
ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE SUELOS EN ZONA DE SELVAS NUBLADAS DE LOS ANDES DE MÉRIDA, VENEZUELA

Water structural stability of soils developed under cloudy forest bioclimatic zone in the Andes of Merida, Venezuela

Mauricio Vera* y **Roberto López****

* Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales, ULA, Mérida, Venezuela. ** Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Parque La Isla, Apartado 219, Mérida, Venezuela.

Resumen

Se realizó un estudio de la estabilidad de los agregados al agua en nueve suelos (Humoxic Tropohumults, Vertic Tropohumults, Oxic Humitropepts y Troporthods), desarrollados en zona bioclimática de selvas nubladas en el estado Mérida, Venezuela. Como variables en este estudio se consideraron los dife-

rentes materiales parentales de los suelos y la cobertura vegetal y uso de la tierra (bosque-pastizal). Se describieron y analizaron los perfiles representativos de cada suelo y se muestrearon los horizontes superficiales para los análisis de estabilidad estructural, los cuales se realizaron aplicando la metodología de Yoder modificada. Los suelos bajo bosque y bajo pastizal, en cada una de las áreas estudiadas, presentaron diferencias mor-

tadísticamente significativas en la estabilidad estructural, en asociación a las diferentes condiciones de uso de las tierras. De los nueve suelos estudiados, cinco presentaron de moderada a alta estabilidad estructural de agregados al agua y cuatro se catalogaron de baja a muy baja estabilidad estructural; condición mayormente asociada, de acuerdo al análisis estadístico, con los materiales parentales, condicionantes, en alto grado de las propiedades físico-químicas de estos suelos.

Palabras clave: Estabilidad estructural del suelo, selvas nubladas, pastizal, andes venezolanos, Mérida.

Abstract

A research was conducted in order to study the water structural stability of nine soils (Humoxic Tropohumults, Vertic Tropohumults, Oxic Humitropepts y Troporthods) developed under cloudy forest bioclimatic zone in Merida state, Venezuela. The study considered land use (forest-grasses) and parent material

as the factors (independent variables) that affect soil structural stability which was evaluated using the modified Yoder methodology. Soils under forest and those under grasses presented contrasting morphological characteristics, but not statistical significant differences were detected in soil structural stability as influenced by differences in land use conditions. Five out of the nine soils showed moderate to high structural stability, the other four soils were catalogued as materials of low to very low structural stability. Such a condition seems to be related to differences in soil parent materials which condition in a high degree the physical-chemical properties of these soils.

Key words: soil structural stability, cloudy forest, grassland, Andes, Mérida

INTRODUCCIÓN

Los suelos como sistemas naturales se originan y evolucionan bajo la influencia de factores y procesos pedogenéticos, los cuales determinan sus propiedades morfológicas, físicas, químicas y biológicas. La alteración de las condiciones originales bajo las cuales se han formado los suelos, bien por causas naturales o antropogénicas origina cambios o modificaciones en su balance energético e hídrico que pueden afectar su dinámica interna y consecuentemente sus propiedades. Al respecto, Jenny (1980) indica que la deforestación o la actividad agrícola ejercen una profunda modificación en el sistema suelo que induce a un nuevo ciclo de evolución a partir del suelo original.

La estructura del suelo, propiedad muy importante por su relación y acción reguladora sobre atributos edáficos como son la porosidad, aireación, permeabilidad, capacidad de almacenamiento de humedad y erosionabilidad, es quizás la más afectada por la intervención de los ecosistemas naturales en equilibrio. Trabajos previos sobre los efectos del cambio de uso sobre el suelo (Cunningham, 1963; Daniels *et al.*, 1983; Parker y Chartres, 1983; Pawluk, 1986; Failache, 1987; Vera y Failache, 1987; Vera, 1990) evidencian severas modificaciones en la estructura y su estabilidad, así como en las propiedades asociadas a ésta. Igualmente es conocido el efecto de los cultivos, prácticas agrícolas o de diversos sistemas de manejo sobre esa propiedad (Pla, 1978; Malagón, 1978; López, 1978; Martel y Mackenzi, 1980; Roose, 1981; Baldock y Kay, 1987; Kay *et al.*, 1988; Perfect *et al.*, 1990).

Las adecuadas condiciones climáticas de la zona de selvas nubladas han propiciado el desarrollo creciente de actividades agropecuarias a través de la sustitución de la vegetación natural por pastizales, haciendo necesario determinar las modificaciones que se producen en el suelo con el cambio de uso a fin de prever el impacto de tales acciones y tomar las medidas pertinentes. En este sentido, el presente trabajo se desarrolló teniendo como objetivo la evaluación de la estabilidad estructural de suelos en zona de selvas nubladas bajo diferentes condiciones de litología y uso de las tierras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área estudiada

Las áreas consideradas en este estudio están localizadas en los Andes venezolanos; Sierra Nevada de Mérida y Sierra de La Culata en el estado Mérida, entre los 8° 40' y 8° 10' de latitud norte y 71° 00' y 71° 30' de longitud oeste. Estas áreas se ubican en una zona altitudinal de clima templado húmedo de montaña, de carácter isotérmico con pequeñas variaciones en las temperaturas medias mensuales de los meses más calientes y más fríos, y con oscilaciones diarias poco importantes. Las precipitaciones se enmarcan entre las isoyetas de 1.200 y 1.600 mm, distribuidas según un patrón bimodal en el que se presenta un corto período de escasas lluvias entre los meses de diciembre a marzo.

Por su posición altitudinal, (2.000 a 2.500 m.s.n.m.), así como por el efecto de la orientación y orografía de Los Andes sobre los vientos, en todas las áreas estudiadas existe una importante nubosidad a lo largo del año. La vegetación natural está representada por la típica selva nublada andina o bosque húmedo o muy húmedo montano. Son selvas siempre verdes, montanas, mesotérmicas de carácter higrófilo, ricas en epífitas (Bromeliáceas, Araliáceas, Aráceas y Ciclantáceas) que se apoyan sobre individuos de diversas familias entre las que destacan las Podocarpaceas, Lauráceas, Myrtáceas y Euforbiáceas, entre otras.

Desde el punto de vista geológico, cada uno de los sectores estudiados se asocia a diferentes formaciones con importantes contrastes estructurales, cronológicos y litológicos, que han influenciado la dinámica geomorfológica y la distribución y naturaleza de los suelos. Estos sectores son los siguientes:

Sector El Rincón, Canaguá (Sitios 1 y 2), 2.250 msnm, los suelos descritos: Humoxic Tropohumults, se han desarrollado sobre pizarras lutíticas de la formación Mucuchachí (Paleozoico Superior), en una ladera orientada al Este y con una pen-

diente del 35%.

Sector San Rafael del Chama (Sitios 3 y 4), 2200 msnm, los suelos, Oxic Humitropepts y Humoxic Tropohumults, se han desarrollado sobre granitos micáceos de la formación Sierra Nevada (Pre-Cámbrico), en una ladera con orientación Este y 25% de pendiente.

Sector San Bailón (Sitios 5 y 6), 2.250 msnm, los suelos, Humoxic Tropohumults, se han desarrollado sobre limolitas y areniscas de la formación La Quinta (Triásico Superior y Jurásico), en una ladera orientada al Este y con 22% de pendiente. Sector La Carbonera (Sitios 7 y 8), los suelos, Vertic Tropohumults, se han desarrollado sobre lutitas, limolitas y areniscas del Terciario Indiferenciado, en una colada barrosa orientada al Este y con 12% de pendiente.

Sector El Pedregal (Sitio 9), 2.100 msnm, el suelo clasificado como Troorthod se ha desarrollado sobre una terraza cuaternaria con materiales constituidos por areniscas de la formación Aguardiente (Cretáceo Superior) y bloques heterométricos de granitos, esquistos y gneises de la formación Sierra Nevada (Pre-Cámbrico), orientada al Oeste y con 15% de pendiente.

La distribución de los suelos en estos sectores es bastante compleja, en función de las formas de la tierra, su estabilidad relativa y la naturaleza y composición de sus materiales parentales (Vera, 1985). Los suelos estudiados son, en general, profundos, bien diferenciados, muy permeables, bien estructurados y de baja capacidad de retención de la humedad, muy ácidos, desaturados, de baja fertilidad natural y con altos contenidos de materia orgánica y aluminio cambiante.

La actividad predominante en esos sectores es la ganadería lechera y en menor proporción el cultivo de la papa, maíz, caraotas, arvejas y fresas. A pesar de la importancia biológica e hidrológica de las selvas, éstas son sustituidas por pastizales de *Melinis minutiflora* y *Pennisetum clandestinum*. Estos pastizales por lo general son manejados extensivamente, sin incorporación regular de fertilizantes y enmiendas, y sin considerar la heterogeneidad espacial de los suelos, lo cual constituye un factor importante en la degradación de los mismos y en el apareamiento de focos erosivos que demeritan la calidad y productividad de las tierras.

Procedimiento experimental, métodos de campo y laboratorio

En cada uno de los cuatro sectores seleccionados, dentro de la faja bioclimática de selvas nubladas de los andes Merideños, se ubicaron dos parcelas de 0,25 ha, localizadas sobre la misma posición geomorfológica pero sometidas a diferentes usos, una bajo vegetación de bosque y otra bajo pastizales. Todas las parcelas con pastos fueron deforestadas hace 60-80 años, y durante los últimos 30 años han sido mantenidas como

pastizales.

La homogeneidad edáfica de las parcelas en cada una de las áreas estudiadas, se verificó mediante un muestreo intensivo con barreno, teniendo como criterios la similaridad textural, color y secuencia de los horizontes, la naturaleza de los materiales parentales, la pendiente y exposición. En cada parcela se abrió una calicata de 1,5 m de profundidad para la descripción de los perfiles y toma de muestras para su caracterización. Paralelamente, se tomaron cuatro muestras compuestas del horizonte superficial para determinar las posibles diferencias en fertilidad y estabilidad estructural.

Estas muestras fueron sometidas a los siguientes análisis (IGAC, 1979): textura por el método de Bouyoucos; densidad aparente por el método del cilindro; pH por el método potenciométrico; carbono orgánico por el método de combustión húmeda; nitrógeno total por Kjeldahl; capacidad de intercambio catiónico por el método del acetato de amonio a pH 7; bases cambiables por el método de espectrofotometría de absorción atómica; acidez cambiante por el método de Yuan. Para el análisis de la estabilidad estructural de los suelos se empleó la metodología de Yoder (1936) modificada (USDA, 1970); para la determinación de las medias geométricas del diámetro de agregados estables al agua se aplicó la fórmula de Mazurak (1950).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos bajo bosque y bajo pastizales en cada una de las áreas estudiadas, presentan diferencias morfológicas contrastantes en cuanto a presencia de horizontes orgánicos; espesor, distribución de raíces y actividad biológica en los horizontes A, y en la secuencia y profundidad de los horizontes en el perfil (Vera, 1990). En los Cuadros 1a y 1b se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de los horizontes superficiales considerados.

Características Físicas

Los suelos estudiados presentaron texturas que variaron entre arcillo-arenosa y areno-francosa, no apreciándose variaciones importantes en esta característica con el cambio de uso. No obstante, se observó el predominio de clases texturales medias a finas en los suelos de los sitios 1, 2, 3 y 4, y contenidos de arcilla superiores al 30%, mientras que en los suelos restantes hubo una dominancia de las clases texturales gruesas, lo cual refleja la influencia de los materiales de partida sobre esta característica.

Los valores de densidad en todos los suelos fueron bajos, fluctuando entre 0,63 y 1,23 Mg.m⁻³. El efecto del cambio de uso sobre esta característica se manifestó en incrementos que fluctuaron entre 13 y 58% en los suelos bajo pastizales, respecto a sus homólogos bajo bosques. Los menores incrementos porcentuales en densidad se apreciaron en el suelo del

Cuadro 1a. Características físico-químicas de los horizontes superficiales de los suelos muestreados para el estudio de estabilidad

estructural.

Sitio	Localidad (uso)	Suelo	Textura			Clase	Da (Mg.m ⁻³)	pH		C.O. (g.kg ⁻¹)	N	C:N	CIC	CiCe
			A	L	a			H ₂ O	KCl				cmol(+).kg ⁻¹	
			(g.kg ⁻¹)					1:1						
1	Canaguá (bosque)	Humoxic Tropohumult	400	50	550	Aa	0,72	3,9	3,75	72	3,7	20	15,5	7,5
2	Canaguá (pastizal)	Huoxic Tropohumult	320	180	500	Aa	0,87	4,45	3,95	49	3,2	15	11	4,9
3	San Rafael (bosque)	Oxic Humitropept	340	0	660	FAa	0,8	4,5	3,3	66,5	4,1	21	25,5	10,3
4	San Rafael (pastizal)	Humoxic Tropohumult	340	160	500	FAa	0,88	4,25	3,8	84,1	4,9	17	21	8,4
5	San Bailón (bosque)	Humoxic Tropohumult	180	200	620	Fa	0,63	5,05	3,8	71,1	4,9	15	13	4
6	San Bailón (pastizal)	Humoxic Tropohumult	150	230	620	Fa	0,84	4,9	3,85	38,2	2,9	13	10	4,1
7	Carbonera (bosque)	Vertic Tropohumult	180	430	390	F	0,8	4,4	3,75	99,9	4,6	21	11	6,8
8	Carbonera (pastizal)	Vertic Tropohumult	270	400	330	F-FA	0,96	4,36	3,95	52,6	3	18	9	9,1
9	El Pedregal (pastizal) pastoreo	Troporthods	20	120	860	aF	1,23	4,2	2,78	23,8	0,7	34	3	3

Cuadro 1b. Características físico-químicas de los horizontes superficiales de los suelos muestreados para el estudio de estabilidad estructural.

Sitio	Localidad (uso)	Suelo	Bases cambiables				Acidez cambiante			Saturación de Bases (%)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	Total	
			cmol(+).kg ⁻¹				cmol(+).kg ⁻¹			
1	Canaguá (bosque)	Humoxic Tropohumult	1,04	0,96	0,76	0,17	1,24	3,3	4,56	19
2	Canaguá (pastizal)	Huoxic Tropohumult	0,85	0,43	0,41	0,15	0,52	2,8	3,36	16,7
3	San Rafael (bosque)	Oxic Humitropept	0,02	0,13	0,21	0,09	1,84	8	9,8	1,76
4	San Rafael (pastizal)	Humoxic Tropohumult	0,92	1,45	0,46	0,1	0,96	4,5	5,44	13,9
5	San Bailón (bosque)	Humoxic Tropohumult	0,04	0,19	0,25	0,09	0,44	3	3,4	4,4
6	San Bailón (pastizal)	Humoxic Tropohumult	0,03	0,13	0,19	0,07	0,68	3	3,72	4,2
7	Carbonera (bosque)	Vertic Tropohumult	0,15	0,5	0,09	0,61	0,64	4,8	5,44	12,3
8	Carbonera (pastizal)	Vertic Tropohumult	1,35	0,51	0,07	0,09	0,92	6,2	7,06	22,4
9	El Pedregal (pastizal) pastoreo	Troporthods	0	0,11	0,29	0,02	1,2	0,4	1,6	14,1

sitio 4, posiblemente asociado a la pequeña variación en su contenido de carbono orgánico y a su textura franco arcillo arenosa, mientras que el máximo incremento en densidad se apreció en el suelo del sitio 6, posiblemente por la influencia de su textura franco arenosa y por la sensible reducción del 46% de su contenido en carbono orgánico (Cuadro 2). Por otra parte, el mayor valor de densidad se encontró en el suelo 9, el cual presentó los contenidos de materia orgánica más bajos y la textura más gruesa (areno francosa).

Características Químicas

En los suelos analizados, el contenido en carbono orgánico fluctuó entre 23,8 y 99,9 g.kg⁻¹ con predominio de valores que se pueden interpretar como muy altos. Al comparar los suelos bajo cada condición de uso, se notó un sensible decrecimiento en el contenido de carbono en los suelos bajo pastizal, excepto en el Sector San Rafael del Chama, tal como puede apreciarse en la Cuadro 2. Estas diferencias entre los suelos de

cada condición de uso se deben inicialmente a los grandes aportes de materia orgánica por la vegetación natural, material que al estar sujeto a una lenta descomposición tiende a acumularse e incorporarse lentamente al suelo. Los contenidos de nitrógeno total presentaron variaciones similares a las del carbono orgánico, con decrecimientos que fluctuaron entre 14 y 41%, respecto a los suelos bajo bosques.

Los valores bajos obtenidos para el pH, caracterizan estos suelos de ácidos a muy ácidos, con variaciones menores asociadas al cambio de uso en cada sitio, lo cual parece indicar el poco efecto del mismo (Cuadro 1b). La capacidad de intercambio catiónico, de mediana a baja como condición general, se muestra bastante afectada con el cambio de uso, disminuyendo en los suelos bajo pastizal hasta en un 30% con respecto a la condición del suelo bajo bosque.

Cuadro 2. Comparación de los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total en los horizontes superficiales de los suelos estudiados.

Sector	Uso de la tierra	Suelo	C. Orgánico (g.kg ⁻¹)	N. Total (g.kg ⁻¹)
Canaguá	Bosque	Humoxic Tropohumult	72	3,7
	Pastizal	Humoxic Tropohumult	49	3,2
	Diferencia	Absoluta %	-23,0 -32	-0,5 -14
San Rafael del Chama	Bosque	Oxic Humitropept	66,5	4,1
	Pastizal	Humoxic Tropohumult	84,1	4,9
	Diferencia	Absoluta %	+17,6 +26	+0,8 +20
San Bailón	Bosque	Humoxic Tropohumult	71,1	4,9
	Pastizal	Humoxic Tropohumult	38,2	2,9
	Diferencia	Absoluta %	-32,9 -46	-2,0 -41
La Carbonera	Bosque	Vertic Tropohumult	99,9	4,6
	Pastizal	Vertic Tropohumult	52,6	3
	Diferencia	abs. %	-47,3 -47	-1,6 -35

Observación: Las diferencias con valores positivos o negativos representan ganancias o pérdidas, respectivamente, del pastizal respecto al bosque, para cada sector.

Estabilidad Estructural

Los resultados de los análisis de estabilidad estructural indican que, de los nueve suelos estudiados cinco presentan de moderada a alta estabilidad de los agregados al agua y los cuatro restantes se comportaron en el rango de baja a muy baja estabilidad (Cuadro 3). Particularmente, el suelo Troporthod (sitio 9) presentó la más baja estabilidad y por ende la mayor susceptibilidad a la degradación, coincidente con sus pocas favorables características físico-químicas, comentadas anteriormente. Por otra parte, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad estructural de los suelos en cada condición de uso (Cuadro 4), a pesar de las diferencias detectadas en el contenido de carbono orgánico, factor relevante sobre esta característica según lo señalan diversos autores (Malagón, 1976; Pritchett, 1986; Jaimes, 1982; Tisdal y Oades, 1982).

Estos resultados, que contrastan con los reportados en estudios similares (Martel y Mackenzie, 1980; Cointepas y Makilo, 1982), pueden tener su origen en los siguientes fenómenos: los altos contenidos de materia orgánica, tipos de humus y contenidos de óxidos de hierro y aluminio de los suelos (Vera, 1985; Vera, 1990), los cuales pueden ser agentes causales de los valores altos de estabilidad estructural detectados. Greenland (1971) indica que cuando los óxidos de hierro y aluminio son polimerizados en las superficies arcillosas originan el desarrollo de fuertes enlaces entre la arcilla y la materia orgánica, lo cual tiende a incrementar la resistencia de los agregados a la acción del agua. En relación a los óxidos de hierro y aluminio y la estabilidad estructural, Desphande *et al.*, (1964,

citados por Quirk y Murray, 1991) atribuyen a los primeros los agregados estables en varios suelos estudiados. Sin embargo, la remoción de significantes cantidades de estos óxidos de los agregados por el tratamiento con ditionito no afectó su estabilidad estructural, mientras que la remoción de pequeñas cantidades de aluminio por tratamiento con HCl 0,1N la disminuyó marcadamente.

Greenland *et al.*, (1962, citados por Quirk y Murray, 1991) indican que la implantación de pastizales por períodos superiores a 4 años favorece la estabilidad estructural de los suelos. Para períodos inferiores al señalado, las fracciones de polisacáridos y poliurónidos, componentes de la materia orgánica del suelo, fueron efectivas en conferir una estabilidad estructural algo efímera.

Carter *et al.*, (1994), al evaluar la habilidad de diferentes gramíneas de clima templado y húmedo para mejorar la agregación de un suelo franco arenoso, encontraron diferencias significativas en agregados estables al agua pero no relacionadas con la fracción de materia orgánica del suelo ni con la producción de materia seca de las gramíneas. La grama, césped o pastos, posiblemente por su sistema de enraizamiento, han sido considerados por Williams y Cooke (1961), como más efectivos que la aplicación de abono orgánico, para la estructuración, composición de los agregados y su resistencia al tratamiento mecánico de las tierras. Al respecto, Stone y Buttery (1989; citados por Carter *et al.*, 1994) señalan diferencias en la habilidad de diferentes gramíneas para mejorar la agregación del suelo, relacionándolas al desarrollo del sistema de raíces.

Estudios recientes (Perfect y Kay, 1990) indican que los incrementos en la estabilidad de los agregados no correlacionó con los incrementos en el contenido de carbono orgánico total, sugiriendo que algunos componentes del "pool" de carbono orgánico son más activamente relacionados que otros en la estabilización de los agregados. Asumiendo una relación lineal entre esos componentes activos y la estabilidad de los agregados, la cantidad de materiales estabilizantes presentes debe aumentar exponencialmente con el tiempo, cuando se introducen plantas forrajeras en suelos previamente usados para la producción de cultivos en surcos. Ekwue (1990) muestra que la materia orgánica de suelos tratados con gramíneas y turba reducen la desagregación del suelo, pero que los procesos relacionados con este fenómeno son diferentes

Las gramíneas contienen materia orgánica coloidal que reduce la disgregación por aumentar la estabilidad de los agregados, mientras que la turba contiene materia orgánica fibrosa que actúa como un "mulch" pero que reduce la estabilidad de los agregados. Haynes y Swift (1990), al evaluar la relación entre estabilidad de los agregados y los constituyentes orgánicos, sugieren a los carbohidratos extractables con agua caliente, como la fracción orgánica más importante en la formación de agregados estables, de acuerdo a la alta correlación encontrada entre ambas. Sin embargo, aun cuando muchos estudios han mostrado que la estabilidad estructural está fuertemente correlacionada con la materia orgánica, la fracción de ésta que la favorece no ha sido plenamente identificada (Quirk y Murray, 1991).

Cuadro 3. Estabilidad estructural de agregados al agua, en los horizontes superficiales de los suelos estudiados.

Sitio	Suelo	Geomorfología/ Geología	Vegetación	Agregados estables (mm) en el horizonte A (g.kg ⁻¹)						Media ¹ Geométrica (mm)	Apreciación de la Estabilidad Estructural
				6,3 - 4	4 - 3,36	3,36 - 2	2 - 1	1 - 0,5	<0,5		
1	Humoxic Tropohumult	Vertiente masiva. Filitas.	Bosque	534	217,2	21,6	9,7	5,8	211,7	1,76 a	moderada-alta
2	Humoxic Tropohumult	Formación Mucuchachí.	Pastizal	561,6	205,1	31	13,4	9,4	179,5	2,21 a	alta
3	Oxic Hunmitropept	Vertiente masiva. Granitos, esquistos	Bosque	474,7	130,8	29,7	6,1	4	356,7	1,18 b	moderada
4	Humoxic Tropohumult	gneises. Formación Sierra Nevada.	Pastizal	353	90,5	23,4	5,9	3,4	523,8	0,68 b,c	muy baja
5	Humoxic Tropohumult	Vertiente masiva. Areniscas, conglomerados.	Bosque	344,3	145,4	4,1	0,7	0	505,5	0,79 b,c	muy baja
6	Humoxic Tropohumult	Formación La Quinta.	Pastizal	360,9	112,9	26,7	3,5	2,8	493,8	0,72 b,c	baja-muy baja
7	Vertic Tropohumult	Colada barrosa. Areniscas, lutitas.	Bosque	598,1	152,6	22	2,2	1,1	224	1,81 a	moderada-alta
8	Vertic Tropohumult	Terciario indiferenciado.	Pastizal	618,5	156	37,5	9,5	4,8	173,7	2,02 a	alta
9	Troporthod	Terraza cuaternaria. Areniscas. Formación Aguardiente. Granito, esquistos. Formación Sierra Nevada.	Arbustal asclerófilo (pastoreo extensivo)	250,1	127,3	80,6	24,5	15,6	501,9	0,58 c	muy baja

¹Medias geométricas con la misma letra, no presentan diferencias significativas por la prueba de Duncan. Cada valor escrito en el cuadro, es el promedio de nueve observaciones.

Por último es pertinente señalar la presencia de una película hidrofóbica sobre la superficie de los agregados de todos los suelos analizados, similar a la descrita por Vera (1985) para los suelos de la cuenca del río Capaz, la cual debe desempeñar un papel muy importante sobre la estabilidad de los agregados estructurales de los horizontes superficiales. De acuerdo a Giovannini y Luchesi (1983), la notable repelencia de los agregados del suelo al agua probablemente deriva de la composición de la materia orgánica y de las partículas minerales del suelo.

Sullivan (1990) señala que el efecto estabilizante de la materia orgánica sobre los agregados puede, de hecho, estar relacionado a las propiedades hidrofóbicas de algunos constituyentes orgánicos, las cuales favorecen la cantidad de aire encapsulado, dentro de los materiales del suelo durante la absorción, disminuyendo la entrada de agua en los agregados.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la media geométrica del diámetro de agregados estables en agua.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F	S.E.
Mat. Parent. (MP)	3	22280363,9	7426787,9	28	**
Vegetación (V)	1	11858	11858	0	n.s.
MP x V	3	2246596,11	748865,37	2,82	*
Bloques	2	1688841,19	844420,6	3,18	*
Repeticiones	2	85202,53	42601,26	0,16	n.s.
E.E.	60	15924049,6	265400,83		
Total	71	42236911,3			

G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrado de las medias; F = Valor calculado para el Test de F; S.E. = Significado estadístico.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian importantes diferencias en la estabilidad estructural de los suelos asociadas a la litología de sus materiales parentales, cuyo conocimiento puede servir de base para su manejo y conservación. Los suelos derivados de las formaciones La Quinta y Aguardiante, pertenecientes a clases texturales gruesas, a pesar de su alto contenido de carbono orgánico, presentaron una estabilidad estructural muy baja posiblemente asociada a sus menores contenidos de arcilla; situación contrastante se apreció en los suelos derivados de la formación Mucuchachí y del Terciario Indiferenciado, los de mayores valores de estabilidad estructural, donde además de la riqueza en arcilla se presentan los mayores contenidos de carbono orgánico.

No se detectaron las diferencias esperadas en la estabilidad estructural en los suelos bajo bosque y bajo pastizal. Al parecer, las diferencias en el contenido de carbono orgánico de ambas condiciones de uso no afectan su estabilidad estructural; ello puede estar relacionado con el establecimiento de una nueva condición de equilibrio en el suelo bajo pastizal, que permita la restitución de las propiedades físico-químicas que se han degradado como consecuencia de la disminución de materia orgánica, tal como ha sido señalado por Mouttapa (1973, citado por Nwoboshi, 1981). Los bajos contenidos relativos de carbono orgánico en los suelos bajo pastizal, se asocian a la baja producción e incorporación de residuos orgánicos como consecuencia del déficit hídrico y nutricional de estos suelos bajo el actual sistema de manejo extensivo. De igual manera, deben influir en estos valores la mayor tasa de descomposición por efectos microclimáticos y por efecto de la fauna del suelo, la cual juega un importante papel en los procesos de descomposición (Vera, 1990) y que es afectada por el cambio de uso, en su composición y abundancia, ello en concordancia con los resultados presentados por Barreto y León (1988).

Tales hallazgos permiten señalar de manera preliminar que la utilización de estas tierras con fines pecuarios no constituye un factor de degradación de la estructura del suelo superficial, sin embargo es necesario desarrollar nuevos trabajos que

permitan dilucidar con mayor precisión la influencia de los factores involucrados en la formación de agregados estables en estos suelos.

LITERATURA CITADA

- BALDOCK, J., y B. KAY. 1987. Influence of cropping history and chemical treatment on the water-stable aggregation of silt loam soil. *Can. J. Soil Sci.* Vol. 67:501-511.
- BARRETO, M., y D. LEON. 1988. Estudio de la fauna edáfica en ambiente bioclimático de selvas nubladas en Los Andes Venezolanos. Tesis de grado. Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- CARTER, M., D. ANGERS, y H. KUNELIUS. 1994. Soil structural form and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 58:1194-1199.
- COINTEPAS, J., y R. MAKILO. 1982. Bilan de l'evolution des sols sous culture intensive dans une station experimental en milieu tropical humide. *Cah., ORSTOM., ser. Pedologie*, Vol. XIX, N 3:271-282.
- CUNNIGHAM, R. 1963. The effects of clearing a tropical forest soil. *J. Soil Sci.* Vol. 14: 334-344.
- DANIELS, W., D. AMOS, y J. BAKER. 1983. The influence of forest and pasture on genesis of a humid temperate region ultisol. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* Vol. 47: 560-569.
- EKWUE, E. 1990. Effect of organic matter on splash detachment and the processes involved. *Earth Surface Processes and Landforms* Vol. 15: 175-181.
- FAILACHE, S. 1987. Evolución de las propiedades físico-químicas de un suelo bajo diferentes usos en zona bioclimática de selvas nubladas. Tesis de Grado, Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- GIOVANNINI, G., y S. LUCHESI. 1983. Effects of fire on hydrophobic and cementing substances of soil aggregates. *Soil Sci.* Vol. 136: 231-235.
- GREENLAND, D. 1971. Interaction between humic and fulvic acids and clays. *Soil. Sci.* Vol. 111: 34-41.
- HAYNES, R., y R. SWIFT. 1990. Stability of soil aggregates

- in relation to organic constituents and soil water content. *J. Soil Sci.* Vol. 41: 73-83.
- IGAC. 1979. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección de Agrología. Bogotá, Colombia.
- JAIMES, E. 1982. Dinámica de vertiente y su relación con la evolución de los suelos en la cuenca media del río Mujún. Tesis MSc, CIDIAT-ULA. Mérida, Venezuela.
- JENNY, H. 1980. The soil resource. Origin and behaviour. *Ecological Studies* 37, Springer-Verlag.
- KAY, B., D. ANGERS, P. GROENEVELT, y J. BALDOCK. 1988. Quantifying the influence of cropping history on soil structure. *Can. J. Soil Sci.* Vol. 68: 359-368.
- LÓPEZ, R. 1978. Evaluación de diferentes materiales orgánicos como mejoradores de estructura en suelos de la depresión de Quíbor, bajo condiciones de riego. Tesis MSc. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- MALAGÓN, D. 1976. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Vol. XII, N° 7. Bogotá, Colombia.
- MALAGÓN, D. 1978. Mineralogía, génesis y aspectos derivados, en los principales suelos de la depresión de Quíbor, Estado Lara, Venezuela. SC-27. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- MAZURAK, A. 1950. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. *Soil Sci.* Vol. 69:135-148.
- MARTEL, Y., y A. MACKENZIE. 1980. Long term effects of cultivation and land use on soil quality in Quebec. *Can. J. Soil Sci.* Vol. 60: 411-420.
- NWOBOSHI, L. 1981. Soil productivity aspects of agrisilviculture in the west Africa rain forest zone. *Agroecosystems.* Vol. 7, n 3.
- PARKER, C., y C. CHARTRES. 1983. The effects of recent land use changes on red podzolic soils near Sydney, N.S. W., Australia. *Catena* Vol. 10: 61-76.
- PAWLUK, S. 1986. Vegetation and management effects upon some properties of black chernozemic soils of the Edmonton region. *Can. J. Soil Sci.* Vol. 66: 73-89.
- PERFECT, E., B. KAY, W. VAN LOON, R. SHEARD y T. POJASOK. 1990. Rates of change in soil structural stability under forages and corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 54: 179-186.
- PERFECT, E. y B. KAY. 1990. Relations between aggregate stability and organic components for a silt loam soil. *Canadian J. Soil Sci.* Vol. 70: 731-735.
- PLA, I. 1978. Dinámica de las propiedades físicas y su relación con problemas de manejo y conservación de suelos agrícolas de Venezuela. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- PRITCHETT, W. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa, México.
- QUIRK, J. y R. MURRAY. 1991. Towards a model for soil structural behaviour. *Aust. J. Soil Res.* Vol. 29: 829-867.
- ROOSE, E. 1981. Quelsques conclusions des recherches francaises sur la dynamique actuelle des sols en Afrique Occidentale. *Cah. ORSTOM., ser. Pedol.,* Vol. XVIII, N° 3-4:285-296.
- SULLIVAN, L. 1990. Soil organic matter, air encapsulation and water stable aggregation. *Soil Sci.* Vol.41:529-534.
- TISDALL, J. y J. OADES. 1982. Organic matter stable aggregates in soil. *Soil Sci.* Vol. 33: 141-163.
- USDA. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura N° 60. Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA). 5ta. Edición en Español. Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
- VERA, M. 1985. Génesis y evolución de suelos sobre diferentes litologías en zona bioclimática de selvas nubladas. Trabajo de ascenso, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Geografía. Mérida, Venezuela.
- VERA, M., y S. FAILACHE. 1987. Evaluación de las propiedades físico-químicas en un suelo bajo diferentes usos en zona bioclimática de selvas nubladas. X Congreso Latinoamericano y IX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracaibo, Venezuela.
- VERA, M. 1990. Incidencias del manejo tradicional sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un Vertic Tropohumult en ambiente bioclimático de selvas nubladas. XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. La Habana, Cuba.

WILLIAMS, R. y G. COOKE. 1961. Some effects of farmyard manure and grass residues on soil structure. Soil Sci. Vol. 92: 30-39.

YODER, R. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Am. Soc. Agron. J. Vol. 28: 337-351.
