " " "
- g) Influencia humana : " " " "

III. Descripción del perfil

- A1 0-31 cm Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; granular, moderada, fina; muy friable; ligeramente plástico, ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; pocos vesiculares finos; mucha mica muscovítica; límite neto, plano; pH 5.45.
(Móllico)
- A11b 31-49 cm Marrón muy oscuro (10YR2.5/2) en húmedo y gris oscuro (10YR4/1) en seco; franco arenoso, con grava, pedregoso; granular, fuerte, media; friable; ligeramente plástico, ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos frecuentes; pocas lombrices; mucha mica muscovítica; límite difuso plano; pH 5.50.
(Móllico)
- A12b 49-85 cm Negro (10YR2/1) en húmedo y gris muy oscuro (10YR3/1) en seco; franco con poca grava, ligeramente pedregoso; granular, fuerte media; muy friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos vesiculares finos; pocos fragmentos gruesos; mucha mica muscovítica; límite brusco, plano; pH 5.45.
(Móllico)

B2b 85-115 cm Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y marrón
(10YR5/3) en seco; franco arenoso con grava; pe-
(Cámbico) dregoso; granular, débil fina; no hay cutanes;
friable; ligeramente plástico y ligeramente ad-
herente; muchos poros intersticiales finos; frag-
mentos gruesos frecuentes; mucha mica muscovíti-
ca; pH 5.35.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 19°C.

Perfil 8

I. Información acerca del sitio

- a) Nombre del suelo: Cacute 2
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco grueso, Mez-
clado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 200 m al E de la casa de Alvaro Padrón,
Cacute
- d) Altitud : 2.180 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: pendiente convexa de cono de
deyección.
 - ii) Forma del terreno circundante: colinado
 - iii) Microtopografía: no tiene.
- f) Pendiente: 22%, clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 5
- h) Clima : Id. a perfil 5

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: Id. a perfil 5
- b) Drenaje : " " " "
- c) Condiciones de humedad: " " " "
- d) Capa freática : " " " "
- e) Piedras en la superficie: Id. a perfil 5
- f) Evidencia de erosión : " " " "
- g) Influencia humana : " " " "

III. Descripción del perfil

- A11 0-20 cm Gris oscuro (10YR3/1) en húmedo y marrón grisáceo (10YR3/2) en seco; franco arenoso con grava, (Móllico) ligeramente pedregoso; granular, moderada, fina, friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; mucha mica muscovítica; límite difuso, plano; pH 6.15.
- A12 20-80 cm Gris muy oscuro (10YR3/1) en húmedo y marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en seco; franco, ligeramente pedregoso; granular, moderada, fina; muy friable; ligeramente plástico, ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos vesiculares finos; pocos fragmentos gruesos; límite brusco irregular; pH 5.00.

B2 80-105 cm Marrón oliva (2.5Y4/4) en húmedo y marrón grisáceo (2.5Y5/2) en seco; franco arenoso con grava, (Cámbico) pedregoso; blocosa subangular, moderada, media; no hay cutanes; friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos frecuentes; pH 4.80.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 19°C.

Perfil 9

I. Información acerca del sitio

- a) Nombre del suelo: Las Vueltas 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico.
- c) Altitud : 2.000 m s.n.m.
- d) Ubicación : 200 m al O de la casa de Humberto Quintero, Las Vueltas
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: terraza disectada
 - ii) Forma del terreno circundante: fuertemente ondulado
 - iii) Microtopografía: no tiene.
- f) Pendiente: 15%; clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: potrero de Paspalum notatum y Sporobolus sp.

- h) Clima: 1.600 mm de precipitación promedio anual. Lluvias ligeras en diciembre, enero, febrero, marzo y abril, no inferiores a 30 mm. Temperatura anual promedio: 19°C.

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: materiales aluviales de terraza, constituidos por neises graníticos y granito.
- b) Drenaje: clase 4, bien drenado
- c) Condiciones de humedad: húmedo cuando descrito
- d) Capa freática: muy profunda
- e) Piedras en la superficie: clase 2; piedras de más de 25 cm de distancia cada 10 metros
- f) Evidencia de erosión: no.

III. Descripción del perfil

- A1 0-14 cm Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco con grava; granular, moderada, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos; muy pocos fragmentos gruesos; raíces finas comunes; mucha mica muscovítica; límite brusco irregular; pH 4.65.
- B2 14-43 cm Marrón amarillento (10YR5/6) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso con poca grava; ligeramente pedregoso;

blocosa subangular, débil, media; no hay cutanes; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite abrupto irregular; pH 4.30.

- C 43-100 cm⁺ Oliva pálido (5Y 6/3) en húmedo y gris claro (2.5Y7/2) en seco; franco con poca grava, pedregoso; sin estructura; friable; ligeramente plástico, ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; pocas raíces; mucha mica muscovítica; pH 4.40.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 20°C.

Perfil 10

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Las Vueltas 2
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Fino, Mezclado, Isotérmico
- c) Ubicación : 200 m O de la casa de Humberto Quintero y 100 m al S.
- d) Altitud : 1.990 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 9
- f) Pendiente : " " " 9
- g) Uso de la tierra : " " " 9
- h) Clima : " " " 9

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 9.

III. Descripción del perfil

- A1 0-45 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR4/2) en seco; franco con (Umbrico) poca grava; granular, moderada, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos vesiculares finos; muy pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite brusco, plano; pH 4.35.
- B2 45-100 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón fuerte (7.5YR5/6) en seco; arcilloso (Cámbico) con poca grava y ligeramente pedregoso; estructura blocosa subangular, moderada, fina; no hay cutanes; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos tubulares finos; pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas; poca mica muscovítica; límite difuso, plano; pH 4.40.
- B3 100-150 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón fuerte (7.5YR5/6) en seco; franco arcilloso arenoso con poca grava y ligeramente pedregoso; estructura maciza; ni plástico ni adherente; muchos poros intersticiales; abundantes fragmen-

tos gruesos constituidos por granito y neis granítico.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 20°C.

Perfil 11

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Las Vueltas 2
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 300 m al O de la casa de Humberto Quintero.
- d) Altitud : 1.990 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 9.
- f) Pendiente : 6%; clase 3, inclinado
- g) Uso de la tierra : Id. a perfil 9
- h) Clima : " " " 9

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 9

III. Descripción del perfil

A1 0-27 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco; franco (Umbrico) con poca grava y ligeramente pedregoso; granular, moderada, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales, finos y pocos

vesiculares, finos; muy pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; pocas lombrices; poca mica muscovítica; límite abrupto ondulado; pH 4.5.

B2 27-57 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4.5/4) en húmedo y marrón pálido (10YR5.5/4) en seco; arcilloso, ligeramente pedregoso; granular, muy fina, débil; no hay cutanes; friable; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales muy finos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas fibrosas; poca mica muscovítica; límite difuso ondulado; pH 4.80.

(Cámbico)

B3 57-100 cm⁺ Marrón amarillento (10YR5/6) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso con poca grava, pedregoso; granular, muy fina, débil; friable; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales finos; abundantes fragmentos gruesos; algunas raíces; poca mica muscovítica; pocos restos de actividad de lombrices; pH 5.10.

Temperatura del perfil a 50 cm: 20°C.

Perfil 12

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Las Vueltas 1
- b) Clasificación : Humitropepe Típico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : 300 m al O de la casa de Humberto Quintero y 60 al S.
- d) Altitud : 1.980 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 9.
- f) Uso de la tierra : cultivo de papas con riego, fertilización, uso de maquinaria, y control de plagas.
- g) Pendiente : 10%; clase 3, inclinado
- h) Clima : Id. a perfil 9

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los puntos al perfil 9

III. Descripción del perfil

Al 0-29 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco; franco, ligeramente pedregoso; granular, moderada, (Umbrico) fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; y pocos vesículas finas; muy pocos fragmentos gruesos; muchas

raíces finas; pocas lombrices; poca mica muscovitica; límite abrupto ondulado; pH 4.70.

B2 29-67 cm Marrón amarillento (10YR5/6) en húmedo y marrón fuerte (7.5YR5/8) en seco; arcilloso con poca grava, ligeramente pedregoso; granular, fina, débil; pocos cutanes, delgados, zonales; friable; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales finos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces; poca mica muscovítica; límite difuso ondulado; pH 4.90.

B3 67-100 cm⁺ Amarillo marronusco (10YR6/8) en húmedo que no cambia al secar; franco con poca grava, ligeramente pedregoso, blocosa subangular, muy débil, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; pH 5.50.

Temperatura del suelo a 50 cm: 20°C.

Perfil 13

I. Información acerca del sitio

- a) Nombre del suelo: Los Aposentos 1
- b) Ubicación : Caserío Los Aposentos, al NO de Mucuchíes, 200 m al NO de la casa de Pedro Centeno.

- c) Clasificación: Troperthente Típico, Franco fino, Mezclado,
No ácido; Isotérmico.
- d) Altitud : 3.120 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: vertiente de pendiente muy fuerte, ligeramente cóncava
 - ii) Forma del terreno: fuertemente socavado
 - iii) Microtopografía: irregularidades en forma de ligeras depresiones y altos.
- f) Pendiente : 60%, clase 6, muy escarpado
- g) Uso de la tierra : Reforestado en 1954 con Eucalyptus globulus y otras especies forestales.
Pastoreado.
- h) Clima : 600 mm de precipitación media anual
y 14°C de temperatura media anual.

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: material de vertiente, movido a cortas distancias; constituido por granito, neises graníticos y pocos esquistos.
- b) Drenaje : Bien drenado, clase 4
- c) Condiciones de humedad: húmedo cuando descrito
- d) Capa freática : muy profunda
- e) Piedras en la superficie: piedras de 25 cm y más de diámetro
a 15 m de distancia, clase 1.

f) Evidencia de erosión: hídrica, laminar, con cárcavas, muy fuerte.

g) Influencia humana: cultivo prolongado de trigo en fuertes pendientes ha provocado fuerte erosión.

III. Descripción del perfil

- A1 0-25 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso con grava y ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; muy friable; (Ocrico) no plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos vesiculares, finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; límite abrupto, ondulado; pH 5.80.
- A1b 25-70 cm Marrón oscuro (10YR3/2.5) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco arcilloso; estructura blocosa subangular media gruesa; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales, finos y pocos tubulares, medios; muy pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; lin dero abrupto ondulado; pH 5.90.
- Cb 70-130 cm Marrón amarillento (10YR5/4) en húmedo y marrón amarillento (10YR6/4) en seco; franco arenoso con mucha grava, ligeramente pedregoso; suelto; no plástico ni adherente; muchos poros intersticiales gruesos; pocos fragmentos gruesos; pH 6.10.

Temperatura del perfil a 50 cm de profundidad: 17.5°C.

Perfil 14

I. Información del sitio de la muestra

- a) Nombre del suelo: Los Aposentos 2
- b) Ubicación : 100 m al S del perfil 13
- c) Clasificación : Troporthente Típico, Franco grueso, Mezclado, No ácido, Isotérmico
- d) Altitud : 3070 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 13
- f) Pendiente : 50%; clase 5, escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 13
- h) Clima : Id. a perfil 13

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 13

III. Descripción del perfil

A1 0-29 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arenoso con grava, (Ocrico) ligeramente pedregoso; granular, fina, débil; friable; no plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; poca mica muscovítica; lindero difuso, ondulado; pH 6,10.

- C1 29-58 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón muy pálido (10YR7/4) en seco; franco arenoso con poca grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, débil, fina; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros vesiculares finos; pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas; poca mica muscovítica; lindero difuso ondulado; pH 5.80.
- C2 58-115 cm Marrón amarillento claro (10YR6/4) en húmedo y marrón muy pálido (10YR8/4) en seco; franco arenoso con grava, pedregoso; blocosa subangular, muy débil, media; friable; no plástico ni adherente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos frecuentes; poca mica muscovítica; pH 5.95.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 15

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Los Aposentos 1
- b) Clasificación : Troporthente Típico, Franco fino, Mezclado, No ácido; Isotérmico.
- c) Ubicación : 15 m al E del perfil 14, en la misma curva de nivel.
- d) Altitud : 3.070 m s.n.m.

- e) Forma del terreno: Id. a perfil 13
- f) Pendiente : 50%; clase 5, escarpado
- g) Clima : Id. a perfil 13

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 13

III. Descripción del perfil

- A1 0-31 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arenoso, con (Ocrico) grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, fina; friable; no plástico, ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares finos; poco fragmento grueso; muchas raíces finas; poca mica muscovítica; límite difuso ondulado; pH 5.75.
- B2 31-72 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso, con grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, débil, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales, finos y pocos vesiculares muy finos; muy pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; poca mica muscovítica; límite difuso, plano; pH 5.85.
- B3 72-120 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso, con

mucha grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, moderada, media; suelto; no plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces finas; pH 6.25.

Temperatura del suelo a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 16

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Los Aposentos 2
- b) Clasificación : Troprothente Típico, Esquelético franco, Mezclado, No ácido; Isotérmico.
- c) Ubicación : 100 m al S del perfil 15
- d) Altitud : 3.040 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: pedimento en pendiente cóncava
 - ii) Forma del terreno : fuertemente socavado
 - iii) Microtopografía : Id. a perfil 13
- f) Pendiente: 40%; clase 5, escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 13
- h) Clina : Id. a perfil 13

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 13

III. Descripción del perfil

- Al 0-29 cm Marrón (10YR4.5/3) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso con grava y ligeramente pedregoso; estructura granular, fina, débil; friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; poca mica muscovítica; límite difuso, plano; pH 5.80.
- (Ocrico)
- Alb 29-56 cm Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arcilloso con grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, débil, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos tubulares medios; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; límite difuso, plano; pH 5.80.
- Cb 56-115 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y marrón muy pálido (10YR7/4) en seco; franco arcillo arenoso, con mucha grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, moderada, media; suelto; no plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales gruesos y pocos vesiculares finos; frecuen-

tes fragmentos gruesos; poca mica muscovítica;
pH 5.90.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 17

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucuchíes
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : En Mucuchíes, parcela de Sra. Graciela de Parra
- d) Altitud : 2.980 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: cono-terrazza del Pleistoceno
 - ii) Forma del terreno circundante: ondulado
 - iii) Microtopografía: no tiene
- f) Pendiente : 8%; clase 3, inclinado
- g) Uso de la tierra: papas, hortalizas en general, con métodos agrícolas modernos; trigo.
- h) Clima: Id. a perfil 13

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: aluvial, depositado en el Pleistoceno en forma de conos-terrazza; constituido por granito, neises graníticos y esquis tos.

- b) Drenaje : Algo excesivamente drenado; clase 5
- c) Humedad del perfil: húmedo cuando descrito
- d) Capa freática : muy profunda
- e) Piedras en la superficie: clase 1, 3% piedras de más de
25 cm de diámetro; ha sido des-
pedrado.
- f) Influencia humana : despiedre, aradura, riego por aspersión,
aplicación de fertilizantes y abonos or-
gánicos.

III. Descripción del perfil

- A1 0-20 cm Marrón oscuro (7.5YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; franco, con grava, ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; friable; ligeramente plástico y ligeramente adhe-
rente; muchos poros intersticiales finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; poca mica muscovítica; límite claro, plano; pH 5.90.
- C1 20-52 cm Marrón (7.5YR4/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR4/2) en seco; franco arenoso, con grava y muy pedregoso; granular, moderada, media; muy friable; ligeramente plástico, ligeramente adhe-
rente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos frecuentes; pocas raíces; límite claro, plano; pH 6.05.

C2 52-100 cm⁺ Marrón (10YR5/3) en húmedo y marrón amarillento claro (2.5Y6/4) en seco; franco arenoso, con grava, muy pedregoso; granular, moderada, débil; muy friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales finos y pocos vesiculares finos; fragmentos gruesos frecuentes; pH 6.40.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 18

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucuchíes
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : en el cuadrante del pueblo de Mucuchíes, propiedad de Rafael Rangel.
- d) Altitud : 2.970 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 17
- f) Pendiente : 7%; clase 3, inclinado
- g) Clima : Id. a perfil 17.

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los puntos a perfil 17.

III. Descripción del perfil

- A1 0-28 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR3.5/2) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (2.5Y4/2) en seco; franco, con grava, ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; friable, ligeramente plástico, adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; mucha mica muscovítica; pocas lombrices; límite claro, plano; pH 6.10.
- C 28-100 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (2.5Y5/2) en seco; franco, con mucha grava y mucha piedra; fragmentos gruesos abundantes de granitos, neises y esquistos; pH 6.60.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 19

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucuhíes
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Esquelético Franco, Mezclado, Isotérmico
- c) Ubicación : En la parte SE del cuadrante de Mucuchíes, propiedad de Felipe Nieto
- d) Altitud : 2.970 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. al perfil 17

f) Pendiente: 10%; clase 3, inclinado

g) Clima : Id. al perfil 17.

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 17

III. Descripción del perfil

- A1 0-21 cm Gris muy oscuro (10YR5/1) en húmedo y gris (10YR4.5/1) en seco; franco arcillo arenoso, con (Móllico) grava y ligeramente pedregoso; granular, moderada, media; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; muy pocos fragmentos gruesos; lombrices abundantes; límite claro, plano; pH 6.40.
- B2 21-40 cm Marrón (10YR4/3) en húmedo y gris marronusco claro (10YR5.5/2) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; granular, muy débil, (Cámbico) fina; no hay cutanes; friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares finos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas lombrices; límite claro plano; pH 6.60.
- C 40-100 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón grisáceo (2.5Y5/2) en seco; franco arenoso, con grava, pedregoso; blocosa subangular, muy débil, media; friable; no plástico, ligera-

mente adherente; muchos poros intersticiales finos; fragmentos gruesos abundantes; pH 6.90.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 20

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucuchíes
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico
- c) Ubicación : Oeste del pueblo de Mucuchíes, finca de María Espiritu Sánchez
- d) Altitud : 3.000 m s.n.m.
- e) Uso de la tierra: Id. a perfil 17
- f) Pendiente: 10%, clase 3, inclinado
- g) Clima : Id. a perfil 17

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos a perfil 17

III. Descripción del perfil

All	0-16 cm	Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y gris olivo (2.5Y5/2) en seco; franco arcilloso, con poca grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, (Móllico)
-----	---------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; muy poco fragmento grueso; friable; plástico, adherente; muchos

poros intersticiales muy finos; muchas raíces; poca mica; límite claro, plano; pH 5.30.

A12 16-36 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5/2) en seco; arcilloso, con poca grava; granular, débil, media; friable; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares medianos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces; poca mica muscovítica; límite difuso, irregular; pH 5.60.

B2 36-57 cm Marrón grisáceo oscuro (2.5Y4/3) en húmedo y olivo (5Y5/3) en seco; franco arcilloso, con grava; granular débil, media; no hay cutanes; friable; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares medianos; muy pocos fragmentos gruesos; pocas raíces; poca mica muscovítica; límite abrupto, irregular; pH 5.70.

C 57-100 cm⁺ Marrón grisáceo oscuro (2.5Y4/3) en húmedo y olivo (5Y5/3) en seco; franco arcillo arenoso, con mucha grava, pedregoso; sin estructura; suelto; no plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales medianos; fragmentos gruesos abundantes; pocas raíces; mucha mica muscovítica; pH 5.80.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 17°C.

Perfil 21

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucumpate 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Franco fino; Mezclado; Isotérmico. (Alternativa: Hapludoll Entico)
- c) Ubicación : En Mucumpate, 3 Km al E de Mucuchies, finca de la Sra. A. Parra
- d) Altitud : 2.980 m s.n.m.
- e) Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: pendiente convexa de cono de deyección
 - ii) Forma del terreno circundante: colinado
 - iii) Microtopografía: no tiene
- f) Pendiente : 20%, clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 17
- h) Clima : Id. a perfil 17

II. Información acerca del suelo

- a) Material originario: aluviales y coluvio aluviales; formados por granitos, neises graníticos y esquistos.
- b) Drenaje : moderadamente bien drenado; clase 3
- c) Humedad del perfil : húmedo cuando descrito
- d) Capa freática : muy profunda
- e) Piedras en la superficie: clase 1; piedras mayores de 25 cm de diámetro, a 20 m una de otra.

- f) Influencia humana: despiedre, aradura con tractor; riego por aspersión, fertilización, abonos orgánicos.

III. Descripción del perfil

- A11 0-21 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, fina; friable; ligeramente plástico y ligeramente adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite abrupto irregular; pH 4.70.
- (Móllico)
- A12 21-64 cm Negro (10YR2/1) en húmedo y negro (10YR2/1) en seco; franco arcilloso; blocosa, subangular, débil, grande; firme; muy plástico y muy adherente; muchos poros vesiculares finos; muy pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite difuso, irregular; pH 5.0.
- (Móllico)
- B2 64-85 cm Marrón oscuro (10YR3/2.5) en húmedo y marrón (10YR4/3) en seco; franco arcilloso con poca grava, ligeramente pedregoso; blocoso subangular, débil, medio; no hay cutanes; friable; plástico, adherente; muchos poros vesiculares finos; muy

poco fragmento grueso; pocas raíces; mucha mica;
pH 5.30.

C 85-126 cm Marrón oscuro (10YR3/2.5) en húmedo y marrón oscuro (10YR3/3) en seco; franco arcillo arenoso; con grava, mucha piedra; muchos poros intersticiales finos; abundantes fragmentos gruesos; pH 5.25.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 16°C.

Perfil 22

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucumpate 2
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : En Mucumpate, al E de Nucuchies, propiedad del Dr. Mario Romero, 200 m al O de perfil 21
- d) Altitud : 2.950 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 22
- f) Pendiente: 16%; clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 17
- h) Clima : Id. a perfil 17

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos al perfil 21

III. Descripción del perfil

- A11 0-20 cm Marrón muy oscuro (10YR3/1) en húmedo y marrón grisáceo (10YR4/2) en seco; franco con poca grava; granular, débil, fina; friable; plástico, adherente; muchos poros intersticiales muy finos; muy poco fragmento grueso; pocas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite claro, plano; pH 5.75.
(Mólllico)
- A12 20-41 cm Marrón muy oscuro (10YR3/1) en húmedo y gris oscuro (10YR4/1) en seco; franco arcillo arenoso, con poca grava; blocoso subangular; débil, fina; ligeramente firme; muy plástico y muy adherente; muchos poros intersticiales muy fino y pocos vesiculares finos; muy pocos fragmentos gruesos; mucha mica; límite abrupto irregular; pH 5.0.
(Mólllico)
- B21 41-65 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; blocoso subangular, muy débil, media; no hay cutantes; friable; plástico y adherente; mucho poro intersticial muy fino; poco fragmento grueso; límite difuso, irregular; pH 5.35.
- B22 65-110 cm Marrón amarillento oscuro (10YR4/4) en húmedo y marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso, con

grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, muy débil, media; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; muy pocos fragmentos gruesos; pH 5.60.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 16°C.

Perfil 23

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucumpate 2
- b) Clasificación : Hapludoll Entico, Franco fino, Mezclado, Isotérmico.
- c) Ubicación : Finca del Dr. Mario Romero, en La Mucumpate, a 100 m al E del perfil 22, entre perfiles 21 y 23.
- d) Altitud : 2.965 m s.n.m.
- e) Forma del terreno: Id. a perfil 21
- f) Pendiente : 20%; clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra: Id. a perfil 17
- h) Clima : Id. a perfil 17

II. Información acerca del suelo

Id. en todos los aspectos a perfil 2

III. Descripción del perfil

A1 0-28 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco;

(Móllico)

franco, con poca grava, ligeramente pedregoso; granular, débil, media; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces finas; mucha mica muscovítica; límite abrupto, irregular; pH 5.10.

Alb 28-39 cm

Gris muy oscuro (10YR3/1) en húmedo y marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco; franco arcillo arenoso, con poca grava; blocosa subangular; muy débil, media; duro en seco; firme en húmedo; muy plástico y muy adherente en mojado; muchos poros intersticiales muy finos y muchos vesículas muy finos; pocos fragmentos gruesos; pocas raíces; mucha mica muscovítica; límite abrupto irregular; pH 5.30.

A3b 38-56 cm

Marrón grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo y marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular, débil, media; duro en seco; friable en húmedo; plástico, adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; pocas raíces; mica muscovítica abundante; límite abrupto, irregular, pH 5.60.

B2b 56-105 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR6/4) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; blocosa subangular débil, media; no hay cutantes; duro en seco; firme en húmedo; plástico y adherente; muchos poros intersticiales finos; poco fragmento grueso; pocas raíces; mucha mica muscovítica; pH 6.35.

Temperatura a 50 cm de profundidad: 16°C.

Perfil 24

I. Información del sitio

- a) Nombre del suelo: Mucumpate 1
- b) Clasificación : Humitropepte Típico, Esquelético franco, Mezclado, Isotérmico (Alternativa Hapludoll Entico)
- c) Ubicación : Mucumpate, finca del Dr. Mario Romero, al E de Mucuchíes.
- d) Altitud : 1.955 m s.n.m.
- d) Forma del terreno: Id. al perfil 21
- f) Pendiente : 20%; clase 4, moderadamente escarpado
- g) Uso de la tierra : Id. a perfil 17
- h) Clima : Id. a perfil 17

III. Descripción del perfil

- A1 0-28 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR4/2) en húmedo y marrón grisáceo (10YR5.5/2) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; granular, muy débil, fina; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; pocos fragmentos gruesos; muchas raíces; mucha mica; límite claro, irregular; pH 4.80.
- (Umbrico)
- B2 28-60 cm Marrón oscuro (10YR3/3) en húmedo y marrón (10YR5/3) en seco; franco arenoso, con grava, ligeramente pedregoso; granular, muy débil, fina; no hay cutanes; friable; plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos y pocos vesiculares finos; fragmentos gruesos frecuentes; pocas raíces; mucha mica; límite difuso irregular; pH 5.20.
- (Cámbico)
- B3 60-115 cm Marrón (10YR4/4) en húmedo y marrón pálido (10YR5.5/3) en seco; franco arenoso, con grava, pedregoso; granular, débil, fina; friable, plástico y adherente; muchos poros intersticiales muy finos; fragmentos gruesos frecuentes; mucha mica; pH 5.70.

Temperatura del perfil a 50 cm: 15°C.