

SUELOS DE LA CUENCA DEL SANTO DOMINGO SECTOR LA SOLEDAD. (CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA). BARINAS - VENEZUELA

Juan C. Velásquez, Guido Ochoa y Jajaira Oballos.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Renovables, Laboratorio de Suelos. Mérida - Venezuela.

RESUMEN

Se estudiaron 32 suelos, provenientes de un muestreo anidado, con el propósito de caracterizar el patrón de variación de los suelos del sector La Soledad, cuenca media-baja del Río Santo Domingo (Estado Barinas). Los suelos seleccionados son poco profundos y presentan en su conjunto texturas franco, franco arenoso y franco arcillo arenoso, pH ácidos, altas concentraciones de aluminio intercambiable, bajo porcentajes de saturación de bases, medianos a altos contenidos de carbono orgánico y un tipo de humus Mull ácido oligotrofo. Estas características están fundamentalmente relacionadas con las condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperaturas medias) y el tipo de material parental (areniscas y lutitas variables), lo cual condiciona la presencia de suelos con bajo grado de evolución (Entisoles e Inceptisoles).

Palabras clave: Génesis, material parental, toposecuencia, Entisoles, Inceptisoles.

ABSTRACT

Thirty-two soils, taken from a nested sampling, were studied, for the purpose of characterizing the variation pattern of the soils in the La Soledad sector, lower middle basin of the Santo Domingo River (Barinas State). The soils selected were not deep and had, as a whole, loamy, sandy loamy and sandy clayey loamy textures; acid pH; high concentrations of exchangeable aluminum; low percentages of base saturation; medium to high content of organic carbon and a type of Mull acid oligotrophic humus. These characteristics are fundamentally related to climatic conditions (high precipitation and medium temperatures) and the type of parent material (sandstone and different types of shale), which indicates the presence of soils having a low degree of evolution (Entisols and Inceptisols).

Key words: Genesis, parent material, toposequence, Entisols, Inceptisols

INTRODUCCIÓN

El área objeto de estudio corresponde a La Soledad (cota altitudinal 1220 msnm) y forma parte de la cuenca media-baja del Río Santo Domingo, localizada en el municipio Bolívar, Estado Barinas, entre los 8° 48' 50" - 8° 50' 00" de Latitud Norte, y los 70° 30' 00" - 70° 35' 00" de Longitud Oeste (Figura 1). La temperatura media es de 21 °C, con precipitación anual de 3080 mm. La zona de vida correspondiente es la del Bosque Húmedo Tropical. El área se caracteriza por ser eminentemente montañosa, con una relieve bastante quebrado o abrupto. La geología está representada por La Formación Río Negro, (Eoceno Superior) con predominancia de areniscas blancas, generalmente de grano grueso, conglomerados heterogéneos, arcillas y lutitas variables. De acuerdo con su fuente de sedimentación, las

areniscas varían desde muy cuarzosas a muy feldespáticas (Van Andel, 1958 in: MMH, 1970).

El objetivo del trabajo es el de caracterizar los suelos desde el punto de vista físico-químico, con el propósito de estudiar la génesis de los mismos.

METODOLOGÍA

Se tomó una toposecuencia, en función de parámetros topográficos, tipos de vegetación, litología y condiciones climáticas. La selección de los puntos a muestrear se realizó en una parcela de 7 ha (200 m x 350 m), mediante un muestreo anidado. Se utilizaron cuatro (4) niveles jerárquicos de distancia (50, 25, 12.5 y 6.25 m), y en cada punto se hizo una perforación con barreno (32 en total), para evaluar las características físicas y químicas de los suelos considerados (52 muestras). Los métodos de

SITUACION RELATIVA NACIONAL



SITUACION RELATIVA REGIONAL



FIGURA 1. Localización del área de estudio.

laboratorio utilizados fueron : *Textura*: método clásico de Bouyoucos (IGAC, 1973); *Retención de humedad a 1/3 y 15 atm*: ollas de presión; *pH agua y KCl, relación 1:2*: método potenciométrico (IGAC, 1973); *Carbono orgánico*: Método de Walkley - Black (Soil Conservation Service, 1976); *Nitrógeno*: método Micro - Kjeldahl modificado por Winkler; *Bases cambiables*: método de extracción en acetato de amonio 1N, pH 7 (IGAC, 1973); *Capacidad de intercambio catiónico*: Método de acetato de amonio (IGAC, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Espesor: Los suelos presentan espesores que varía entre 20 cm y 89 cm, el espesor promedio es 39 cm. Los promedios por tipo de horizontes son: 25 cm para horizontes superficiales (A), 24 cm en los horizontes subsuperficiales (B) y 17 cm en los horizontes C.

En función de la posición del terreno, pareciera no existir diferencias entre el espesor total de los suelos ubicados sobre vertientes (40 cm), con pendientes mayores al 30%, y los suelos ubicados en vertientes con pendientes mas bajas entre 10 y 30% (39 cm). Estos valores muestran que a pesar de las altas precipitaciones no se produce una fuerte escorrentia, ya que la vegetación protege al suelo del golpeteo de las gotas de agua de lluvia. Desde el punto de vista genético no existen diferencias significativas entre los suelos de ambas posiciones.

Granulometría: Los porcentajes de arena varían entre 40 y 72 %, con promedio del 54 %, los de arcilla oscila entre 11 y 28 %, con promedio del 20 %, y los de limo están entre el 14 y 41 %, con promedio del 26 % (Cuadro 1).

En relación a la clase textural por horizontes, se tiene que los horizontes A presentan una categoría que va desde franco a franco arenosa, a excepción de algunos suelos que destacan la presencia de una textura franco arcillo arenosa. Para los horizontes B, la clase textural va desde franco a franco arcillo arenosa. En los horizontes C, la clase textural pasa a franco arenosa con mayores contenidos de arena.

A pesar que la arena predomina en la mayor parte de los suelos estudiados, se observa en la fracción fina (limo + arcilla) una tendencia a aumentar en aquellos suelos que presentan mayor profundidad.

Esto se puede explicar a partir del proceso de transformación mecánico - químico de los minerales que la constituyen, en función de las condiciones climáticas de la zona, donde la precipitación supera a la evapotranspiración potencial, la mayor parte del año.

En las posiciones de vertientes con pendientes fuertes (> 30 %), tiende a predominar los suelos con mayor contenido de arena, mientras que en las posiciones de acumulación, o con pendientes suaves (10 - 30 %), dominan los suelos con altos contenidos de arcilla y limo.

Retención de humedad: El porcentaje de retención de humedad varía entre 14 y 33 % para 1/3 atm (promedio 22.8 %) y de 6 - 20 % para 15 atm (promedio de 11.8 %).

Al correlacionar la retención de humedad a 15 atm con los porcentajes de arena, arcilla y limo se tiene un coeficiente de correlación múltiple de 0,59, con un porcentaje de explicación de 35.2 %, mientras que para un 1/3 atm, el coeficiente de correlación múltiple es de 0,64, y explica el 41.1 %, es decir la retención de humedad a 15 atm muestra una mejor correlación con las fracciones granulométricas que la retención de humedad a 1/3 atm. Al incorporar a las correlaciones múltiples anteriores una nueva variable, el carbono orgánico, los coeficientes de correlación múltiple aumentan ($R=0,76$ que explica el 57% para 1/3 atm; $R=0,86$ y explica el 73,8%). Lo cual muestra que la textura y el carbono orgánico tienen una gran influencia sobre el comportamiento de la retención de humedad.

En los horizontes A los porcentajes de retención de humedad a 15 y 1/3 atm son 11.7 y 22.8 %, respectivamente. Los horizontes B y C presentan porcentajes de retención de humedad de 12 % a 15 atm y 22.8 % a 1/3 atm. Para los horizontes A, las mejores correlaciones se observan con el carbono orgánico ($r = 0.56$ para 15 atm y $r = 0.513$ para 1/3 atm), mientras que para los horizontes B y C, es la arcilla ($r=0.77$ para 1/3 atm) y el limo que mejor correlacionan ($r = 0.63$ para 15 atm).

Color: Los colores más oscuros se observan en los horizontes A (generalmente 10YR 3/2) debido a los mayores contenidos de carbono orgánico. En los horizontes B y C los colores se hacen más claros (generalmente 10YR 5/8).

CUADRO 1. Propiedades físico-químicas de los suelos del Sector La Soledad.

| PERFIL | Prof. (cm) | COLOR | POSICIÓN | GRANULOMETRÍA (%) | | | R. HUMEDAD (%) | | pH (1:2) | | C.O. | N | C/N | C.I.C. | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S.B | AL ³⁺ | H ⁺ | Ca ²⁺ (KCl) | Mg ²⁺ (KCl) |
|--------|------------|---------|-----------|-------------------|------|------|----------------|--------|------------------|-----|------|-----|------|--------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------|------------------|----------------|------------------------|------------------------|
| | | | | a | A | L | 15 atm | 10 atm | H ₂ O | KC | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 0-20 | 10YR3/2 | Piano | 66.0 | 11.6 | 22.4 | 12.8 | 30.9 | 4.9 | 3.5 | 3.5 | 0.3 | 12.3 | 9.8 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 21.0 | 2.1 | 0.00 | 0.1 | 0.2 |
| 1.2 | 0-27 | 10YR5/4 | Piano | 68.0 | 15.6 | 16.4 | 8.8 | 17.7 | 5.1 | 3.7 | 1.5 | 0.1 | 12.9 | 7.3 | 1.3 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 30.4 | 2.1 | 0.48 | 0.3 | 0.2 |
| 1.3 | 0-25 | 10YR4/2 | Piano | 50.0 | 17.6 | 32.4 | 9.6 | 26.5 | 4.6 | 3.5 | 1.6 | 0.1 | 12.4 | 7.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 18.0 | 3.8 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| | 25-42 | 10YR5/3 | | 46.0 | 19.6 | 34.4 | 11.3 | 25.0 | 4.5 | 3.6 | 0.5 | 0.1 | 5.8 | 6.2 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 26.4 | 3.8 | 0.00 | 0.0 | 0.1 |
| 1.4 | 0-25 | 10YR3/2 | Piano | 62.0 | 13.6 | 24.4 | 10.3 | 22.2 | 4.3 | 3.1 | 2.9 | 0.2 | 11.8 | 13.4 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 13.4 | 4.5 | 0.48 | 0.0 | 0.2 |
| 1.5 | 0-29 | 10YR4/3 | Vertiente | 58.0 | 13.6 | 28.4 | 8.4 | 23.0 | 4.3 | 3.5 | 1.9 | 0.2 | 11.6 | 7.4 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 16.5 | 2.9 | 0.48 | 0.0 | 0.1 |
| 1.6 | 0-10 | 10YR3/3 | Vertiente | 56.0 | 15.6 | 28.4 | 7.7 | 26.5 | 4.6 | 3.5 | 1.2 | 0.1 | 9.3 | 6.6 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 31.6 | 2.9 | 0.34 | 0.0 | 0.1 |
| | 10-24 | 10YR5/2 | | 52.0 | 17.6 | 30.4 | 8.8 | 21.2 | 4.5 | 3.5 | 0.8 | 0.1 | 10.9 | 5.4 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 35.1 | 3.2 | 0.23 | 0.0 | 0.0 |
| 1.7 | 0-40 | 10YR5/6 | Vertiente | 54.0 | 25.6 | 20.4 | 14.4 | 24.3 | 4.6 | 3.7 | 1.0 | 0.2 | 6.1 | 8.8 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 13.9 | 5.2 | 0.24 | 0.0 | 0.0 |
| 1.8 | 0-10 | 10YR4/3 | Vertiente | 54.0 | 21.6 | 24.4 | 11.3 | 25.1 | 4.3 | 3.5 | 1.9 | 0.2 | 9.7 | 10.0 | 0.7 | 0.2 | 2.2 | 0.3 | 33.3 | 4.5 | 0.71 | 0.0 | 0.1 |
| | 10-38 | 10YR5/8 | | 50.0 | 25.6 | 24.4 | 11.1 | 23.7 | 4.5 | 3.7 | 0.8 | 0.1 | 6.2 | 8.0 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 15.8 | 5.0 | 0.48 | 0.0 | 0.0 |
| 2.1 | 0-38 | 10YR5/4 | Piano | 72.0 | 13.6 | 14.4 | 6.4 | 13.8 | 5.3 | 4.0 | 0.7 | 0.1 | 5.8 | 5.6 | 1.2 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 40.3 | 1.0 | 0.00 | 0.7 | 0.2 |
| 2.2 | 0-24 | 10YR4/2 | Vertiente | 54.0 | 15.6 | 30.4 | 8.3 | 25.3 | 4.7 | 3.5 | 2.0 | 0.2 | 11.8 | 8.6 | 0.7 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 19.7 | 2.9 | 0.71 | 0.0 | 0.1 |
| | 24-50 | 10YR5/4 | | 52.0 | 17.6 | 30.4 | 8.9 | 24.0 | 4.7 | 3.6 | 0.6 | 0.1 | 6.9 | 5.6 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 32.8 | 2.9 | 0.00 | 0.1 | 0.1 |
| 2.3 | 0-47 | 10YR6/8 | Vertiente | 60.0 | 21.6 | 18.4 | 10.7 | 20.1 | 4.7 | 3.7 | 0.5 | 0.1 | 5.8 | 6.6 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 22.9 | 4.8 | 0.00 | 0.0 | 0.1 |
| 2.4 | 0-23 | 10YR4/4 | Vertiente | 52.0 | 13.6 | 34.4 | 8.1 | 17.9 | 5.6 | 4.0 | 1.1 | 0.1 | 9.1 | 7.6 | 2.2 | 0.6 | 1.0 | 0.4 | 54.3 | 0.7 | 0.24 | 0.0 | 0.1 |
| | 23-68 | 10YR6/8 | | 64.0 | 20.4 | 15.6 | 10.2 | 18.1 | 5.4 | 3.6 | 0.4 | 0.1 | 5.8 | 7.0 | 0.6 | 0.3 | 1.1 | 0.4 | 34.7 | 3.6 | 0.24 | 0.0 | 0.1 |
| 2.5 | 0-30 | 10YR5/4 | Vertiente | 54.0 | 18.4 | 27.6 | 14.9 | 26.2 | 4.5 | 3.5 | 3.5 | 0.3 | 13.8 | 11.8 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 14.6 | 5.7 | 0.48 | 1.5 | 0.2 |
| 2.6 | 0-22 | 10YR4/4 | Vertiente | 44.0 | 22.4 | 33.6 | 20.2 | 33.1 | 4.3 | 3.5 | 3.5 | 0.3 | 10.4 | 14.8 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 12.6 | 7.2 | 0.92 | 3.7 | 0.3 |
| 2.7 | 0-20 | 10YR5/6 | Vertiente | 68.0 | 16.4 | 15.6 | 7.7 | 13.7 | 5.0 | 3.8 | 0.5 | 0.1 | 5.8 | 6.0 | 1.0 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 36.0 | 2.7 | 0.45 | 0.1 | 0.1 |
| 2.8 | 0-17 | 10YR4/6 | Vertiente | 70.0 | 14.4 | 15.6 | 7.5 | 16.3 | 4.8 | 3.8 | 1.0 | 0.1 | 8.5 | 5.5 | 1.0 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 38.1 | 2.1 | 0.24 | 0.2 | 0.1 |
| 3.1 | 0-26 | 10YR3/4 | Vertiente | 66.0 | 14.4 | 19.6 | 10.3 | 20.4 | 4.4 | 3.5 | 3.5 | 0.2 | 15.0 | 9.8 | 0.8 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 20.5 | 4.1 | 0.00 | 0.3 | 0.1 |
| | 26-50 | 10YR5/8 | | 60.0 | 24.4 | 15.6 | 10.2 | 18.8 | 4.6 | 3.8 | 0.4 | 0.1 | 5.8 | 5.1 | 0.6 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 34.7 | 2.1 | 0.24 | 0.1 | 0.1 |
| 3.2 | 0-25 | 10YR4/8 | Vertiente | 50.4 | 26.0 | 23.6 | 12.0 | 21.5 | 4.2 | 3.6 | 1.7 | 0.2 | 10.2 | 14.0 | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 14.7 | 5.7 | 0.24 | 0.0 | 0.0 |
| 3.3 | 0-16 | 10YR3/6 | Vertiente | 46.4 | 24.0 | 29.6 | 15.9 | 27.2 | 4.4 | 3.5 | 2.0 | 0.2 | 12.1 | 11.8 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 15.8 | 6.2 | 1.19 | 0.6 | 0.1 |
| | 16-26 | 10YR4/6 | | 46.0 | 27.6 | 26.4 | 13.4 | 25.6 | 4.1 | 3.6 | 1.8 | 0.1 | 15.7 | 10.5 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 15.8 | 5.5 | 0.48 | 0.0 | 0.0 |
| | 26-38 | 10YR7/4 | | 50.0 | 25.6 | 24.4 | 13.7 | 20.8 | 4.7 | 3.6 | 1.0 | 0.1 | 12.9 | 7.2 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 20.1 | 4.8 | 0.00 | 1.9 | 0.1 |
| 3.4 | 0-25 | 10YR3/2 | Vertiente | 52.4 | 20.0 | 27.6 | 16.3 | 26.0 | 4.8 | 3.3 | 4.0 | 0.3 | 12.7 | 16.5 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 10.0 | 8.1 | 1.19 | 0.0 | 0.1 |
| 3.5 | 0-35 | 10YR7/8 | Vertiente | 46.4 | 27.6 | 26.0 | 12.7 | 22.2 | 4.8 | 3.8 | 0.8 | 0.1 | 12.6 | 6.8 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | 0.4 | 24.7 | 3.6 | 0.48 | 0.0 | 0.0 |
| 3.6 | 0-17 | 10YR6/6 | Vertiente | 50.4 | 21.6 | 28.0 | 14.3 | 24.7 | 5.1 | 3.7 | 1.4 | 0.1 | 10.7 | 8.6 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.6 | 15.9 | 4.5 | 0.00 | 0.4 | 0.1 |
| | 17-39 | 10YR7/8 | | 52.4 | 20.4 | 27.2 | 12.2 | 21.9 | 5.2 | 3.9 | 1.0 | 0.1 | 13.8 | 7.0 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 19.5 | 4.1 | 0.00 | 0.0 | 0.1 |
| 3.7 | 0-17 | 10YR5/6 | Vertiente | 56.4 | 18.4 | 25.2 | 10.6 | 16.7 | 5.0 | 3.9 | 0.7 | 0.1 | 9.3 | 6.4 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 16.8 | 4.1 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| | 17-40 | 10YR5/8 | | 46.4 | 26.0 | 27.6 | 12.7 | 21.6 | 5.0 | 3.9 | 0.6 | 0.1 | 7.4 | 6.0 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 22.3 | 4.1 | 0.48 | 0.0 | 0.0 |
| 3.8 | 0-8 | 10YR4/6 | Vertiente | 50.4 | 19.6 | 30.0 | 14.6 | 25.9 | 4.9 | 3.4 | 1.7 | 0.2 | 6.9 | 12.4 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 8.7 | 6.0 | 0.95 | 0.0 | 0.1 |
| | 8-24 | 10YR5/8 | | 54.0 | 22.4 | 23.6 | 12.7 | 22.7 | 4.9 | 3.6 | 1.2 | 0.1 | 9.2 | 8.8 | 0.7 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 13.1 | 4.3 | 0.00 | 0.0 | 0.1 |
| 4.1 | 0-30 | 10YR3/6 | Piano | 56.4 | 16.4 | 27.2 | 13.1 | 21.2 | 5.2 | 3.6 | 4.3 | 0.2 | 21.6 | 11.6 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 11.8 | 4.3 | 0.00 | 0.0 | 0.1 |
| 4.2 | 0-38 | 10YR4/4 | Vertiente | 58.4 | 18.4 | 23.2 | 10.6 | 20.2 | 5.1 | 3.7 | 1.9 | 0.2 | 11.6 | 8.0 | 0.7 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 15.6 | 4.1 | 0.45 | 0.0 | 0.1 |
| 4.3 | 0-18 | 10YR3/2 | Vertiente | 58.4 | 16.4 | 25.2 | 11.0 | 21.0 | 5.1 | 3.6 | 1.9 | 0.2 | 10.0 | 11.0 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 13.9 | 3.9 | 0.46 | 0.0 | 0.1 |
| | 18-29 | 10YR3/3 | | 50.4 | 20.4 | 29.2 | 11.7 | 22.9 | 5.0 | 3.7 | 1.4 | 0.2 | 8.0 | 9.9 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 14.5 | 3.9 | 0.89 | 0.0 | 0.0 |
| | 29-42 | 10YR6/8 | | 50.4 | 22.4 | 27.2 | 13.6 | 22.6 | 4.9 | 3.7 | 1.2 | 0.1 | 8.6 | 8.8 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 14.7 | 4.3 | 0.45 | 0.0 | 0.0 |
| 4.4 | 0-24 | 10YR3/6 | Piano | 56.4 | 14.4 | 29.2 | 12.3 | 20.5 | 4.8 | 3.5 | 3.4 | 0.2 | 14.3 | 22.1 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 6.2 | 4.5 | 0.45 | 0.0 | 0.1 |
| | 24-89 | 10YR5/8 | | 52.4 | 20.4 | 27.2 | 11.4 | 20.6 | 4.9 | 3.8 | 1.9 | 0.1 | 13.0 | 14.9 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 7.3 | 4.2 | 0.45 | 0.0 | 0.0 |
| 4.5 | 0-18 | 10YR3/3 | Vertiente | 54.4 | 22.4 | 23.2 | 13.0 | 20.8 | 4.8 | 3.6 | 1.7 | 0.2 | 9.7 | 9.5 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 18.0 | 5.1 | 0.92 | 0.0 | 0.0 |
| | 18-42 | 10YR6/8 | | 54.4 | 24.4 | 21.2 | 14.0 | 23.1 | 4.8 | 3.8 | 1.1 | 0.1 | 8.5 | 11.0 | 0.4 | 0.3 | -0.1 | 0.2 | 7.9 | 5.0 | 0.45 | 0.0 | 0.0 |
| | 42-62 | 10YR6/8 | | 54.4 | 26.4 | 19.2 | 14.0 | 22.3 | 4.8 | 3.8 | 0.7 | 0.1 | 8.3 | 11.3 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 11.1 | 4.5 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| 4.6 | 0-25 | 10YR3/6 | Vertiente | 56.4 | 22.4 | 21.2 | 15.4 | 24.7 | 4.8 | 3.7 | 2.6 | 0.2 | 12.7 | 17.6 | 0.8 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 8.2 | 5.8 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| | 25-50 | 10YR5/6 | | 52.4 | 24.4 | 23.2 | 14.8 | 23.2 | 4.8 | 3.8 | 1.4 | 0.1 | 9.4 | 11.7 | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 0.4 | 11.4 | 4.6 | 0.23 | 0.0 | 0.0 |
| 4.7 | 0-21 | 10YR4/4 | Vertiente | 56.4 | 14.4 | 29.2 | 12.6 | 24.7 | 4.5 | 3.3 | 2.6 | 0.2 | 11.0 | 14.5 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 8.4 | 4.5 | 0.00 | 0.0 | 0.2 |
| | 21-49 | 10YR7/8 | | 50.4 | 20.4 | 29.2 | 12.3 | 23.3 | 4.7 | 3.6 | 1.1 | 0.1 | 9.3 | 8.1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 11.8 | 4.6 | 0.46 | 0.0 | 0.0 |
| 4.8 | 0-22 | 10YR3/2 | Vertiente | 44.4 | 14.4 | 41.2 | 11.3 | 26.1 | 4.6 | 3.6 | 2.1 | 0.2 | 12.5 | 9.0 | 0.8 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 11.1 | 3.7 | 0.46 | 0.0 | 0.0 |
| | 22-33 | 10YR5/3 | | 40.4 | 18.4 | 41.2 | 12.4 | 28.2 | 4.6 | 3.6 | 1.2 | 0.1 | 11.5 | 6.8 | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 20.4 | 2.8 | 0.48 | 0.0 | 0.0 |
| | 33-50 | 10YR6/4 | | 40.4 | 18.4 | 41.2 | 11.5 | 25.7 | 4.7 | 3.7 | 0.7 | 0.1 | 10.3 | 6.8 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.4 | 18.7 | 3.9 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |

Al correlacionar el value con el carbono orgánico para los horizontes A, se obtuvo un coeficiente altamente significativo ($r = -0.64$), mientras que para el cromina la correlación es significativa ($r = -0.34$). Las correlaciones del carbono orgánico con el value y el cromina respectivamente para los horizontes más profundos (B y C), mostró para el primer caso un $r = -0.27$ y para el segundo un $r = 0.05$, lo cual ratifica lo anteriormente planteado en relación a los contenidos de carbono orgánico. Al relacionar el color de los suelos con la posición que ocupan en el terreno se tiene que tanto el value como el cromina tienden a ser un poco más oscuros en las posiciones más bajas (3/6) o de acumulación en relación a las de vertientes (4/6). Este comportamiento coincide con lo señalado por Curi y Franzmejer (1984), en relación a que la posición del terreno representa un factor limitante que tiene gran influencia en muchas propiedades de los suelos, al igual que para los suelos estudiados en este trabajo, los autores mencionados encontraron que los colores cambiaban desde más claros en las zonas de pendientes fuertes, a colores más oscuros para las zonas con pendientes más suaves, relacionado ello a su vez con el grado de acumulación de la materia orgánica. Aun cuando lo planteado anteriormente es cierto, se puede dar el caso que aun cuando existan altos contenidos de carbono orgánico, los colores oscuros no se manifiesten, dado que el color del material parental puede ejercer una gran influencia sobre el carbono orgánico, tal y como fue observado por Ochoa (1978) en suelos ubicados en la cuenca del Río Torbes, sobre materiales parentales de la formación La Quinta con colores rojizos que "ocultan" los colores oscuros de los horizontes A, con medianos contenidos de carbono orgánico.

Carbono orgánico: El contenido de carbono orgánico promedio para todos los suelos es de 1.63 %. Para los horizontes A es de 2.04 %, para los horizontes B y C es de 0.98 %, (Cuadro 1). Los valores encontrados responden a la velocidad de acumulación y transformación del material verde a partir de la acción de la temperatura y precipitación, así como a la acción de los microorganismos sobre el suelo.

Al comparar los contenidos de carbono orgánico en función de la posición del terreno en la cual se desarrollan los suelos, se tiene que en las zonas de vertientes la acumulación del carbono orgánico es menor (1,9 %.), debido al lavado y transporte del mismo por escorrentia en función de la pendiente,

mientras que en las posiciones con pendientes más suaves los contenidos son mayores (2,55 %).

Las variables que muestran una mayor relación con los contenidos de carbono orgánico en el área de estudio son la arcilla, el limo, el nitrógeno, el calcio, la C.I.C. y el % SB. Ello se expresa con la siguiente ecuación matemática:

$$\% \text{ C.O} = 0.532 + 0.0014 \text{ Arcilla} - 0.0391 \text{ Limo} + 10.5 \% \text{ N} - 0.172 \text{ Calcio} + 0.0473 \text{ C.I.C.} - 0.0039 \% \text{ SB.}$$

$$R = 0.91 \quad R^2 = 82.2 \quad n = 52$$

Relación Carbono/Nitrógeno: La relación C/N de los suelos del área objeto de estudio en promedio es de 10.9, valor que tiene semejanza con los encontrados por Ochoa et al. (1981), (10.7) y Jaimes y Elizalde (1991), (11.32), para altitudes comprendidas entre los 1000 y 1500 msnm. Por posición, se observa que los suelos localizados en zonas de pendientes más suaves (10 al 30 %), presentan una relación C/N promedio de 13.09, mientras que los suelos ubicados sobre pendientes más fuertes (> 30%) el valor es de 9.95. En las zonas donde las pendientes del terreno son más suaves se observa una mayor acumulación de materia orgánica, allí la dinámica de transformación se hace más lenta debido a la presencia del agua que actúa como un catalizador, impidiendo la transformación rápida del material verde, lo cual se refleja en el aumento de la relación C/N. Al tomar en cuenta las características del pH, la relación C/N y el porcentaje de saturación de bases en los horizontes superficiales (A), el tipo de humus se clasifica como Mull ácido oligotrofo (Berthelin et al., 1994), las condiciones de formación de este tipo de humus se establecen sobre bosques frondosos, con un grado de mineralización rápido (Duchaufour, 1975, Ochoa, 1983). El mismo está caracterizado por un pH del orden de 5 (fuertemente ácido), porcentajes de saturación de bases entre el 20 y 70 %, y valores de la relación C/N entre 10 y 20 para los horizontes superficiales. Los suelos del área presentan valores dentro de los rangos expuestos.

Reacción del suelo: El pH de los suelos es fuertemente ácido, con valores promedios de 4.75 en agua y 3.64 en KCl. La diferencia entre el pH en agua y en KCl se encuentra entre una o dos unidades, lo que sugiere la presencia de una considerable acidez potencial en todo el sistema. En función de la posición del terreno, se observa que los suelos desarrollados en vertientes presentan un valor promedio de 4,7 de

pH en agua y 4 en KCl, mientras que los de las zonas de acumulación, el valor es de 4,8 para pH en agua y 4 en KCl. Se supone que la presencia de un pH fuertemente ácido se deba más a la acción de los procesos geoquímicos sobre el material parental a través del tiempo, que a otros factores, considerando la zona donde los regímenes de precipitación y temperatura son adecuados para que se produzca una transformación acelerada de los materiales.

Los coeficientes de correlación simple para los horizontes A, muestran que el pH presenta una mejor relación con el aluminio intercambiable ($r=-0.50$), la acidez total ($r=-0.49$) y el porcentaje de saturación de bases ($r=0.41$).

Aluminio Intercambiable: El aluminio intercambiable oscila entre 0.71 y 8.10 cmol kg^{-1} , con un valor promedio de 4.52 cmol kg^{-1} . Las concentraciones son altas, lo cual significa que existen condiciones fuertemente ácidas, así mismo, podría sugerir la presencia de niveles tóxicos considerables, esto debido a que en los suelos fuertemente ácidos, elementos como el Al^{3+} , Fe^{2+} y Mn^{2+} se vuelven más solubles, aumentando sus contenidos hasta alcanzar concentraciones muy altas. (Abruma et al, 1974, Sánchez, 1974, Sánchez y Salinas, 1983, citado por Jaimes et al, 1994).

La correlación múltiple del aluminio intercambiable con el porcentaje de saturación de bases y el pH es altamente significativo ($R=0.75$) y explica el 55.9 %.

En cuanto a los niveles de Al^{3+} en función de la topografía, se observa que los suelos desarrollados en las posiciones de vertiente los contenidos tienden a ser mayores (4,5 cmol kg^{-1}) que en las zonas de acumulación (3,3 cmol kg^{-1}). Este comportamiento puede ser atribuido a que en los de las zonas de vertientes, las pendientes son mayores, y por consiguiente existe un mayor lavado de las bases en función de la escorrentia, las cuales se acumulan en las zonas bajas. Esto se corrobora, al observar que los contenidos de bases cambiables tienden a ser mayores en las posiciones mas bajas (1.79 cmol kg^{-1}) que en las zonas de vertiente (1.67 cmol kg^{-1}).

Capacidad de Intercambio de Cationes: La capacidad de intercambio catiónico promedio es baja (9.46 cmol kg^{-1}), con valores comprendidos entre 5.10 y 22.05 cmol kg^{-1} . En promedio para los horizontes A, la C.I.C es de 10.18 cmol kg^{-1} , mientras que para los

horizontes B y C es de 8.30 cmol kg^{-1} . Martel et al. (1978), correlacionaron la capacidad de intercambio de cationes con el contenido de carbono orgánico y la arcilla, encontrando un $r = 0.57$ para C.I.C. y el carbono orgánico, y un $r = 0.815$ para la C.I.C. y la arcilla, lo cual muestra una alta relación entre las propiedades consideradas. Para los suelos del área objeto de estudio, estas correlaciones son altamente significativas para la C.I.C. y el carbono orgánico ($r=0.71$) y no significativas para la C.I.C. y la arcilla ($r=0.084$). Este último resultado es opuesto al mostrado por Martel et al. (1978), por lo que para los suelos de La Soledad la C.I.C está influenciada fundamentalmente por la dinámica de la materia orgánica

El comportamiento de la C.I.C. en función de la posición geomorfológica tiende a ser similar tanto para los suelos desarrollados en posiciones de vertiente (9,3 cmol kg^{-1}) como para los de las zonas de acumulación (10,1 cmol kg^{-1}), sin embargo, se observa un leve aumento de sus valores en las posiciones más bajas o de acumulación.

Bases Cambiables: Los contenidos de calcio y magnesio presentan concentraciones bajas 0,16 a 2,17 cmol.kg^{-1} para el calcio; 0,2 a 0,55 cmol.kg^{-1} para el magnesio), mientras que los valores del potasio y del sodio van de medianos a bajos (0,06 a 2,17 cmol.kg^{-1} para potasio; 0,14 a 0,63 cmol.kg^{-1} para sodio), (Cuadro 1). Estos valores permiten establecer una jerarquía en cuanto a los niveles de concentración de bases presentes en el sistema. Así tenemos: $\text{Ca} > \text{K} > \text{Na} > \text{Mg}$, lo cual difiere de la forma más común ($\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$). Genéticamente, esta disposición muestra cierta tendencia de los suelos a poseer bajos niveles evolutivos. En profundidad estos valores se permutan. En función de la forma del terreno, los valores no muestran diferencias significativas.

El porcentaje de saturación de las bases presenta valores comprendidos entre 6.18 % y 54.34 %, con un valor promedio de 19.69 %. En función del tipo de horizontes, los valores promedios del porcentaje de saturación de bases no muestra grandes diferencias, sin embargo, los promedios tienden a ser mayores en los horizontes A (19.9 %) con relación a los horizontes B (19.4 %).

El porcentaje de saturación de bases tiende a ser mayor en los suelos desarrollados en las posiciones planas (21 %), con relación a los de las zonas de

vertientes (19 %). Este comportamiento responde a la influencia de la precipitación y de la pendiente, las cuales sirven como medios para que exista un mayor lavado de bases por escorrentía en las zonas de vertientes, acumulándolas en las posiciones más bajas.

Taxonomía. De acuerdo con Soil Taxonomy (1994), los suelos encontrados en el área de estudio se corresponden con los órdenes Entisol e Inceptisol, los cuales presentan un bajo desarrollo pedogenético. En el grupo de los Entisoles se encuentran Typic Trophorthent y Lithic Trophorthent y en los Inceptisoles Typic Dystropepts y Lithic Dystropepts. Algunos Lytic Dystropepts (perfiles 1.3, 1.6, 2.2, y 3.1) presentan una tendencia a intergradar hacia el subgrupo Oxic (presencia de arcillas de baja actividad, $CICA < a 16 \text{ cmol / kg}^{-1}$ de arcilla). Estos últimos suelos son los que presentan mayor grado de evolución pedogenética en el área estudiada.

CONCLUSIONES

Dadas las características o propiedades físico-químicas de los suelos considerados, se puede notar la presencia de un sistema que responde a las condiciones climáticas gobernantes (precipitación y temperatura) y al tipo de material parental existente en la zona (areniscas, conglomerados heterogéneos, arcillas y lutitas variables).

Las características de los suelos desde el punto de vista del espesor no responde a lo esperado para un área de esta naturaleza, altas precipitaciones y temperaturas aceptables para las transformaciones. Es natural que en las zonas de pendientes fuertes los espesores de los horizontes estuvieran limitados en su evolución, no así en las zonas de menor pendiente. El hecho de que el espesor de los horizontes tienda a ser mayor que el espesor de los horizontes B y C, es un indicio del trabajo que realiza los ácidos orgánicos en la alteración de los materiales, lo cual induce a pensar que la actividad bioquímica supera a la actividad geoquímica en los suelos estudiados. Si se considera que la fuente de sedimentación es areniscas, conglomerados, arcillas y lutitas, la textura de los suelos estudiados franco a franco arenosa, franco arcillo arenosa responde a las características del material parental, y no a las transformaciones de este material, aun cuando algunos suelos presentan cierta tendencia a aumentar los valores de arcilla más limo en los

horizontes B, lo cual señalaría ciertas características evolutivas. Esto se reafirma al establecer comparaciones texturales entre las posiciones de vertiente y las planas, en estas últimas aumentan sensiblemente los valores de la arcilla más el limo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSACCA, A. 1987. Pedogenesis of a chronosequence in the Sacramento Valley, California, U.S.A., I. Application of a soil development. Index. Geoderma, 41, 123-148 p.
- BERTHELLIN, J., LEYVAL C. y TOUTAIN F. 1994. Biologie des sols: rôle des organismes dans l'altération et l'humification. In: Pedologie. 2 Constituants et propriétés du sol. Bonneau M., Souchier, B. Deuxième édition. Masson. p:143-237
- CURI, N. y FRANZMEYER D. P. 1984. Toposequence of oxisols from the Central Plateau of Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 48 341 - 346 p.
- JAIMES, E. et al. 1994. Curso de actualización sobre caracterización de suelos. Trujillo. Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario "Rafael Rangel". Coordinación de Investigación y Postgrado. Grupo de Investigación de Suelos y Aguas. 255 p.
- MARTEL, Y.A., et.al. 1987. Cation exchange capacity of clayrich soils in relation to organic matter, mineral composition, and surface area. Soil Sci. Soc. Am. J. vol. 42. 764-767 p.
- M.A.R.N.R. 1983. Sistemas Ambientales Venezolanos. región de Los Andes: Estado Barinas. Proyecto Ven / 79 / 001. Caracas - Venezuela 353 p.
- MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. 1970. Léxico estratigráfico de Venezuela. 2^{da} ed. Caracas-Venezuela 740 p.
- OCHOA, G. 1978. Génesis, Clasificación y Aptitud para el uso agrícola de algunos suelos de la formación La Quinta en la Cuenca del río Torbes (Táchira) y La Trampa (Mérida) Trabajo de Ascenso. ULA. IGCRN. Mérida, 73 p.
- OCHOA, G. y MALAGÓN, D. 1981. Génesis de algunos suelos en la cuenca media y alta del Río Motatán. Estados Mérida y Trujillo. CIDIAT. 20 p.
- OCHOA, G. 1981. La influencia de la altitud sobre algunas propiedades físico-químicas de los suelos en los Andes Venezolanos. Revista Geográfica Venezolana. Vol XVI - XIX. 1975 - 1978. 217 - 230 p.
- OCHOA, G. 1983. Caracterización mineralógica y génesis de una secuencia de suelos desarrollada en depósitos aluviales del río Socopó. Ticoporo. Estado Barinas. ULA. FCF. Imprenta Universitaria. 180 p.
- OVALLES, F. 1992. Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. FONAIAP - CENIAP, Departamento de Evaluación de Tierras. Serie B. 44 p.
- SOIL SURVEY STAFF. 1994. Key soil Taxonomy. U. S. D. A. SCS. Washintong. 306 p.