

SUELOS DE LA CUENCA DEL SANTO DOMINGO, SECTOR EL BAHO (CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA) MERIDA-VENEZUELA

Jesús Sánchez, Jajaira Oballos y Guido Ochoa

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales, Laboratorio de Suelos, Mérida-Venezuela,
E-mail: oballos@forest.ula.ve/guidooch@forest.ula.ve

RESUMEN

Con objeto de realizar una caracterización físico-química en función de la génesis de los suelos del Sector El Baho, Cuenca alta del río Santo Domingo, estado Mérida, se implementó un muestreo anidado en una parcela de 8,75 ha (250 x 350 m). En la cual se realizaron 48 observaciones, que se caracterizan por presentar: texturas arenosas a francas, contenidos de materia orgánica y de nitrógeno altos, pH ácidos a extremadamente ácidos y porcentajes de saturación de bases bajos a medianos. Desde del punto de vista morfológico los suelos se caracterizan por presentar horizontes A/Roca (91,90%), que de acuerdo con Soil Survey Staff (1994) pueden ser clasificados como Lytic Dystrupepts, Lytic Eutropepts y Lytic Troporthents. La génesis de estos suelos está condicionada en lo fundamental por las condiciones climáticas y las formas del terreno.

Palabras clave: Suelos de montaña, pedogénesis, carbono orgánico, espesor.

ABSTRACT

With object of carrying out a characterization physics-chemistry in function of the genesis of the soils of the Sector El Baho, high Basin of the river Santo Domingo, Mérida state, was used a nested sampling in a parcel of 8.75 ha there is (250 x 350 meters). In which they were taken 48 profiles, that they are characterized by presenting: sandy textures to loam, contents of organic material and of high nitrogen, acids pH to extremely acids and percentages of saturation of bases low to medium. From of the point of view morfologic the soils are characterized by presenting a horizon A/ Rock (91,90%), that in accordance with Soil Survey Staff (1994) they could be classified like Lytic Dystrupepts, Lytic Eutropepts and Lytic Troporthents. The genesis of these soils is conditioned in the fundamental for the conditions climatic and the forms of the land.

Key Words: Mountain Soils, pedogenesis, organic carbon, thickness.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte del proyecto de génesis de suelos en la cuenca del río Santo Domingo, estados Mérida y Barinas desarrollado por el Grupo Medio y Pedología. La Cuenca del Santo Domingo presenta características muy particulares desde el punto de vista pedogenético dadas las diferente formaciones geológicas, pisos altitudinales, y una gran diversidad de ambientes bioclimáticos que encierra tanto la vegetación, como micro ambientes ecológicos. Todo ello enmarca las condiciones del suelo y su génesis.

El objetivo del presente trabajo es el de caracterizar desde el punto de vista físico-químico los suelos y su génesis.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en la cuenca media alta del río Santo Domingo, ubicada en la cordillera de los Andes, Sierra Santo Domingo, sector El Baho, Mérida, Venezuela, entre los 8°58' - 9°00' de Latitud Norte, y 70°40' - 70°50' Longitud Oeste (altitud 2230 msnm, Figura 1). Geomorfológicamente el área se encuentra emplazada entre una posición de vertiente y un cono de origen glacio torrencial. Se seleccionó en esta zona una toposecuencia, ordenada y sistematizada con relación en criterios topográficos, vegetación, litología, pendiente, etc. En el sector domina la precipitación sobre la evapotranspiración potencial (1251.1 mm Vs 1173.1 mm, respectivamente) y las temperaturas se encuentran alrededor de 14 °C.

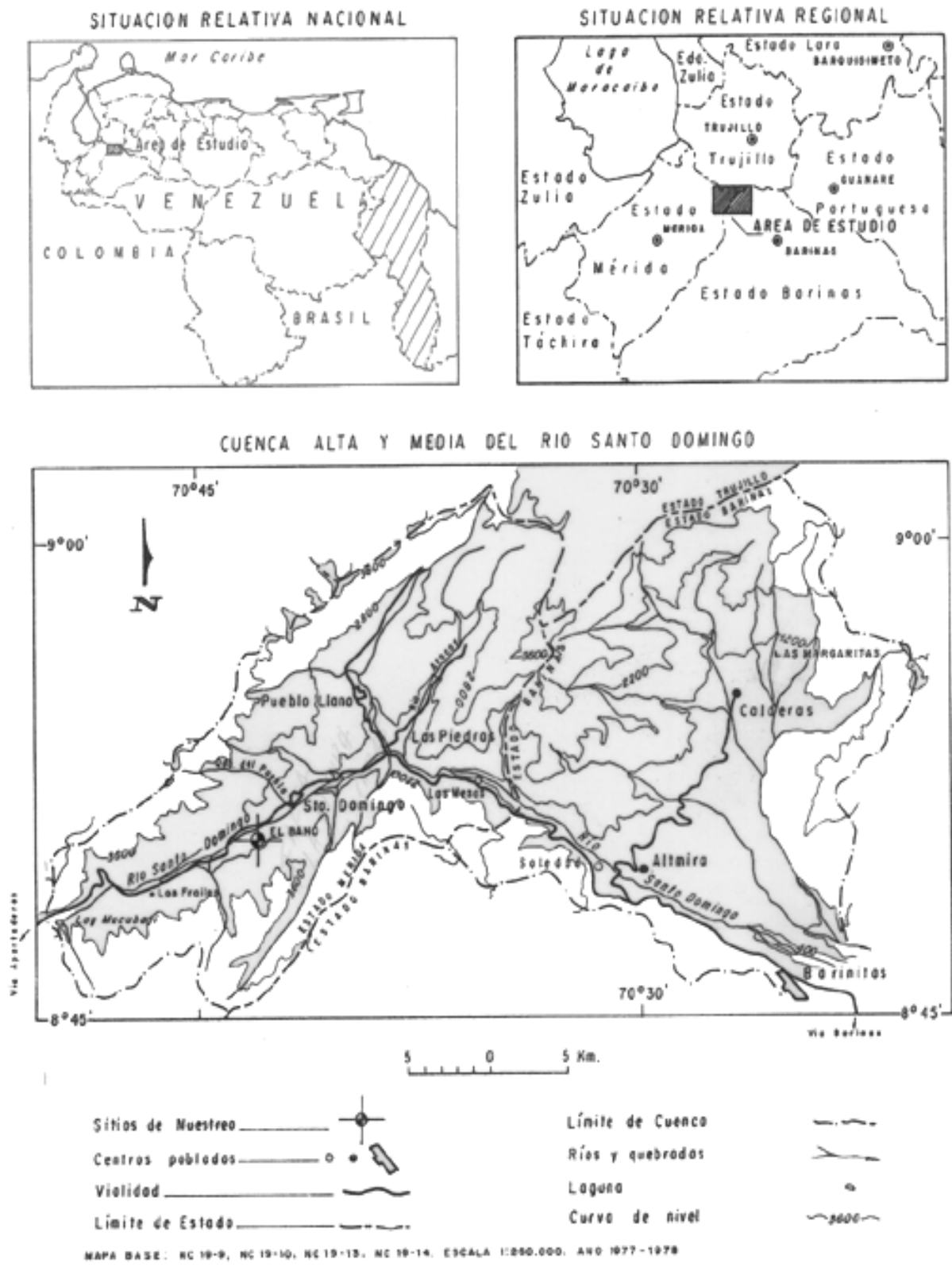


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

La selección de los puntos se realizó mediante un muestreo jerárquico (anidado), basado teóricamente en el modelo estadístico de los componentes de varianza. Se utilizó un total de cuatro (4) niveles jerárquicos con seis (6) puntos de muestreo en el primer nivel y dos replicaciones en cada uno de los niveles siguientes, para un total de 48 puntos a muestrear. Los intervalos de distancia fueron: 100 m para el nivel uno, 50 m para el nivel dos, 25 m para el nivel tres y 12,5 metros para el nivel cuatro, con una distribución espacial al azar, es decir la dirección de cada uno de ellos con respecto al otro fue aleatoria.

En cada punto de muestreo se realizó una perforación con barreno y a las muestras se les estudió: *La textura*: método de Bouyoucos; *La Retención de humedad a 1/3 y a 15 atm*: método de las ollas de presión; *pH (H₂O y KCl, relación 1:1)*: método potenciométrico; *Las bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico*: método de acetato de amonio pH 7, 1 N; *El carbono orgánico*: método de Walkley y Black; *El Nitrógeno total*: método Micro-Kjeldahl y *El Aluminio e Hidrógeno intercambiables*: extracción en KCl, método de Yuan (1959)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización físico-química de los suelos

Granulometría: Dadas las condiciones de cono glaciar sobre las cuales están soportados los suelos: materiales que provienen del complejo Iglesias (granito y gneis), el tiempo relativamente corto de su establecimiento, las temperaturas que fluctúan entre 14 y 16 °C; es de esperar que el grado de transformación de estos materiales sea relativamente débil, y la textura de los suelos arenosa, como en efecto fue lo encontrado. El porcentaje de arena varía entre 44 y 94 % con una media de 66,8 %. En el área de muestreo la clase textural predominante es franco arenosa en un 73,2 %, seguida por areno-francosa (14,3%), arenosa (7,1%) y franca (5,4%). De acuerdo con las diferentes posiciones topográficas presentes en la parcela de muestreo (plana, plano inclinada y cóncava), se observa en cada una de ellas un predominio de los suelos franco arenosos, entre 44 y 70 % de arena. En la posición plano inclinada y cóncava predominan los suelos franco arenosos (92,6% del total), en la plana dominan las texturas areno-francosas, aun cuando la franco arenosa y la

franca están presentes. Los contenidos de arcilla varían desde 1,2 a 13,2 %, con una media de 6,1 %. Los contenidos de limo muestran un rango más amplio, entre 4,8 y 49,2 %, con promedio de 27,1 %. Existe una mayor acumulación de arcilla y de limo en la posición cóncava (8 y 36,2 %, respectivamente, Cuadro 1). La dinámica de movilización de las arcillas responde a las condiciones del terreno y al agua como agente mecánico, por lo que las mismas están siendo transportadas hacia las posiciones más estables (de menor pendiente), donde se acumulan en los horizontes superiores, lo cual muestra que la movilización es en lo fundamental lateral. Los horizontes subsuperficiales presentan un mayor contenido de arena que proviene del material parental. Para Manrique (1997), la presencia de limo y de arcilla en estas condiciones pasa por una gama de posibilidades, que para nuestro caso retendremos: “estamos en presencia de una facie más fina del complejo Iglesias, o los materiales presentes en el cono tomaron elementos más finos en su recorrido”. Para Sosa (1997), a altitudes de 3500 m (Páramo de Mucubají) la materia orgánica a través de sus ácidos es la que ha condicionada la transformación de los materiales minerales. Fichter et al (1998), señala que el intemperismo físico durante el cuaternario, produjo altos contenidos de arcilla del tipo ilita y smectita que provienen de las partículas gruesas, así mismo Bezada (1990) indica que los minerales primarios que conforman el material parental de estos suelos, se encuentran en una fase de alteración inicial, predominando la ilita en el material de meteorización de la fracción arcillosa. La presencia de caolinita y de gibsitita no es indicativa de un largo proceso de alteración, más bien se consideran como el producto de la alteración de los feldespatos en un medio altamente ácido hidrolizado y de drenaje rápido.

Capacidad de Campo (1/3 atm): Los valores de la retención de humedad a capacidad de campo oscilan entre 5,15 y 56.5 %, el promedio es de 31,05 %. Los valores inferiores al 15 % son considerados como excesivamente bajos para agricultura en secano (Pla, 1977), por lo cual se puede considerar que estos suelos poseen una buena retención de agua, un 5,6% del total de las muestras se encuentran por debajo del límite señalado. En las diferentes posiciones topográficas los valores en promedio fueron: cóncavo 42,5 %, plano inclinado 37,9 % y plano 19,7 %; estos valores muestran que la capacidad de campo será mayor donde dominen las texturas más finas, como

es el caso de las posiciones cóncavas, en las cuales se presentan problemas de exceso de humedad. Al correlacionar la capacidad de campo con la fracción fina (arcilla + limo) y con la materia orgánica, se observa una asociación importante entre dichas variables, excepto para los suelos en posición plano inclinada con la fracción fina. La posición plano-inclinada es una posición de transmisión o de transporte de agua de escorrentía, en la cual la retención de humedad es menor con relación a las posiciones planas o cóncavas (Cuadro 2). La ecuación matemática es: $RH\ 1/3 = 1.15 - 0.323\text{ Arcilla}$

+ 0.220 Limos + 3.13 Carb. Organ. $R^2 = 0,85$, ello significa que estas variables explican el 85% de la retención de humedad en el suelo, la variable más explicativa es el carbono orgánico (82%).

Punto de Marchitez (15 atm): Los valores de retención de humedad a 15 atm para el sector en estudio oscilan entre 3,4 a 44,5 %. En los horizontes A el promedio es de 22,55 %, en los horizontes B es de 15,77 % y en C 8,17 %. Los valores para las diferentes posiciones se presentan en el Cuadro 1.

La retención de humedad a 15 atm disminuye con la profundidad, lo cual está relacionado con los contenidos de materia orgánica. Ello explica, la alta correlación entre retención de humedad y los contenidos de materia orgánica obtenida para cada una de las posiciones estudiadas: plana: $r = 0,983$, plano inclinada: $r = 0,855$ y cóncava: $r = 0,787$.

En línea general, la humedad del suelo o agua útil es considerada como moderada, dadas las diferencias entre ambas tensiones de medida, 1/3 atm y 15 atm, con valores que oscilan entre 5 y 14 %. Según Montenegro (1991), diferencias mayores

CUADRO 1. Valores promedio por horizonte y por posición topográfica de las principales propiedades físicas de los suelos del Sector El Baho.

Topografía	Horiz.	Espes cm	Granulometría (%)			Retención de Humedad (%)	
			a	L	A	C. Camp. 1/3 atm	P. March. 15 atm
Cónca	A (8)	25,1	56,3	36,4	7,4	43,6	35,1
	B (1)	25,0	52,0	35,2	12,8	33,6	19,7
	Total (9)	28,3	55,8	36,2	8,0	42,5	33,4
Plana	A (16)	24,8	72,4	23,9	4,7	21,0	16,0
	C (4)	23,25	80,50	15,61	3,80	11,88	7,60
	Total (20)	28,8	74,0	21,5	4,5	19,7	14,3
Plano inclinada	A (24)	29,2	64,4	29,1	6,5	39,8	25,7
	B (1)	38,0	58,0	28,8	13,2	35,2	18,0
	C (2)	22,5	78,0	5,0	17,0	16,4	8,7
	Total (27)	32,7	65,2	28,2	6,6	37,9	24,1

CUADRO 2. Coeficientes de correlación entre la retención de humedad a capacidad de campo, el limo, la arcilla y la materia orgánica por posiciones topográficas.

Variables correlacionadas	Coeficientes de correlación posición topográfica		
	Cónca	Plano inclinada	Plana
CC 1/3 atm vs Limo + Arcilla	0,711	0,684	0,974
CC 1/3 atm vs MO	-0,733	0,325	0,895
CC 1/3 atm vs Limo + Arcilla + MO	-0,532	0,451	0,738
	n= 9	n= 27	n= 20

a 20 % representan una alta retención e inferiores a 5 % una retención muy baja, de acuerdo con ello, los suelos en posición plana presentan problemas de retención de humedad (5,39 %), los cuales disminuyen en las posiciones cóncavas (9,12 %) y plano inclinada (13,77 %)

Color: La intensidad del color para para los suelos estudiados varía de 2 a 5 y la pureza entre 1 y 3. Estos valores tienen a una relación directa con el

contenido de carbono orgánico. El value o intensidad del color presentó correlaciones, negativas y altamente significativas, con el carbono orgánico para las posiciones plano inclinadas ($r = -0,690$) y cóncavas ($r = -0,921$), el coeficiente de correlación es mayor para la posición donde hay más carbono orgánico (Cuadro 3).

Espesor: El espesor promedio de los horizontes A de los suelos analizados es de 27,04 cm. Si se toma en consideración que de los 55 perfiles, 48 poseen horizontes A/roca y que los restantes 7 perfiles se distribuyen entre A/B/roca y A/C/roca, se concluye que, en lo fundamental, la evolución de los suelos ocurre en los horizontes A. Esto permite caracterizar los suelos de acuerdo con Cairo y Quintero (1983), como poco desarrollados.

El espesor de los horizontes A es ligeramente superior en las posiciones plano inclinadas, lo cual se explica por la estabilidad de estas áreas, el proceso de desarrollo se interrumpe en las otras posiciones por la intervención antrópica. En la posición plano-inclinada dominan los procesos pedogenéticos sobre los morfogénéticos, mientras que en las posiciones cóncavas y planas dominan los procesos morfogénéticos sobre los pedogenéticos, debido al aporte constante de sedimentos provenientes de las partes altas, además la cobertura vegetal parece estar jugando un papel importante en la incorporación de

materia orgánica en la posición plano inclinada. En las partes bajas la actividad predominante es la horticultura bajo riego.

pH del suelo: El pH en agua en el sector estudiado es moderado a extremadamente ácido, con valores que oscilan entre 4,4 y 5,7. La mayor parte de los suelos son fuertemente ácidos (69,6% del total). La acidez potencial del suelo, tomada como la diferencia entre el pH en agua y en KCl, es de 0,86 en promedio, esto significa que los suelos tienen una acidez potencial moderada.

Se observan altas correlaciones entre el pH en agua y el aluminio intercambiable sólo en la posición plano inclinada ($r = -0,790$). Este comportamiento se mantiene para los horizontes A ($r = -0,682$) y los horizontes B ($r = -0,600$), en los horizontes C no existe correlación ($r = -0,150$). En los suelos de las cordilleras andinas colombianas, para pH 5,1, los contenidos de aluminio cambiante son del orden de 2,54 $\text{cm}^3 \text{kg}^{-1}$, en los suelos del Baho en los horizontes A, para pH de 5,01, el contenido de aluminio cambiante es de 1,23 $\text{cm}^3 \text{kg}^{-1}$. Estos valores son similares a los encontrados por Bezada (1990), para la parte alta de la Cuenca del río Santo Domingo e indica que las muestras estudiadas poseen el aluminio como el elemento de cambio cuantitativamente más disponible.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Las muestras analizadas presentan una capacidad de

CUADRO 3. Valores promedios por horizonte y por posición topográfica de las principales propiedades químicas de los suelos

Topografía	Horiz.	pH		Materia Orgánica			Complejo absorbente (cmol Kg^{-1})							
		Agua	KCl	C.O.	N	C/N	Ca	Mg	Na	K	H	Al	CIC	SB %
				%										
Cóncava	A (8)	5,04	4,10	7,54	0,63	12,42	5,64	0,92	0,23	0,55	0,43	1,55	23,13	31,07
	B (1)	5,00	4,29	2,31	0,20	11,77	1,36	0,05	0,01	0,06	0,36	1,53	14,00	10,51
	Total (9)	5,04	4,12	6,95	0,58	12,35	5,16	0,82	0,02	0,50	0,2	1,53	22,11	28,78
Plana	A (16)	5,12	4,23	3,94	0,33	10,86	5,68	0,93	0,03	0,60	0,35	0,42	11,28	68,49
	C (4)	5,18	4,16	1,31	0,15	8,91	5,79	0,61	0,01	0,36	0,24	0,42	9,67	68,27
	Total (20)	5,14	4,22	3,42	0,28	10,47	5,71	0,86	0,03	0,55	0,32	0,42	10,19	68,43
Plano inclinada	A (24)	4,94	4,10	6,79	0,52	14,50	6,25	0,83	0,02	0,73	0,41	1,67	20,28	42,11
	B (1)	5,43	4,15	5,94	0,33	18,06	4,08	0,35	0,03	0,56	0,48	1,31	16,63	27,16
	C (2)	5,55	4,31	1,13	0,12	9,76	2,64	0,37	0,02	0,34	0,18	0,48	7,50	63,25
	Total (27)	5,00	4,14	6,34	0,49	14,24	6,29	0,78	0,02	0,69	0,39	1,57	19,20	42,01

intercambio promedio de $16,45 \text{ cmol kg}^{-1}$, con valores que varían entre $3,50$ y $32,75 \text{ cmol kg}^{-1}$. El 75% de los suelos considerados presentan capacidades que van de medias a altas ($10\text{-}30 \text{ cmol kg}^{-1}$). Se observa una disminución de la CIC con la profundidad. En los horizontes A, el promedio es de $17,01 \text{ cmol kg}^{-1}$; en los B = $12,63 \text{ cmol kg}^{-1}$ y en los C = $5,38 \text{ cmol kg}^{-1}$. La correlación entre la CIC y el carbono orgánico es altamente significativa ($r= 0,897$), lo que deja en evidencia que la CIC depende en lo fundamental del contenido de materia orgánica. Estos valores se invierten en el horizonte Bw, la correlación es altamente significativa con la arcilla ($r=0,89$).

Según las posiciones topográficas los mayores valores se observan en las posiciones cóncavas ($22,11 \text{ cmol kg}^{-1}$), para las plano inclinadas y planas los valores son $19,2 \text{ cmol kg}^{-1}$ y $10,19 \text{ cmol kg}^{-1}$, respectivamente.

Los cationes intercambiables: Los cationes intercambiables están dados por los contenidos de calcio, magnesio, potasio y sodio, además de los iones de aluminio e hidrógeno intercambiable en el suelo. Los contenidos de calcio son medios en la mayoría de los suelos (horizontes A, principalmente), los de magnesio van de bajos a medios, los de sodio son muy bajos y los de potasio medios a altos. Para los suelos con horizontes A/B o A/C se observa que las concentraciones de cationes básicos cambiables son más importantes en los horizontes A.

Los porcentajes de saturación de bases son muy variables, van entre 10 y 100 %, ello parece estar muy influenciado por la aplicación de abonos y enmiendas realizadas en la zona, así en las zonas de mayor actividad agrícola se observan los promedios más altos (zona plana, Cuadro 3).

Los contenidos de aluminio intercambiable varían entre 0 y 4.76, y los de hidrógeno van entre 0 y 0,83. Se observa una estrecha relación entre el contenido de aluminio y el pH del suelo. La mayor parte de los autores coinciden en señalar que el aluminio intercambiable no existe que en los suelos ácidos (Segalen, 1973); así los mayores contenidos de aluminio se observan en los suelos con pH más bajos. Igualmente, es importante destacar que a pesar de que un número importante de suelos presentan pH inferiores a 5, los porcentajes de saturación de aluminio intercambiable son inferiores a 60%, valores considerados como no tóxicos para las plantas. Ello

puede relacionarse en lo fundamental con los altos contenidos de materia orgánica que presentan los suelos, debido a que la misma retiene fuertemente al aluminio intercambiable en forma de complejos orgánicos que no permiten su fácil liberación hacia la solución del suelo (Kramprath, 1972; Chamayo y Logros, 1989).

Materia orgánica: En algunos estudios de suelos especialmente los relacionados con génesis, la materia orgánica es un factor de gran importancia en la evolución del mismo, y principalmente en los sistemas montañosos, donde las temperaturas limitan la alteración geoquímica. Las condiciones bioclimáticas de la zona en estudio favorecen la presencia de altos contenidos de carbono orgánico.

Los mayores contenidos de carbono orgánico y de nitrógeno se encuentran en las posiciones cóncavas y las plano inclinadas (Cuadro 3). La relación C/N, presenta valores normales en relación a las posiciones topográficas, ya que los mayores valores de relación C/N se encuentran en las posición plano inclinada (14.28), que se explican en función de que en esta posición, los valores de retención de humedad son menores que en las otras posiciones, la humedad y temperatura son los principales factores en el proceso de descomposición de la materia orgánica, por otra parte los valores de relación C/N en las posiciones cóncava y plana cercanos a 10, son indicativos de una alta tasa de descomposición de la materia orgánica. En síntesis en el área de estudio la mayor tasa de descomposición de la materia orgánica se presenta, en primer lugar para las posiciones planas, seguida de las posiciones cóncavas y en último lugar las posiciones plano inclinadas. En promedio los contenidos de carbono orgánico y nitrógeno en los horizontes A son altos, en los horizontes B y C los valores van de medios a bajos.

Clasificación de los suelos

De acuerdo con los diferentes resultados obtenidos los suelos se clasifican según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994) a nivel del orden como: Entisoles e Inceptisoles. Estos últimos representan el 94% del total de los suelos. Los Entisoles son Orthents a nivel del Suborden y Troprothents a nivel de Grandes Grupos. Los Inceptisoles pertenecen al Suborden Tropepts, y a los Grandes Grupos Dystropepts y Eutropepts. A nivel de subgrupos la mayor parte de los suelos son Lytic. Se observa que el mayor número

de Eutropepts se encuentran en las posiciones planas, zonas en las cuales los porcentajes de saturación de bases son más altos.

CONCLUSIÓN

Los suelos del Sector el Baho presentan un bajo grado de evolución, el cual está determinado por las condiciones climáticas del medio y la posición geomorfológica en la cual se desarrollan. Esta evolución se presenta generalmente en los horizontes superficiales (horizontes A), ya que la mayor parte de los suelos esta constituida por horizontes A/roca. Los contenidos de carbono orgánico son altos a pesar que los valores de la relación C/N indican que el proceso de descomposición de la materia orgánica es relativamente rápido. Las principales propiedades de estos suelos están determinadas en lo fundamental por la acción de la materia orgánica. Es importante señalar que algunas de estas propiedades (% de saturación de bases) están siendo modificadas por la acción antrópica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAIRO, P y G. QUINTERO. 1980. Suelos. Edición Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- CASANOVA, E. 1994. Introducción a la ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela. 379 p.
- CHAMAYOU, H. y J.-P. LEGROS. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la Science du Sol. Agence de Coopération Culturelle et Technique, PUF, Paris, France, 593p.
- FICHTER, J; M. P. TURPAULT; E. DAMBRINE y J. RANGER . 1998. Mineral evolution of acid forest soils in the Strengbach catchment (Vosges mountains, N-E France). *Geoderma* 82: 315-340.
- KAMPRATH, E. J. 1972. Soil acidity and liming. Pp 136-149. In: *Soil of the humid tropics*. National Academy of Sciences. Washington.
- MALAGÓN, D.1982. Evolución de los suelos en el páramo andino. (N E. del Edo. Mérida).CIDIAT.
- MANRIQUE V., J. A. 1997. Génesis y distribución de los suelos en la cuenca alta del Santo Domingo. Sector los Frailes. Mérida. Venezuela. Tesis de pregrado. Escuela de Geografía, ULA.
- MONTENEGRO, 1991. Interpretación de las propiedades físicas del suelo.-Textura, estructura, densidad, aireación, etc.). *Fundamentos para la interpretación de análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (ed). Montoya y Araújo Ltda. Bogotá, D.E. 324p.
- PLA, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Comisión de Estudios para graduados. Maracay. Venezuela. 89 p.
- SOIL SURVEY STAFF. 1994. Keys Soil Taxonomy SCS, Sixth edition. Washington. D.C. 306 p.
- SOSA, J. 1997. Génesis y distribución de los suelos en la cuenca alta del Santo Domingo. Sector Mucubají. Mérida. Venezuela. Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo.