

## Variabilidad fisiográfica y morfológica de suelos ocupados por sistemas hortícolas, subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela

Physiographic and morphological variability of soils occupied by horticultural systems, Alto Motatan sub-basin, Merida state, Venezuela

Variabilidade fisiográfica e morfológica do solo ocupado por sistemas de horticultura, sub Motatán Alto, estado Mérida, Venezuela

Neida Pineda<sup>1</sup>, Roberto López<sup>2</sup>, Edgar Jaimes<sup>3</sup> y Ciolys Colmenares<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA). Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR). Universidad de Los Andes (ULA). Trujillo, Venezuela. <sup>2</sup>Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), ULA. Mérida, Venezuela. <sup>3</sup>GISA, NURR, ULA. Trujillo, Venezuela. <sup>4</sup>Departamento de Estadística, Facultad de Agronomía, LUZ. Maracaibo, Venezuela.

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la variabilidad fisiográfica y morfológica de los suelos ubicados en el área de influencia del sistema de riego El Rincón del Picacho, parroquia Andrés Eloy Blanco, municipio Miranda, estado Mérida. Esta información fue necesaria para identificar y seleccionar atributos del suelo que permitieron estimar su calidad. Se recogió la data en campo, mediante la descripción de 19 perfiles de suelo. Se utilizó el análisis estadístico univariado para determinar la variabilidad de las características fisiográficas y morfológicas de los suelos, utilizando los estadísticos: componentes (clases), frecuencia (porcentaje), moda, atributo menor y atributo mayor. Las características fisiográficas oscilaron desde muy baja proporcionalidad con una clase (morfografía, morfocronología y pedregosidad superficial) hasta muy alta con seis clases (pendiente del terreno). Las características morfológicas de los epipedones calificaron desde baja proporción con dos clases (textura, consistencia en húme-

Recibido el 10-10-2015 ● Aceptado el 01-07-2016

Autor de correspondencia e-mail: pineida@ula.ve; npineda@fa.luz.edu.ve

do, consistencia en mojado y actividad biológica) a muy alta con cinco y siete clases (estructura primaria, estructura secundaria, raíces y límites) y para los endopedones desde muy baja con una clase (textura) hasta muy alta con seis y siete clases (raíces y color en seco). Se concluyó que la fisiografía del área de estudio resultó heterogénea por presentar pendientes variables (15 a 45%) y perfiles topográficos rectilíneos y no rectilíneos, lo que influyó en la variabilidad de los balances pedogeomorfológicos de los perfiles descritos. La morfología de los epipedones presentó mayor variabilidad que la de los endopedones, atribuible a los procesos pedogenéticos y al uso agrícola intensivo.

**Palabras clave:** variabilidad del suelo, suelos de páramo, tierras montañosas tropicales, pedogeomorfología, Alto Motatán.

### Abstract

The objective of this research was to determine soil physiographic and morphological variability in the area of influence of irrigation system El Rincón del Picacho, Andres Eloy Blanco parish, Miranda municipality, Merida state. This information was needed to identify and select soil to estimate its quality. Data was collected in the field to describe 19 soil profiles. Univariate statistical analysis was used to determine the physiographical and morphological characteristics using statistics: components (classes), frequency (percentage), mode, lower attribute and higher attribute. The physiographic characteristics ranged from very low proportionality with a class (morphography, morphocronology and rocky surface) up to very high proportionality with six classes (slope). Morphological characteristics of epipedons classified from low proportion, with two classes (texture, moist consistency, wet consistency and biological activity), to very high proportion with five and seven classes (primary structure, secondary structure, roots and limits). In relation to endopedons, morphological characteristics were from very low with one class (texture) to very high with six and seven classes (roots and dry color). It is concluded that physiography of study area was heterogeneous for presenting slopes variables (15 to 45%) and rectilinear and non rectilinear topographic profiles, which influences the variability of pedogeomorphological balance of described profiles. Morphology characteristics of epipedons presented higher variability compared to endopedons, attributable to pedogenetic processes and intensive agricultural use.

**Key words:** soil variability, epipedon, endopedon, pedogeomorphological, Alto Motatan.

### Resumo

O objetivo desta pesquisa foi determinar a variabilidade fisiográfica e morfológica dos solos localizados na área de influência do sistema de irrigação El Rincón del Picacho, Andrés Eloy Blanco, concelho de Miranda, estado Mérida. Esta informação foi necessária para identificar e selecionar os atributos que

permitiram estimar a qualidade do solo. Os dados foram coletados no campo, descrevendo 19 perfis de solos. A análise estatística univariada foi utilizada para determinar a variabilidade das características fisiográficas e morfológicas dos solos, utilizando componentes estatísticos (classes), frequência (percentuais), moda, retail atributo e maior atributo. Características fisiográficas que variam de muito baixo proporcionalidade classe (morfografia, morfocronología e pedregosidade superfície) a muito alta com seis classes (declive do terreno). As características morfológicas das epipedons classificados de baixa proporção com duas classes (textura, consistencia en húmedo, consistencia en mojado y actividad biológica) a muito alto com cinco e sete classes (estrutura primária, estrutura secundária, raízes e limites) e para endopedones de muito baixo com uma classe (textura) a muito alta seis e sete classes (raízes e cor seco). Concluiu-se que a fisiografia da área de estudo foi heterogênea por apresentar variáveis em circulação (15-45%) e perfis topográficos retas e não em linha reta, que influenciaram a variabilidade dos solos geomorfopedológicas dos perfis descritos. A morfología dos Epipedons mostrou maior variabilidade do que os endopedones atribuíveis a processos pedogênicos e uso agrícola intensivo.

**Palavras-chave:** variabilidade do solo, solo de páramo, terras altas tropicais, pedogeomorfología, Alto Motatán.

## Introducción

El desarrollo agrícola en Venezuela se ha enfocado principalmente en una agricultura dirigida a la sobreutilización de los recursos, dando una marcada prioridad al aspecto financiero y rentista sobre las prácticas de conservación de los suelos como recursos naturales no renovables (Mendoza, 2005), lo que ha ocasionado problemas de degradación de suelos, y por ende el deterioro de su calidad; es decir, la pérdida parcial o total de una o más funciones, que implica el desmejoramiento del suelo en su capacidad inherente de producir bienes y servicios y para realizar sus funciones de regulación ambiental.

En los Andes venezolanos, específicamente para la cuenca del río Motatán, Mendoza (2005) señaló que la degradación del suelo, agua y vege-

## Introduction

Agriculture in Venezuela is focused in an agriculture guided to the over-used of resources with a marked priority to the financial and renting aspect on the preservation practices of the soil as non-renewable resources (Mendoza, 2005), causing degradation problems of the soil; thus, the deterioration of its quality; that is, the partial or total loss of one or more functions that imply the worsening of the soil on its inherent capacity of producing goods and services and to perform its environmental regulation.

In the Venezuelan Andes, specifically in the basin of the Motatan river, Mendoza (2005) mentioned that the soil degradation, water and vegetation have intensified in the last 30 years, especially in the middle and high area due to the lack of an adequate

tación se ha intensificado en los últimos 30 años a un ritmo alarmante, sobre todo en el sector medio y alto, debido a la carencia de una adecuada aplicación de políticas conservacionistas que permitan el uso racional de los recursos naturales y, al mismo tiempo, incrementen la productividad de la tierra, en función de las necesidades humanas.

En las zonas montañosas de los Andes venezolanos se desarrollaron actividades agrícolas que causaron la degradación de los recursos naturales debido a la expansión de la frontera agrícola que incorporó tierras de ecosistemas frágiles (Jaimez *et al.*, 2007; CORPOANDES, 2011), el desarrollo de una horticultura de altos insumos en laderas con pendientes mayores al 30%, sin prácticas conservacionistas (Delgado, 2003; Mendoza, 2005; Jaimes *et al.*, 2007), la utilización de altos volúmenes de agua en sistemas de riego por aspersión (Mendoza, 2005; Jaimez *et al.*, 2007), la aplicación excesiva e indiscriminada de agroquímicos (Zyaklin y Ripanti, 2008; CORPOANDES, 2011) y la utilización de altas dosis de fertilizantes orgánicos sin tratar (Jaimez *et al.*, 2007).

Asimismo, Pineda *et al.* (2014) realizaron la evaluación física para los tipos de utilización de la tierra actuales, de tierras agrícolas bajo riego de los sectores El Hatico y El Turmero, en la subcuenca Alto Motatán, para lo cual describieron y caracterizaron siete perfiles de suelo, los cuales fueron utilizados en esta investigación. También, Pineda *et al.* (2016) determinaron la variabilidad de las características físicas y químicas de 19 perfiles de

application of preservation politics that allow the rational use of natural resources, that at the same time would increase the productivity of the land in function of the human needs.

Agricultural activities developed in the mountainous area of the Venezuelan Andes causing the degradation of the natural resources due to the expansion of the agricultural frontier that incorporated lands of fragile ecosystems (Jaimez *et al.*, 2007; CORPOANDES, 2011), the development of a horticulture of high consumptions in hillsides with slopes higher to 30%, without preservation practices (Delgado, 2003; Mendoza, 2005; Jaimes *et al.*, 2007), the use of high water volumes in aspersión irrigation systems (Mendoza, 2005; Jaimez *et al.*, 2007), the excessive and indiscriminate application of agrochemicals (Zyaklin and Ripanti, 2008; CORPOANDES, 2011) and the use of high doses of untreated organic fertilizers (Jaimez *et al.*, 2007).

Likewise, Pineda *et al.* (2014) carried out the physical evaluation for the current lands use types, agricultural lands under irrigation of the areas El Hatico and El Turmero, in the sub-basin Alto Motatan, describing and characterizing seven profiles of the soil used in this research. Additionally, Pineda *et al.* (2016) determined the variability of the physical and chemical characteristics of 19 profiles of the soil located in the same area under research as a previous phase to identify and select pedogeomorphological indicators and estimate its quality. The information of the description and characterization

suelo localizados en la misma área de estudio, como una fase previa para identificar y seleccionar indicadores pedogeomorfológicos y estimar su calidad. La información de la descripción y caracterización de esos 19 perfiles de suelo fue utilizada en esta investigación.

Ante este panorama surge la necesidad de identificar y seleccionar atributos del suelo que permitan evaluar de manera directa la calidad del mismo en esta importante área de producción hortícola para facilitar la planificación y formulación de políticas de aprovechamiento y conservación del recurso suelo, en aras de la sustentabilidad de esos ecosistemas agrícolas.

Por tales razones, este trabajo tuvo como objetivo determinar la variabilidad fisiográfica y morfológica de los suelos localizados en los sectores El Hatico y El Turmero, pertenecientes al área de influencia del sistema de riego El Rincón del Picacho, parroquia Andrés Eloy Blanco, municipio Miranda, estado Mérida. La información generada en esta investigación será la base para, en un posterior trabajo, identificar y seleccionar atributos del suelo que permitan estimar su calidad.

## **Materiales y métodos**

El área de estudio está ubicada entre los 3.294 y 3.560 msnm, coordenadas UTM: 986764-987904 N y 300364-302183 E, en Venezuela, región los Andes, en el estado Mérida, municipio Miranda, parroquia Andrés Eloy Blanco. Comprende el área de influencia del sistema de riego El Rincón del Picacho conformada por los sectores:

of these 19 soil profile was used in this research.

Because of the latter, there is the need of identifying and selecting the attributes of the soil that would allow evaluating directly its quality in the horticultural area to facilitate the planning and formulation of the utilization and preservation politics of the soil with the aim of sustaining these agricultural eco-systems.

Therefore, the aim of this research was to determine the physiographic and morphological variability of the soils located in El Hatico and El Turmero, belonging to the irrigated area El Rincón del Picacho, Andres Eloy Blanco parish, Miranda municipality, Merida state. The information obtained in this research will be the based for further researches to identify and select the attributes of the soil that allow estimating its quality.

## **Materials and methods**

The area under research is located from 3,294 to 3,560 masl at 986764-987904 N and 300364-302183 E, in Venezuela, Andean region, Merida state, Miranda municipality, Andres Eloy Blanco parish. It corresponds to the irrigation area El Rincon del Picacho formed by the areas: El Hatico and El Turmero, located in the left slope of the sub-basin Alto Motatan, affluent of dam Agua Viva, in the hydrographic of the Maracaibo's Lake.

Pineda *et al.* (2014) mentioned that the irrigation committee was constituted by 24 agriculture producers in a surface of approximately 120 ha,

El Hatico y El Turmero, localizados específicamente en la vertiente izquierda de la subcuenca Alto Motatán, afluente de la represa de Agua Viva, dentro de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo.

Pineda *et al.* (2014) señalaron que el comité de riego estuvo constituido por 24 productores agrícolas, asentados en una superficie de 120 ha aproximadamente y el estudio realizado para caracterizar los tipos de utilización de la tierra actuales cubrió 110,26 ha de las cuales se destinaron a la horticultura 54,85 ha (49,75%).

De acuerdo al mapa geológico de la subcuenca alta del río Motatán, a escala 1:50.000, realizado por González y Varela (1987), los suelos del área de estudio se formaron a partir de sedimentos cuaternarios coluviales y/o coluvio-aluviales provenientes de la formación Palmarito. Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 1970), la formación Palmarito corresponde a la edad del Paleozoico tardío y su composición litológica está dada por calizas negras compactas, de grano fino, filitas y pizarras de color gris oscuro a verdoso y meta-areniscas laminadas, de color gris oscuro. Con respecto a la geomorfología presenta paisajes fisiográficos de relieves montañosos con vertientes inclinadas (CORPOANDES, 2011).

Con base en los registros climáticos obtenidos de la División de Hidrología y Meteorología, Zona 19, estado Trujillo (anterior Ministerio del Poder Popular para el Ambiente), la estación de Timotes, localizada a 2.023 msnm, posee datos de precipitación para un período de 20 años (1988-2007), con un patrón pluviométrico de tipo

and the study performed to characterize the current lands use types covered 110.26 ha, out of which 54.85 ha (49.75%) were committed to the horticulture.

According to the geological map of the high basin of Motatan river at a scale of 1:50,000 carried out by González and Varela (1987), the soils of the area were formed after quaternary colluvial and/or alluvial-colluvial sediments coming from Palmarito formation. According to the Ministry of Energy and Mines (MEM, 1970), the Palmarito formation corresponds to the late Paleozoic time and its lithological composition is given by the compact black ashes with fine grain, phylite and dark gray to greenish slate and dark gray laminated sandstone. Regarding the geomorphology, it presents physiographic landscapes with mountainous slopes and inclined hillsides (CORPOANDES, 2011).

Based on the climatic registers obtained from the Hydrology and Meteorology Division, Zone 19, Trujillo state (previously named Ministry office of the Popular Power for the Environment), the Timotes station, located at 2,023 masl has precipitation data for a period oscillating 20 years (1988-2007), with a bimodal rainy period with maximum in May and October, corresponding the highest value in October (104.4 mm) and an annual average of 703.9 mm with a humidity storing in the soil during all the months of the year. The mean annual temperature for the area under research obtained from the Timotes station (period 1969-1990) and using a vertical thermal gradient of 0.60°C/100

bimodal, con máximos en mayo y octubre, correspondiendo el valor más alto en el mes de octubre (104,4 mm) y un promedio anual de 703,9 mm; existiendo almacenamiento de humedad en el suelo durante todos los meses del año. Se estimó la temperatura media anual para el área de estudio a partir de los datos de la estación Timotes (período 1969-1990), utilizando un gradiente térmico vertical de 0,60°C/100 m, obteniéndose un valor de 7,1°C.

De acuerdo a los criterios de las zonas de vida establecidos por Ewel *et al.* (1976) basados en la metodología de Holdridge, la vegetación que caracterizó al área de estudio se encuentra en la zona transicional entre el bosque húmedo montano (bh-M) y el páramo subalpino (p-SA). Según Pineda *et al.* (2014) el uso actual de la tierra es: páramo, páramo en áreas protegidas, cultivos de ciclo corto (granos leguminosos, raíces y tubérculos, y hortalizas), cultivos de ciclo corto en áreas protegidas y bosques fuertemente intervenidos en áreas protegidas.

La muestra estuvo constituida por 10 perfiles localizados en relieve de loma y nueve perfiles en relieve plano inclinado, para un total de 19 perfiles de suelo descritos y caracterizados. Según Pineda *et al.* (2016) la clasificación taxonómica de los suelos del área de estudio, a nivel de orden, correspondió basado en USDA (2014) a: entisoles (ocho perfiles), inceptisoles (seis perfiles) y molisoles (cinco perfiles) (cuadro 1). Los entisoles clasificaron, a nivel de subgrupo, como: Mollic Udifluvents (siete perfiles) y Typic Udorthents (un perfil). Todos los suelos clasificados como inceptisoles correspondieron al gran grupo de los Humudepts, diferen-

m, is of 7.1°C.

According to the criteria of the life zone established by Ewel *et al.* (1976) based on the methodology of Holdridge, the vegetation that characterizes the area under research is on the transitional zone of humid montane forest (bh-M) and sub-alpine paramo (p-SA). According to Pineda *et al.* (2014) the current land use had been: paramo, paramo in protected areas, short-cycle crop (legume grains, roots, tubers and vegetables), short-cycle crops in protected areas and forests strongly intervened in protected areas.

The sample was constituted by 10 profiles located in a relief hill and nine profiles in inclined flat relief, for a total of 19 soil profiles described and characterized. According to Pineda *et al.* (2016), the taxonomic classification of the soils was based on USDA (2014) at: entisol (eight profiles), inceptisols (six profiles) and molisol (five profiles) (table 1). Entisols were classified, at a subgroup level, as: Mollic Udifluvents (seven profiles) and Typic Udorthents (one profile). All soils classified as inceptisol corresponded to the great group of Humudepts, different to the subgroup as: Pachic Humudepts (three profiles), Fluventic Humudepts (two profiles) and Typic Humudepts (one profile). On the other hand, all Molisol constituted the great group of Hapludolls, different to the subgroup as: Fluventic Hapludolls (three profiles) and Typic Hapludolls (two profiles). At a family level, most of the soils belonged to the size of silty skeletal particles and they all presented mixed mineralogy, with an isomesic soil temperature regime. It is important to say that the soil profiles were not regularly

**Cuadro 1. Clasificaciones taxonómicas de los perfiles de suelo descritos y caracterizados en los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Table 1. Taxonomic classification of the soil profiles described and characterized at El Hatico and El Turmero.**

Perfil	Horizontes diagnóstico		Clasificación taxonómica		Secuencia de horizontes
	Epipedón	Endopedón	Familia*		
1	Mólico	Cámbico	Fluventic Hapludolls, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw-Bw	
2	Mólico	Cámbico	Fluventic Hapludolls, esquelética francosa	Ap-A <sub>2</sub> -Bhw-Bw <sub>1</sub> -BC	
3	Mólico	Cámbico	Typic Hapludolls, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw-BC <sub>1</sub> -BC <sub>2</sub>	
4	Mólico	Cámbico	Fluventic Humudepts, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw-Bw <sub>1</sub> -BC <sub>2</sub>	
5	Mólico	Cámbico	Fluventic Humudepts, francosa gruesa	Ap-A <sub>2</sub> -Bw <sub>1</sub> -Bw <sub>2</sub>	
6	Mólico	Cámbico	Fluventic Hapludolls, esquelética francosa	Ap-A <sub>2</sub> -Bw <sub>1</sub> -Bw <sub>2</sub> -C	
7	Mólico	Cámbico	Typic Hapludolls, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bw-C	
8	Úmbrico	Cámbico	Pachic Humudepts, francosa gruesa	Ap-A <sub>2</sub> -Bhw <sub>1</sub> -Bhw <sub>2</sub> -B <sub>3</sub>	
9	Mólico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	Ap-C-Ab	
10	Mólico	Cámbico	Pachic Humudepts, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw <sub>1</sub> -BC-C	
11	Úmbrico	-	Mollic Udifluvents, francosa gruesa	A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> -A <sub>3</sub>	
12	Úmbrico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> -C-R	
13	Úmbrico	Cámbico	Pachic Humudepts, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw <sub>1</sub> -Bhw <sub>2</sub> -R	
14	Mólico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	Ap-A <sub>2</sub> -C-2Ab-2B	
15	Úmbrico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	Ap-C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	
16	Mólico	Cámbico	Typic Humudepts, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -Bhw-C	
17	Úmbrico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	A-C-2Ab-2C	
18	Úmbrico	-	Typic Udorthents, esquelética francosa	A-C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	
19	Úmbrico	-	Mollic Udifluvents, esquelética francosa	Ap-A <sub>3</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	

\*Todos son mixta, isomésica.

Fuente: Pineda *et al.* (2016), con modificaciones propias.



ciándose a nivel de subgrupo al clasificar como: Pachic Humudepts (tres perfiles), Fluventic Humudepts (dos perfiles) y Typic Humudepts (un perfil). Por su parte, todos los molisoles constituyeron al gran grupo de los Hapludolls, diferenciándose a nivel de subgrupo así: Fluventic Hapludolls (tres perfiles) y Typic Hapludolls (dos perfiles). A nivel de familia la mayoría de los suelos pertenecieron a la clase de tamaño de partículas esquelética francosa, y todos presentaron clase de mineralogía mixta y régimen de temperatura del suelo isomésico. Es pertinente aclarar que los perfiles de suelos no quedaron distribuidos regularmente en el área de estudio.

Como técnica de recolección de datos se empleó la observación estructurada a través del instrumento planilla de campo, utilizando el Manual de Levantamientos de Suelos del USDA (1993), la guía para la descripción de suelos de la FAO (2009) y la tabla de colores de suelo Munsell USDA (1990).

A partir de la descripción y caracterización de los 19 perfiles de suelo realizada por Pineda *et al.* (2016) se elaboró la base de datos con la información recabada (en campo y en laboratorio) utilizando la hoja de cálculo de Excel® para Windows®, que permitió elaborar las siguientes matrices de datos:

Matriz 1: características fisiográficas de los perfiles de suelo.

Matriz 2: características morfológicas de los epipedones de los perfiles de suelo.

Matriz 3: características morfológicas de los endopedones de los perfiles de suelo.

distributed in the area under research.

Structured observation was used as a data collection technique, through the instrument field form, using the soil survey manual of USDA (1993), description soils guide of FAO (2009) and Munsell soil colors chart (USDA, 1990).

A data base was elaborated using the information obtained (in the field and in the laboratory) after the description and characterization of 19 soil profiles performed by Pineda *et al.* (2016), using Excel® for Windows® which allowed elaborating the following data matrixes:

Matrix 1: physiographic characteristics of the soil profiles

Matrix 2: morphological characteristics of epipedons of the soil profiles

Matrix 3: morphological characteristics of endopedons of the soil profiles

The physiographic characteristics of the landscape used were: slope of the land (%), type of relief, morphography, morphogenetic, morphochronology, topographic profile, type of superficial and sub-superficial flow, rocky surface, pedogeomorphology balance, external drainage, internal drainage and drainage class. The pedogeomorphology balance was estimated after the criteria proposed by Jaimes (1988) and the other characteristics were determined in the field by other researches guided by the criteria of Jaimes (1994) and FAO (2009).

The morphological characteristics of the soils used were: texture, color in dry and humid

Las características fisiográficas del paisaje utilizadas fueron: pendiente del terreno (%), tipo de relieve, morfografía, morfogenética, morfocronología, perfil topográfico, tipo de flujo superficial y subsuperficial, pedregosidad superficial, balance pedogeomorfológico, drenaje externo, drenaje interno y clase de drenaje. El balance pedogeomorfológico se estimó a partir del criterio propuesto por Jaimes (1988) y las otras características fueron determinadas mediante apreciaciones de los investigadores en campo guiados por los criterios establecidos por Jaimes (1994) y FAO (2009).

Las características morfológicas de los suelos utilizadas fueron: textura, color en seco y en húmedo, estructura primaria y secundaria, consistencia en húmedo y en mojado, raíces, actividad biológica y límites. La textura de los suelos se determinó mediante análisis granulométrico por densimetría de Bouyoucos (INIA, 2015). Las características cualitativas fueron codificadas en forma numérica para su procesamiento estadístico.

Para el procesamiento de la data se aplicó el programa SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2003), que permitió conocer los siguientes estadísticos: componentes (clases), porcentajes, moda, atributo menor y atributo mayor; luego con base al número de componentes (clases) determinados para cada característica estudiada y considerando los criterios de Larreal (2011) se determinó un índice de proporcionalidad expresado con una valoración cualitativa: 1. proporcionalidad muy baja; 2. proporcionalidad baja; 3.

conditions, primary and secondary structure, consistency in humid and wet, roots, biological activities and limits. The texture of soils was determined through the densimetry granulometric analysis of Bouyoucos (INIA, 2015). The qualitative characteristics were coded numerically for the statistic processing.

The Statistical Analysis System version 9.1 (SAS Institute Inc., 2003) was used for processing the data, which allowed knowing these statistics: components (classes), percentage, mode, lower and higher attribute; later, based on the number of components (classes) determined for each studied characteristic and considering Larreal (2011) a proportionality index was determined expressed with a qualitative value: very low proportionality: 1. very low proportionality; 2. low proportionality; 3. intermediate proportionality; 4. high proportionality, and 5. very high proportionality.

Thus, the physiographic and morphological soil characteristics that presented fewer components (classes) had less proportionality (more homogenous) and those that presented more components had more proportionality (less homogenous). The variability of the physiographic and morphological characteristics of the soil was analyzed using the mathematic approach through the abundance and diversity (negentropy) criteria of Ibañez (2002), based on Magurran (1988) considering the number of the different individual (richness) and their relative abundance (evenness).

proporcionalidad intermedia; 4. proporcionalidad alta y 5. proporcionalidad muy alta.

Así las características fisiográficas y morfológicas del suelo que presentaron menos componentes (clases) tuvieron menor proporcionalidad (más homogéneas) y las que presentaron más componentes tuvieron una mayor proporcionalidad (menos homogéneas). La variabilidad de las características fisiográficas y morfológicas de los suelos del área de estudio fue analizada utilizando el enfoque matemático a través de los criterios de abundancia y diversidad (negentropía) de Ibañez (2002), basados en Magurran (1988), considerando el número de los diferentes individuos presentes (riqueza) y su abundancia relativa (equitabilidad).

## Resultados y discusión

### Variabilidad fisiográfica del paisaje

De acuerdo a la clasificación de paisajes de Elizalde (2011) los suelos estudiados correspondieron a la misma unidad pedogeomorfológica (cuadro 2) hasta el nivel 5 de abstracción; mientras que los criterios de separación a partir del nivel 6 conformaron unidades pedogeomorfológicas diferentes (mayor variabilidad) puesto que correspondieron a las combinaciones de las características propias de cada perfil de suelo tales como: tipo de relieve (plano inclinado, loma), pendiente general (variable de 15 hasta 45%), morfogenética (ladera aplanada, ladera de escurrimiento, cono de deyección), siendo las condiciones bioclimáticas (zona transicional entre

## Results and discussion

### Physiographic variability of the landscape

According to the landscape classification of Elizalde (2011) the soil studied corresponded to the same pedogeomorphical unity (table 2) until level 5 of abstraction; meanwhile, the separation criteria after level 6 formed different pedogeomorphical units (higher variability) since these corresponded to the combinations of the own characteristics of each soil profile such as: type of relief (inclined flat, hill), general slope (variable of 15 until 45%), morphogenetic (flat hill, run-off hill, alluvial fan), bioclimatic conditions (transitional area between humid montane forest and sub-alpine paramo), morphology (hill) and morphochronology (Q1: sub-recent quaternary) the same for all the profiles. These results allowed corroborating what Zinck (2012) stated, in the sense that this type of landscape classification combined physico-geographical units in the superior levels of the system with taxonomic units in the inferior levels; thus, the first levels (superior physico-geographic units) were the expected of a specific regional context; therefore, these cannot be generalized or extrapolated to other regional contexts, but the taxon of inferior categories presented enough abstraction level to be recognized through different characteristics in a variety of regional contexts.

On the other hand, the physiographic characteristics (table 3) oscillated from very low proportionality to a very high proportionality with six classes as mentioned below:

**Cuadro 2. Unidades pedogeomorfológicas definidas para los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Cuadro 2. Unidades pedogeomorfológicas definidas para los sectores El Hatico y El Turmero.**

Nivel	Denominación	Símbolo	Escala media de representación
1	Zona orográfica	O	1:30.000.000
2	Sistema Montañoso de Los Andes	OM	1:10.000.000
3	Cordillera de Los Andes <sup>1</sup>	OMA	1:2.000.000
4	Sierra de La Culata <sup>1</sup>	OMAC	1:250.000
5	Sedimentos cuaternarios coluviales y/o coluvioaluviales provenientes de la formación Palmarito <sup>2</sup> .	OMACs	1:50.000

<sup>1</sup>Freile (1962), <sup>2</sup>González y Varela (1987).

el bosque húmedo montano y el páramo subalpino), la morfografía (ladera) y la morfocronología (Q1: cuaternario sub-reciente) las mismas para todos los perfiles (cuadro 2). Estos resultados permitieron corroborar lo señalado por Zinck (2012), en el sentido de que este tipo de clasificación de paisajes combinó unidades físico-geográficas en los niveles superiores del sistema con unidades taxonómicas en los niveles inferiores, así los primeros niveles (unidades físico-geográficas superiores) fueron propios de un contexto regional específico y, por lo tanto, no podrían ser generalizadas o extrapoladas a otros contextos regionales, en cambio los taxones de las categorías inferiores presentaron un nivel de abstracción suficiente para ser reconocidos mediante características diferenciadas en una variedad de contextos regionales.

Por otra parte, las características fisiográficas (cuadro 3) oscilaron desde muy baja proporcionalidad con una clase hasta muy alta proporcio-

Characteristics with very low proportionality, one class: morphography or physiography of the area (hill: 100%), morphochronology or age (Q1: quaternary, superior Pleistocene, 100%) and rocky surface (rocky: 100%).

Characteristics with low proportionality, two classes (hill: 52.60%; inclined flat: 47.40%) and internal drainage (fast: 73.70%; very fast: 26.30%).

Characteristics with intermediate proportionality; three classes: dynamic (morphogenesis) of the land's shape (flat hill: 47.40%, alluvial fan: 36.80%, run-off hill: 15.80%), type of and sub-superficial superficial flow (parallel-homogenous: 63.20%, divergent-centrifugal: 31.60%; convergent-centripetal: 5.30%); external drainage (fast: 58.40%, moderate: 21.10%, very fast: 10.50%), type of drainage (very excessive drainage: 78.90%; excessive drainage: 15.80%, well drained: 5.30%).

**Cuadro 3. Estadísticos de las características fisiográficas de los paisajes de suelos descritos y caracterizados en los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Table 3. Statistics of the physiographic characteristics of the soil landscapes described and characterized in the areas El Hatico and El Turmero.**

Estadísticos	Pendiente	Tipo de relieve	Morfografía	Morfogenética	Morfocronología	Perfil topográfico
Clase	15% 20% 24% 30% 40% 45%	Plano inclinado Loma	Ladera	Cono de deyección Ladera aplanada Ladera de escurrimiento	Q <sub>1</sub>	Rectilíneo-rectilíneo Cóncavo-cóncavo Cóncavo-convexo Convexo-convexo
Frecuencia (%)	21,10 42,10 15,80 10,50 5,30 5,30	47,40 52,60	100,00	36,80 47,40 15,80	100,00	63,20 5,30 15,80 15,80
Moda	20%	Loma	Ladera	Ladera aplanada	Q <sub>1</sub>	Rectilíneo-rectilíneo
Atributo menor	15%	Plano inclinado	-	Cono de deyección	-	Cóncavo-cóncavo
Atributo mayor	45%	Loma	-	Ladera de escurrimiento	-	Convexo-convexo
Estadísticos	Tipo de flujo	Pedregosidad	Balance pedogeomorfológico	Drenaje	Drenaje	Clase de drenaje
Clase	Paralelo-homogéneo Convergente-centrípeto Divergente-centrípeto	superficial Pedregoso	Ge" <sup>o</sup> T>P; G=P Ge" <sup>o</sup> T>P; G>P Ge" <sup>o</sup> T>P; G<P	externo Moderado Rápido	interno Rápido	Bien drenado Algo excesivamente drenado Excesivamente drenado
Frecuencia (%)	63,20 5,30 31,60	100,00	63,20 5,30 15,80 15,80	Muy rápido 21,10 68,40 10,50	Muy rápido 73,70 26,30	5,30 78,90 15,80
Moda	Paralelo-homogéneo	Pedregoso	Ge" <sup>o</sup> T>P; G=P	Rápido	Rápido	Algo excesivamente drenado
Atributo menor	Paralelo-homogéneo	-	Ge" <sup>o</sup> T>P; G=P	Moderado	Rápido	Bien drenado
Atributo mayor	Divergente-centrípeto	-	Ge" <sup>o</sup> T<P; G<P	Muy rápido	Muy rápido	Excesivamente drenado

Leyenda: Q1= Cuaternario; G = ganancias; T = transformaciones; P = pérdidas.

nalidad con seis clases como se detallan a continuación:

Características con proporcionalidad muy baja, una clase: morfografía o fisiografía de la forma (ladera: 100%), morfocronología o edad de la forma (Q1: cuaternario, pleistoceno superior, 100%) y pedregosidad superficial (pedregoso: 100%).

Características con proporcionalidad baja, dos clases: tipo de relieve (loma: 52,60%; plano inclinado: 47,40%) y drenaje interno (rápido: 73,70%; muy rápido: 26,30%).

Características con proporcionalidad intermedia, tres clases: dinámica (morfogénesis) de la forma del terreno (ladera aplanada: 47,40%; cono de deyección: 36,80%; ladera de escurrimiento: 15,80%); tipo de flujo superficial y subsuperficial (paralelo-homogéneo: 63,20%; divergente-centrífugo: 31,60%; convergente-centrípeto: 5,30%); drenaje externo (rápido: 68,40%, moderado: 21,10%, muy rápido: 10,50%); clase de drenaje (algo excesivamente drenado: 78,90%; excesivamente drenado: 15,80%; bien drenado: 5,30%).

Características con proporcionalidad alta, cuatro clases: perfil topográfico (rectilíneo-rectilíneo: 63,20%; cóncavo-convexo: 15,80%; convexo-convexo: 15,80%; cóncavo-cóncavo: 5,30%); balances de los procesos pedogeomorfológicos ( $G \geq T > P$ ,  $G = P$ : 63,20%;  $G \geq T > P$ ,  $G < P$ : 15,80%;  $G \geq T < P$ ,  $G < P$ : 15,80%;  $G > T > P$ ,  $G > P$ : 5,30%).

Características con muy alta proporcionalidad, seis clases: porcentaje de pendiente (20: 42,10%; 15: 21,10%; 24: 15,80%; 30: 10,50%; 40: 5,30%; 45: 5,30%).

Characteristics with high proportionality, four classes: topographic profile (rectilinear-rectilinear: 63.20%; concave-convex: 15.80%, convex-convex: 15.80%, concave-concave: 5.30%); balances of the pedogeomorphical processes ( $G \geq T > P$ ,  $G = P$ : 63.20%;  $G \geq T > P$ ,  $G < P$ : 15.80%;  $G \geq T < P$ ,  $G < P$ : 15.80%;  $G > T > P$ ,  $G > P$ : 5.30%).

Characteristics with very high proportionality, six classes: slope percentage (20: 42.10%; 15: 21.10%; 24: 15.80%; 30: 10.50%; 40: 5.30%; 45: 5.30%).

In table 4 are stated the combination of transversal and longitudinal profiles that correspond to pedogeomorphical balances determined for the soil profiles described in the area under research according to the topographic profile patterns proposed by Elizalde and Jaimes (1991). It is important to mention that these balances were estimated according to the position that soil profile occupied in the land, in this way, the pedogeomorphical balance  $G \geq T > P$ ,  $G = P$  (rectilinear-rectilinear) was estimated for twelve soil profiles located in the medium position of the land's shape; the balance  $G > T > P$ ,  $G > P$  (concave-concave) was estimated for a soil located in the low position of the land's shape; the balance  $G \geq T > P$ ,  $G < P$  (concave-convex) was estimated for three soil profiles described in the medium position of the land's shape; and finally, the balance  $G \geq T < P$ ,  $G < P$  (convex-convex) was estimated for three soil profiles located in a medium position of the land's shape.

The gradient of the slope resulted to have the highest variability

En el cuadro 4 se indican las combinaciones de perfiles transversales y longitudinales correspondientes a los balances pedogeomorfológicos determinados para los perfiles de suelos descritos en el área de estudio, de acuerdo con los patrones de perfiles topográficos propuestos por Elizalde y Jaimes (1991). Es pertinente aclarar que estos balances fueron estimados de acuerdo con la posición que ocupaba el perfil del suelo en la forma del terreno; de esta manera, el balance pedogeomorfológico  $G \geq T > P$ ,  $G = P$  (rectilíneo-rectilíneo) se estimó para doce perfiles de suelo ubicados en la posición media de la forma del terreno; el balance  $G > T > P$ ,  $G > P$  (cóncavo-cóncavo) se estimó para un perfil de suelo localizado en la posición baja de la forma del terreno; el balance  $G \geq T > P$ ,  $G < P$  (cóncavo-convexo) se estimó para tres perfiles de suelo descritos en la posición media de la forma del terreno; y por último, el balance  $G \geq T < P$ ,  $G < P$  (convexo-convexo) se estimó para tres perfiles de suelos ubicados en la posición media de la forma del terreno (cuadro 4).

El gradiente de la pendiente del terreno resultó con la más alta variabilidad presentando valores desde 15 hasta 45%, que clasificaron de acuerdo a la FAO (2009) como: fuertemente inclinados (15%), moderadamente escarpados (15-30%) y escarpados (30-60%), con predominio de los moderadamente escarpados. Los perfiles topográficos vinculados a la forma general de la pendiente con respecto al flujo superficial del agua en sentido vertical y horizontal resultaron variables por presentar un patrón complejo de unidades de paisaje con formas de

presenting values from 15 to 45%, classified according to FAO (2009) as: strongly inclined (15%), moderately steep (15-30%) and steep (30-60%), with a predominance of moderate steep. The topographic profiles linked to the general shape of the slope regarding the superficial flow of the water in the vertical and horizontal direction resulted different by presenting a complex unit pattern of the landscape with rectilinear land's shape and non-rectilinear (concave-concave, concave-convex, convex-convex). From the results obtained, it was deduced that the landscapes of the soils presented land slopes and topographic profiles that varied, which influenced in the variability of the pedogeomorphical balances of the profiles described; that is, affecting the dynamic of the pedogeomorphical systems, as mentioned by Jaimes (1994), associated to the flows of matter, energy and information, routed through the hydrologic processes, and with an incidence in the high variability of the balances of gains (G), transformation (T) and losses (P) of matter, energy and information determined on each of the soil profile studied.

Elizalde and Jaimes (1991) and Rodríguez (2010) agreed on the fact that the inclination of the slope influenced on the flow velocity of water and sediments since it controlled the quantity of potential energy available by water to transport its own mass and the sediments that dragged; thus, at a higher slope there was more velocity of superficial run-off, increasing the strength of the superficial flow, which increased its erosive capacity. On the

**Cuadro 4. Balances pedogeomorfológicos de los perfiles transversales y longitudinales de los suelos descritos y caracterizados en los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Table 4. Pedo-geomorphic balances of the transversal and longitudinal soil profiles described and characterized at El Hatico and El Turmero.**

Perfiles longitudinales de las laderas	Perfiles transversales de las laderas		
	Rectilíneos	Cóncavos	Convexos
Rectilíneos	$G \geq T > P$ , $G = P$	Por definir	Por definir
Cóncavos	Por definir	$G > T > P$ , $G > P$	$G \geq T > P$ , $G < P$
Convexos	Por definir	Por definir	$G \geq T < P$ , $G < P$



terreno rectilíneas y no rectilíneas (cóncavo-cóncavo, cóncavo-convexo, convexo-convexo). De los resultados obtenidos se dedujo que los paisajes de suelos presentaron pendientes del terreno y perfiles topográficos variables lo que influyó en la variabilidad de los balances pedogeomorfológicos de los perfiles descritos; es decir, afectando como lo señaló Jaimes (1994), la dinámica de los sistemas pedogeomorfológicos asociado a los flujos de materia, energía e información canalizados a través de los procesos hidrológicos, incidiendo en la alta variabilidad de los balances de procesos de ganancias (G), transformaciones (T) y pérdidas (P) de materia, energía e información determinados en cada uno de los perfiles de suelo estudiados.

Elizalde y Jaimes (1991) y Rodríguez (2010), coincidieron en que la inclinación de la pendiente influyó en la velocidad del flujo de agua y sedimentos ya que controló la cantidad de energía potencial disponible por el agua para transportar su propia masa y la de los sedimentos que arrastraron; así a mayor pendiente, mayor fue la velocidad de escurrimiento superficial, incrementando la fuerza del flujo superficial, lo que aumentó su capacidad erosiva. Por su parte, Ochoa *et al.* (2008) señalaron que el dominio de altas pendientes en las cuencas altas del río Motatán ha generado pérdidas por erosión, ocasionando rejuvenecimientos pedológicos y predominio de suelos “jóvenes” como los entisoles e inceptisoles, condición evidenciada en los suelos del área de estudio. En tal sentido, es de esperar que los suelos con mayores pendientes y perfiles topográficos no rectilíneos (convexo-cóncavo, convexo-

other hand, Ochoa *et al.* (2008) mentioned that the dominance of high slopes in high basins of Motatan river has generated losses by erosion, causing soil resurfacing and predominance of “young” soils such as entisol and inceptisol, condition that was observed in the soils of the area under research. In this sense, it is expected that the soils with more slopes and non-rectilinear topographic profiles (convex-concave, convex-convex) propitiate the occurrence of pedogeomorphical processes where there is predominance of losses (denudation) on gains (sedimentation) due to gravity, superficial un-off and the movement in mass, causing the degradation of the soils with less quality.

Regarding the relationship between the soil profiles studied and the types of slopes and morphogenetic classes determined, it was observed that the nine profiles with type of flat inclined relief corresponded to the morphogenetic class of flat hill; meanwhile, the profiles located in the types of slope of hill presented both the morphogenetic class of alluvial fan (seven) and the run-off hill (three). There was not any direct relationship between the types of topographic profiles of the studied soils and the type of relief and/or morphogenetic class; also, there was predominance of the rectilinear-rectilinear profiles (twelve) on the non-rectilinear (seven). It must be said that that even when 37% approximately of profiles were non rectilinear, these corresponded to more complex topographic shapes, as mentioned by Pineda *et al.* (2012);

convexo) propicien la ocurrencia de procesos pedogeomorfológicos donde predominen las pérdidas (denudación) sobre las ganancias (sedimentación) por acción de la gravedad, por escurrimiento superficial y por la acción de movimientos en masa, causando la degradación de los suelos con su consecuente menor calidad.

Con respecto a la relación entre los perfiles de suelos estudiados y las clases de tipos de relieve y clases morfogenéticas determinadas se observó que los nueve perfiles con tipo de relieve plano inclinado se correspondieron con la clase morfogenética ladera aplanada; mientras que los perfiles localizados en tipos de relieves de loma presentaron tanto la clase morfogenética como de deyección (siete) como de ladera de escurrimiento (tres). No hubo relación directa entre las clases de perfiles topográficos de los terrenos de los suelos estudiados y el tipo de relieve y/o de clase morfogenética, se destacó que predominaron los perfiles rectilíneos-rectilíneos (doce) sobre los no rectilíneos (siete). Cabe destacar, que aun cuando un 37% aproximadamente de los perfiles resultaron no rectilíneos correspondieron, tal como lo afirmado por Pineda *et al.* (2012), a formas topográficas de mayor complejidad y, en consecuencia, determinantes de una mayor heterogeneidad pedogeomorfológica.

### **Variabilidad morfológica de los perfiles de suelo**

Las características morfológicas del epipedón (cuadro 5) calificaron desde baja proporcionalidad con dos clases a muy alta proporcionalidad con cinco y siete clases, de la siguiente manera:

consequently, determinant of more pedogeomorphological heterogeneity.

### **Morphological variability of the soil profiles**

The morphological characteristics of the epipedon (table 5) were from very low proportionality with two classes to very high proportionality with five and seven classes, like this:

Characteristics with low proportionality, two classes: texture (Fa: 68.40%; aF: 31.60%), humid consistency (very friable: 52.60%, friable: 47.40%), wet consistency (low adhesive-low plastic: 94.70%; adhesive-plastic: 5.30%, biologic activity (abundant: 94.70%; frequent: 5.30%).

Characteristic with intermediate proportionality, three classes: color in dry condition (10YR3/3: 52.60%; 10YR4/3: 26.30%; 10YR4/2: 21.10%).

Characteristic with high proportionality, four classes: color in humid (10YR2/1: 52.60%; 10YR3/2: 21.10%; 10YR2/2: 15.80%; 10YR3/3: 10.50%).

Characteristics with very high proportionality. With five classes: primary structure (Ba-g-2: 42.10%; B-g-2: 26.30%; B-g-3: 21.10%; Ba-g-3: 5.30%; B-m-2: 5.30%), secondary structure (B-m-2: 57.90%; B-f-2: 21.10%; B-m-1: 10.50%; B-g-2: 5.30%; B-mf-2: 5.30%). With seven classes: roots (A,g,m,f: 52.60%; A,f: 10.50%; A,m,f: 10.50%; A,g,m: 10.50%; A,m: 5.30%; A,g,m,f,mf: 5.30%; F,f: 5.30%), limits (a,o: 26.30%; a,i: 21.10%; c,i: 21.10%; c,p: 10.50%; c,o: 10.50%; a,p: 5.30%; g,p: 5.30%).

The limits of the epipedons were variable with a predominance of rough combinations (lower to 2.5 cm of

**Cuadro 5. Estadísticos de las características morfológicas de los epipedones de los suelos descritos y caracterizados en los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Table 5. Statistics of the morphological characteristics of epipedons of the soils described and characterized at El Hatico and El Turmero.**

Estadísticos	Textura	Color seco	Color húmedo	Estructura primaria	Estructura secundaria	Consistencia húmedo	Consistencia mojado	Raíces	Actividad biológica	Límites
Clase	Fa Af	10YR4/3 10YR4/2 10YR3/3	10YR3/3 10YR3/2 10YR2/2 10YR2/1	Ba-g-3 Ba-g-2 B-g-3 B-g-2 B-m-2	B-g-2 B-m-2 B-m-1 B-f-2 B-mf-2	1 2	1a-1 2a-2	F,f A,f A,m,f A,m A,g,m,f,mf A,g,m,f A,g,m 5,30	F A	a,p a,o a,i c,p c,o c,i g,p 5,30 26,30
Frecuencia (%)	68,40 31,60	26,30 21,10 52,60	10,50 21,10 15,80 52,60	5,30 42,10 21,10 26,30 5,30	5,30 57,90 10,50 21,10 5,30	52,60 47,40	94,70 5,30	10,50 10,50 5,30 5,30 52,60 10,50	5,30 94,70 10,50 10,50	21,10 21,10 10,50 10,50 21,10 5,30
Moda	Fa	10YR3/3	10YR2/1	Ba-g-2	B-m-2	1	1a-1	A,g,m,f	A	5,30
Atributo menor	Fa	10YR4/3	10YR3/3	Ba-g-3	B-g-2	1	1a-1	F,f	F	a,o
Atributo mayor	aF	10YR3/3	10YR2/1	B-m-2	B-mf-2	2	2a-2	A,g,m	A	a,p g,p

Leyenda:

Textura: Fa=franco arenosa, aF=areno francosa

Estructura: Tipo: B=bloques subangulares, Ba=bloques angulares. Tamaño: g=gruesa, m=media, f=fina, mf=muy fina. Grado: 1=débil, 2=moderada, 3=fuerte

Consistencia: Húmedo: 1=muy friable, 2=friable. Mojado: 1a=débilmente adhesivo, 2a=adhesivo, 1=débilmente plástico, 2=plástico

Raíces: Cantidad: A=abundantes, F=frecuentes. Tamaño: g=gruesas, m=medias, f=finas, mf=muy finas

Actividad biológica: Cantidad: A=abundante, F=frecuente

Límites: Distinción: a=abrupto, e=claro, g=gradual. Topografía: p=plano, o=ondulado, i=irregular

Características con proporcionalidad baja, dos clases: textura (Fa: 68,40%; aF: 31,60%), consistencia en húmedo (muy friable: 52,60%; friable: 47,40%), consistencia en mojado (débilmente adhesivo-débilmente plástico: 94,70%; adhesivo-plástico: 5,30%), actividad biológica (abundante: 94,70%; frecuente: 5,30%).

Característica con proporcionalidad intermedia, tres clases: color en seco (10YR3/3: 52,60%; 10YR4/3: 26,30%; 10YR4/2: 21,10%).

Característica con proporcionalidad alta, cuatro clases: color en húmedo (10YR2/1: 52,60%; 10YR3/2: 21,10%; 10YR2/2: 15,80%; 10YR3/3: 10,50%).

Características con muy alta proporcionalidad. Con cinco clases: estructura primaria (Ba-g-2: 42,10%; B-g-2: 26,30%; B-g-3: 21,10%; Ba-g-3: 5,30%; B-m-2: 5,30%), estructura secundaria (B-m-2: 57,90%; B-f-2: 21,10%; B-m-1: 10,50%; B-g-2: 5,30%; B-mf-2: 5,30%). Con siete clases: raíces (A,g,m,f: 52,60%; A,f: 10,50%; A,m,f: 10,50%; A,g,m: 10,50%; A,m: 5,30%; A,g,m,f,mf: 5,30%; F,f: 5,30%), límites (a,o: 26,30%; a,i: 21,10%; c,i: 21,10%; c,p: 10,50%; c,o: 10,50%; a,p: 5,30%; g,p: 5,30%) (cuadro 5).

Los límites de los epipedones resultaron muy variables predominando las combinaciones de abrupto (menor de 2,5 cm de espesor) con topografía ondulada o irregular, y claro (2,5 a 6,25 cm de espesor) con topografía irregular o plana. También la cantidad de raíces calificó como muy variable, caracterizándose principalmente por presentar abundantes raíces con diversos tamaños (gruesos, medios, finos y muy finos). La estructura primaria resultó

thickness) with irregular topography and clear (2.5 to 6.25 cm of thickness) with irregular or flat topography. Also, the quantity of roots qualified as very variable; mainly characterized by presenting abundant roots with different sizes (thick, medium, thin and very thin). The primary structure has high proportionality with predominance of the angular block structure, thick with a moderate development degree; on the other hand, the secondary structure also presented high variability attributed to the size and the development degree of the sub-angular block structure. Another characteristic that resulted with high proportionality was the color in humid conditions, expressed through different combinations of low chroma and value for the same hue (10YR). The high proportion presented by the primary and secondary structured and the color of the soils might be attributed to the variability of the content of clay and organic matter reported by Pineda *et al.* (2016) on the epipedon of these soils.

Eleven out of the 19 soil profiles described and characterized presented endopedons, on which the morphological characteristics (table 6) oscillated from very low proportionality with one class to a very high proportionality with six and seven classes as mentioned below:

Characteristic with very low proportionality, one class: texture (Fa: 100%).

Characteristic with low proportionality, two classes: consistency in wet (low adhesive-low plastic: 90.90%; adhesive-plastic: 9.10%).

con alta proporcionalidad predominando la estructura blocosa angular, gruesa con moderado grado de desarrollo; por su parte, la estructura secundaria también presentó una alta variabilidad atribuible al tamaño y al grado de desarrollo de la estructura blocosa subangular. Otra característica que resultó con alta proporcionalidad fue el color en húmedo expresado a través de diversas combinaciones de bajos *chroma* y *value* para un mismo *hue* (10YR). La alta proporcionalidad que presentó la estructura primaria y secundaria, y el color de los suelos podría atribuirse a la variabilidad de los contenidos de arcilla y carbono orgánico reportados en los epipedones de estos suelos por Pineda *et al.* (2016).

De los 19 perfiles de suelos descritos y caracterizados solo 11 presentaron endopedones, en los cuales las características morfológicas (cuadro 6) oscilaron desde muy baja proporcionalidad con una clase hasta muy alta proporcionalidad con seis y siete clases como se señalan a continuación:

Característica con proporcionalidad muy baja, una clase: textura (Fa: 100%).

Característica con proporcionalidad baja, dos clases: consistencia en mojado (débilmente adhesivo-débilmente plástico: 90,90%; adhesivo-plástico: 9,10%).

Características con proporcionalidad intermedia, tres clases: consistencia en húmedo (muy friable: 72,70%; friable: 18,20%; firme: 9,10%), actividad biológica (poca: 36,40%; frecuente: 18,20%; abundante: 18,20%).

Características con proporcionalidad alta, cuatro clases: color en húmedo (10YR3/3: 54,50%; 10YR5/6:

Characteristics with intermediate proportionality, three classes: consistency in humid (very friable: 72.70%; friable: 18.20%; firm: 9.10%), biologic activity (little: 36.40%; frequent: 18.20%; abundant: 18.20%).

Characteristics with high proportionality, four classes: color in humid (10YR3/3: 54.50%; 10YR5/6: 27.30%; 10YR3/2: 9.10%; 10YR2/2: 9.10%), primary structure (B-m-2: 54.50%; B-g-2: 27.30%; Ba-g-2: 9.10%; B-f-2: 9.10%), secondary structure (B-m-2: 63.60%; B-f-2: 18.20%; B-g-2: 9.10%; B-m-1: 9.10%), limits (a,i: 45.50%; a,p: 18.20%; a,o: 18.20%; c,o: 18.20%).

Characteristics with very high proportionality. With six classes: roots (F,f,mf: 27.30%; P,mf: 18.20%; F,mf: 9.10%; F,f: 9.10%, F,m: 9.10%; F,g,m: 9.10%). With seven classes: color in dry conditions (10YR4/3: 45.50%; 10YR7/6: 9.10%; 10YR7/4: 9.10%; 10YR6/6: 9.10%; 10YR5/3: 9.10%; 10YR4/2: 9.10%; 10YR3/3: 9.10%).

The characteristics of roots resulted different for both the endopedon and epipedon, but in endopedon these were not abundant but very frequent, of sizes: very thin, thin, medium and thick, it is also important to mention that only eight endopedons presented roots. The other characteristic that qualified with very high proportionality was color in dry condition, since it presented for the same hue (10YR) different combinations of the chroma and value, with a tendency to lighter colors than the presented in the epipedon. The primary and secondary structure presented a high variability more

**Cuadro 6. Estadísticos de las características morfológicas de los endopedones de los suelos descritos y caracterizados en los sectores El Hatico y El Turmero.**

**Table 6. Statistics of the morphological characteristics of endopedons of the soils described and characterized at El Hatico and El Turmero.**

Estadísticos	Textura	Color seco	Color húmedo	Estructura primaria	Estructura secundaria	Consistencia húmedo	Consistencia mojado	Raíces*	Actividad biológica**	Límites
Clase	Fa	10YR7/6 10YR7/4 10YR6/6 10YR3/3 10YR5/3 10YR2/2 10YR4/3 10YR3/3	10YR5/6 10YR3/3 10YR3/2 10YR2/2	Ba-g-2 B-g-2 B-m-2 B-f-2	B-g-2 B-m-2 B-m-1 B-f-2	1 2 3	1a-1 2a-2	P,mf F,mf F,f F,m F,g,m	P F A	a,p a,o a,i c,o
Frecuencia (%)	100,00	9,10 9,10 9,10 45,50 9,10	27,30 54,50 9,10 9,10	9,10 27,30 54,50 9,10	9,10 63,60 9,10 18,20	72,70 18,20 9,10	90,90 9,10	18,20 9,10 27,30 9,10 9,10 9,10	36,40 18,20 18,20 18,20	18,20 18,20 45,50 18,20
Moda	Fa	10YR4/3	10YR3/3	B-m-2	B-m-2	1	1a-1	F,f,mf	P	a,i
Atributo menor	-	10YR7/6	10YR5/6	Ba-g-2	B-g-2	1	1a-1	P,mf	P	a,p
Atributo mayor	-	10YR3/3	10YR2/2	B-f-2	B-f-2	3	2a-2	F,g,m	A	c,o

\*Sólo 9 endopedones presentaron raíces (81,8% del total)

\*\*Sólo 8 endopedones presentaron actividad biológica (72,7% del total)

Leyenda:

Textura: Fa=franco arenosa

Estructura: Tipo: B=bloques subangulares, Ba=bloques angulares. Tamaño: g=gruesa, m=media, f=fina. Grado: 1=débil, 2=moderada

Consistencia: Húmedo: 1=muy friable, 2=friable, 3=firme. Mojado: 1a=débilmente adhesivo, 2a=adhesivo, 1=débilmente plástico, 2=plástico

Raíces: Cantidad: F=frecuentes, P=pocas. Tamaño: g=gruesas, m=medias, f=finas, mf=muy finas

Actividad biológica: Cantidad: A=abundante, F=frecuente, P=poca.

Límites: Distinción: a=abrupto, c=claro. Topografía: p=plano, o=ondulado, i=irregular

27,30%; 10YR3/2: 9,10%; 10YR2/2: 9,10%), estructura primaria (B-m-2: 54,50%; B-g-2: 27,30%; Ba-g-2: 9,10%; B-f-2: 9,10%), estructura secundaria (B-m-2: 63,60%; B-f-2: 18,20%; B-g-2: 9,10%; B-m-1: 9,10%), límites (a,i: 45,50%; a,p: 18,20%; a,o: 18,20%; c,o: 18,20%).

Características con muy alta proporcionalidad. Con seis clases: raíces (F,f,mf: 27,30%; P,mf: 18,20%; F,mf: 9,10%; F,f: 9,10%, F,m: 9,10%; F,g,m: 9,10%). Con siete clases: color en seco (10YR4/3: 45,50%; 10YR7/6: 9,10%; 10YR7/4: 9,10%; 10YR6/6: 9,10%; 10YR5/3: 9,10%; 10YR4/2: 9,10%; 10YR3/3: 9,10%) (cuadro 6).

Tanto para los endopedones como para los epipedones las características de las raíces resultaron muy variables, pero para los endopedones no resultaron abundantes sino que mayormente fueron frecuentes, de tamaños: muy finas, finas, medias y gruesas, además es pertinente señalar que solo ocho endopedones presentaron raíces. La otra característica que calificó con muy alta proporcionalidad fue el color en seco, ya que presentó para un mismo *hue* (10YR) diversas combinaciones de *croma* y *value* con tendencia a colores más claros que los presentados en el epipedón. La estructura primaria y la estructura secundaria presentaron una alta variabilidad asociada más al tamaño de la estructura que al tipo de estructura. Igualmente, los límites calificaron con alta variabilidad predominando las combinaciones de abrupto sobre claro.

Con respecto a la morfología se dedujo que los epipedones presentaron mayor variabilidad que los endopedones, atribuible a los procesos

asociados a la estructura de la estructura más que al tipo de estructura. Asimismo, los límites se calificaron con alta variabilidad con la predominancia de las combinaciones de abrupto sobre claro.

Respecto a la morfología, se dedujo que los epipedones presentaron mayor variabilidad que los endopedones, atribuida a los procesos y el uso intensivo de la agricultura en estos suelos. La mayor variabilidad observada para los epipedones confirmó lo que Jaimes *et al.* (2005) y Pineda *et al.* (2008) afirmaron; así, estos horizontes del suelo exhibieron mayor variabilidad espacial y temporal allí donde la intensidad y frecuencia de los cambios que todos los factores ambientales o externos tuvieron y que se atribuyeron directamente a la pedogénesis; es decir, variaciones de algunos elementos climáticos (temperatura, radiación, precipitación, evapotranspiración e aislamiento, entre otros), cambios en el uso de la tierra y diferencias asociadas a diferentes prácticas o tipos de manejo de la tierra; mientras que para los endopedones, que son subsuperficiales, estos no fueron sometidos a una gran variabilidad de los factores que forman el suelo. Lo anterior se confirmó en los reportes de Larreal *et al.* (2010a), Larreal *et al.* (2010b) y Larreal *et al.* (2012), cuando estudiaron la variabilidad morfológica y química de las series de suelos en relación con una menor homogeneidad (mayor variabilidad) presentada por los horizontes superficiales comparados con los subsuperficiales, que tienen mayor homogeneidad (menor variabilidad) debido a las influencias antropogénicas en los primeros.

Las variables morfológicas que presentaron mayor variabilidad fueron:

pedogenéticos y al uso agrícola intensivo que se desarrolló en estos suelos. La mayor variabilidad observada para los epipedones confirmó lo señalado por Jaimes *et al.* (2005) y Pineda *et al.* (2008) por lo cual estos horizontes del suelo exhibieron una mayor variabilidad espacial y temporal, en virtud a los cambios de intensidad y frecuencia que tuvieron todos los factores ambientales o externos que incidieron directamente sobre su pedogénesis; es decir, variaciones de algunos elementos climáticos (temperatura, radiación, precipitación, evapotranspiración e insolación, entre otros), cambios en el uso de la tierra y diferencias asociadas con distintas prácticas o tipos de manejo de tierras; mientras que los endopedones, por ser horizontes subsuperficiales, no estuvieron sometidos a esta amplia variabilidad de los factores formadores de suelo. Lo antes señalado coincidió con lo reportado por Larreal *et al.* (2010a), Larreal *et al.* (2010b) y Larreal *et al.* (2012), al estudiar la variabilidad morfológica y química de series de suelos, con relación a la menor homogeneidad (mayor variabilidad) presentada por los horizontes superficiales en comparación a los subsuperficiales que tuvieron una mayor homogeneidad (menor variabilidad) debido a la influencia antrópica en los primeros.

Las variables morfológicas que presentaron mayor variabilidad fueron: límites, raíces, color en húmedo y estructura de los epipedones; color en seco y en húmedo, estructura, límites y raíces de los endopedones. Así los epipedones con estructura blocosa angular, grande y fuerte, con colores oscuros en húmedo tendrían buena agre-

limits, roots, color in humid conditions, structure of the epipedons, color in dry and humid conditions, structure, limits and roots of the endopedons. Thus, the epipedons with angular, big, strong and block structure with dark colors in humid conditions would have good aggregation, more content of organic matter and adequate aeration, which would favor a better soil quality.

## Conclusions

The balance variability of the pedogeomorphical processes of the profiles described is influenced by the physiography of the area under research, which resulted to be heterogeneous by presenting slopes from 15 to 45%, with rectilinear and non-rectilinear slopes, characteristics that are important for evaluating the quality of agriculture soils of the Andean mountains.

The morphology of epipedons presents higher variability than the one of endopedons, attributed to the pedogenetic processes and the intensive agricultural use submitted in the soils. This higher morphologic variability observed in the epipedons, works as a support to provide more importance to the research of the characteristics of epipedons on the endopedons, with the aim of identifying quality indicators of the soils studied.

*End of english version*

---

gación, mayor contenido de materia orgánica y adecuada aireación lo que favorecería una mejor calidad de suelo.



## Conclusiones

La variabilidad de los balances de los procesos pedogeomorfológicos de los perfiles descritos es influenciada por la fisiografía del área de estudio, la cual resultó heterogénea por presentar pendientes fluctuantes entre 15 y 45%; con perfiles topográficos rectilíneos y no rectilíneos, características que son importantes para evaluar la calidad de los suelos agrícolas de alta montaña andina.

La morfología de los epipedones presenta mayor variabilidad que la de los endopedones, atribuible a los procesos pedogenéticos y al uso agrícola intensivo al que están sometidos estos suelos. Esta mayor variabilidad morfológica, observada en los epipedones, sirve como soporte para darle mayor importancia al estudio de las características de los epipedones sobre las de los endopedones a los fines de identificar indicadores de calidad de los suelos estudiados.

## Literatura citada

- CORPOANDES. 2011. Dossier municipal 2011. Miranda. Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela. Mérida, Venezuela. 62 p.
- Delgado, F. 2003. Un protocolo para apoyar la selección de prácticas de conservación de suelos en tierras montañosas tropicales. I Seminario Internacional Agricultura de Conservación en Tierras de Laderas. Manizales. Colombia. 27 p.
- Elizalde, G. 2011. Clasificación sistemática de paisajes. Propuesta de un marco conceptual. *Venesuelos* 19(1):23-43.
- Elizalde, G. y E. Jaimes. 1991. Metodología para la caracterización de formas del terreno en sistemas pedogeomorfológicos montañosos. *Agricultura Andina* 6:65-84.
- Ewel J., A. Madriz y J. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Editorial Sucre. Segunda Edición. Caracas. Venezuela. 265 p.
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Italia. 99 p.
- Freile, A. 1962. Fisiografía de Venezuela. p. 170-171. *En: Atlas de Venezuela (1979)*. Dirección de Cartografía Nacional. MARNR. Segunda edición. Caracas, Venezuela.
- González, A. y A. Varela. 1987. Clasificación de tierras para determinar alternativas para el ordenamiento del espacio rural. Municipios Chachopo-Timotes del estado Mérida y La Mesa del estado Trujillo. Trabajo de Pregrado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Mérida. Venezuela. 167 p. y mapas.
- Ibañez, J. y A. García. 2002. Diversidad: biodiversidad edáfica y geodiversidad. *Edafología* 9(3):329-385.
- INIA. 2015. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Compilado por: J. Gilabert de Brito, I. Arrieche, M. León e I. López de Rojas. Maracay, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 215 p.
- Jaimes, E. 1988. Determinación de índices de homogeneidad múltiples globales en sistemas pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía del Litoral Central. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay. Venezuela. 226 p.
- Jaimes, E. 1994. Términos de referencia para la realización de estudios de suelo. Trabajo de ascenso. Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Departamento de Ciencias Agrarias. Trujillo. Venezuela. 257 p.
- Jaimes, E., J. Mendoza, N. Pineda y H. Rodríguez. 2005. Homogeneidad

- pedogeomorfológica y pedogénesis en la cuenca del río Motatán, Trujillo, Venezuela. *Interciencia* 30(2):73-80.
- Jaimes, E., J. Mendoza, N. Pineda y Y. Ramos. 2007. Sistematización de procesos para el análisis del deterioro agroecológico y ambiental en cuencas hidrográficas. *Interciencia* 32(7):437-443.
- Jaimez, R., B. Añez, L. Cedeño, C. Peña, I. Domínguez, M. Dávila, H. Pino, K. Quintero y J. Vázquez. 2007. Amenazas a la sostenibilidad en la región La Venta-Chachopo, estado Mérida. *Agrotécnico* 23:14-17.
- Larreal, M. 2011. Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid. España. 221 p.
- Larreal, M., A. Gómez, N. Noguera y L. Jiménez. 2010a. La morfología del suelo como criterios técnicos basados en los perfiles para la definición de la serie Los Cortijos, sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Estado Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 27(3):360-383.
- Larreal, M., L. Jiménez, L. Mármol y N. Noguera. 2010b. Variación química de un suelo en la definición de la serie Los Cortijos, en el semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 27(2):193-217.
- Larreal, M., L. Jiménez, V. Polo y N. Noguera. 2012. Definición de la serie de suelos San Francisco, en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Variabilidad de la morfología del suelo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 29(1):37-55.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm. London. 179 p.
- MEM. 1970. *Léxico estratigráfico de Venezuela*. Dirección de Geología. Boletín de Geología. Publicación Especial N° 4. Editorial Sucre. Segunda Edición. Caracas, Venezuela. 756 p.
- Mendoza, J. 2005. Análisis causa-efecto del deterioro agroecológico y ambiental en cuatro comités de riego, subcuenca Alto Motatán, municipio Miranda, estado Mérida. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Maestría en Desarrollo Regional. Trujillo. Venezuela. 125 p.
- Ochoa, G., D. Malagón y J. Oballos. 2008. Influencia del material parental y del bioclima en la pedogénesis de la cuenca media y alta del río Motatán, Mérida-Trujillo, Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(2):125-140.
- Pineda, I., N. Pineda, J. Mendoza, E. Jaimes, H. Rodríguez y Y. Garcés. 2014. Evaluación física de tierras agrícolas bajo riego de los sectores El Hatico y El Turmero, subcuenca Alto Motatán, Mérida, Venezuela. *Revista Academia* 13(30):23-39. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/39425/1/articulo2.pdf>
- Pineda N., Y. Garcés, E. Jaimes, J. Mendoza e H. Rodríguez. 2012. Homogeneidad pedogeomorfológica en laderas de alta montaña, subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 29(2):228-247.
- Pineda, N., E. Jaimes, J. Mendoza, R. Arellano, L. Becerra y H. Rodríguez. 2008. Homogeneidad pedogeomorfológica relacionada con las formaciones geológicas y las zonas de vida de la microcuenca del río Monaicoito, Trujillo, Venezuela. *Bioagro* 20(1):49-56.
- Pineda, N., R. López, E. Jaimes y C. Colmenares. 2016. Variabilidad fisicoquímica de tierras ocupadas por sistemas hortícolas, subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. *Revista Académica* 15(35):47-58. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/41942/1/articulo4.pdf>
- Rodríguez, O. 2010. Conservación de suelos y agua. Una premisa del desarrollo sustentable. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Editorial Torino. Caracas. Venezuela. 469 p.

- SAS Institute Inc. 2003. SAS versión 9.1. North Caroline. USA.
- USDA. 1990. Munsell Soil Colors Chart. Handbook 18. Macbeth Division. Kollmorgen Instruments Corp. Baltimore, Maryland, EEUU. 4 p.
- USDA. 1993. Soil survey manual. Handbook N° 18. Soil Conservation Service. Soil Survey Division Staff. United States Department of Agriculture. Washington D.C. USA.
- USDA. 2014. Keys to soil taxonomy. Twelfth Edition. Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture. Washington D.C. USA. 360 p.
- Zinck, J.A. 2012. Geopedología. Elementos de geomorfología para estudio de suelos y de riesgos naturales. ITC. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede. Holanda. 123 p.
- Zyaklin, Y. y F. Ripanti. 2008. Evaluación diagnóstica preliminar de tipos de control y usos de plaguicidas en los municipios Miranda y Pueblo Llano, estado Mérida. Agricultura Andina 14:59-83.