

VARIABILIDAD FISCOQUÍMICA DE TIERRAS OCUPADAS POR SISTEMAS HORTÍCOLAS, SUBCUENCA ALTO MOTATÁN, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

PHYSICO-CHEMICAL VARIABILITY OF LANDS ENGAGED BY HORTICULTURAL SYSTEMS, ALTO MOTATÁN SUB-BASIN, MÉRIDA STATE, VENEZUELA

Pineda, Neida;^{1*} López, Roberto²; Jaimes, Edgar³ y Colmenares, Ciolys⁴

¹Universidad de Los Andes. E-mail: pineida@ula.ve; ²Universidad de Los Andes. E-mail: rlopez@ula.ve; ³Universidad de Los Andes. E-mail: jaimes@ula.ve; ⁴Universidad del Zulia. E-mail: ciolysc@fa.luz.edu.ve.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la variabilidad fisicoquímica de los suelos ubicados en el área de influencia del comité de riego El Rincón del Picacho, parroquia Andrés Eloy Blanco, municipio Miranda, estado Mérida; información básica para identificar y seleccionar indicadores pedogeomorfológicos que permitan estimar la calidad del suelo. Se describieron 19 perfiles de suelo. Se utilizó el análisis estadístico univariado para determinar la variabilidad de las características físicas y químicas de los suelos, utilizando los estadísticos: límite mínimo, límite máximo, rango, media, error estándar, desviación estándar y coeficiente de variación. Las características físicas de los epipedones calificaron de muy baja (% arena y densidad aparente) a muy alta variabilidad (% arcilla). Las características físicas de los endopedones también resultaron de baja (% arena) a muy alta variabilidad (% fragmento grueso). Las características físicas que presentaron mayor variabilidad, en orden decreciente de acuerdo al valor del coeficiente de variación, fueron: % fragmento grueso del endopedón, % arcilla del epipedón, % fragmento grueso del epipedón, espesor del endopedón y profundidad efectiva. Las características químicas de los epipedones calificaron desde muy baja (pH) hasta muy alta variabilidad (acidez total, CIC suma, aluminio, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} e H^+). Las características químicas de los endopedones resultaron principalmente con alta a muy alta variabilidad, sólo el pH y el % saturación de bases calificaron con muy baja a baja variabilidad, respectivamente. Se concluye que las características químicas en comparación con las físicas son las que presentaron mayor variabilidad.

Palabras clave: variabilidad del suelo, epipedón, endopedón, pedogeomorfología, Alto Motatán

Abstract

The objective of this study was to determine soil physicochemical variability in the area of influence of Committee of irrigation El Rincón del Picacho, Andrés Eloy Blanco parish, Miranda municipality, Mérida State; information needed to identify and select soil attributes enabling to estimate soil quality. 19 soil profiles were described. The univariate statistical analysis was used to determine the variability of physical and chemical characteristics using the parameters: minimum, maximum, range, average, standard error, standard deviation and coefficient of variation. The physical characteristics of epipedons were classified as from very low (% sand and bulk density) to very high variability (% clay). The physical characteristics of endopedons were also from low (% sand) to very high variability (% coarse fragment). The physical characteristics that showed greater variability, in order descending according to the value of coefficient of variation, were: % coarse fragment of endopedon, % clay of epipedon, % coarse fragment of epipedon, thickness of endopedon and effective depth. The characteristics chemical of epipedon were classified as from very low (pH) up to very high variability (total acidity, sum CIC, aluminium, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} and H^+). The chemical characteristics of endopedones were mainly classified of high to very high variability, only pH and % base saturation were classified of very low to low variability, respectively. In conclusion, the chemical characteristics showed greater variability compared to the physical characteristics.

Key words: soil variability, epipedon, endopedon, pedogeomorphology, Alto Motatán

Recibido: 23/07/2015 / **Aprobado:** 10/12/2016

*Ingeniera Agrícola. Maestría en Ciencia del Suelo. Doctorando en Ciencias Agrarias. Profesor del Departamento de Ciencias Agrarias, en el Núcleo Universitario Rafael Rangel, de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Autora de 1 libro, coautora de 1 libro y autora-coautora de 36 artículos en revistas indizadas. Tutora-cotutora de 18 trabajos de pregrado y 1 de postgrado. Línea de investigación: Evaluación y clasificación de tierras. (sigue en la pág. 56)

Introducción

Pla (2009) señala que, una buena proporción de las tierras agrícolas disponibles en América Latina Tropical, son parte de ecosistemas muy frágiles, como bosques tropicales húmedos, tierras de ladera con altas pendientes y zonas semiáridas, en donde por razones variadas las prácticas agrícolas conducen generalmente a procesos de degradación de suelos y aguas, con efectos negativos en cuencas hidrográficas muy importantes. Así, las políticas de desarrollo y expansión agrícola durante las últimas décadas han conducido frecuentemente a la degradación de las tierras, con descensos en la productividad, incremento en los costos de producción y en los problemas relacionados con la suplencia de agua, inundaciones, deslizamientos de tierras y sedimentación de reservorios de agua, entre otros; todos ellos con importantes consecuencias económicas y sociales.

En este sentido, la degradación del suelo puede describirse como el deterioro de la calidad del suelo, es decir, la pérdida parcial o total de una o más funciones (Rodríguez, 2010), siendo necesario cuantificar el estado de degradación actual con el fin de proponer prácticas de manejo conservacionistas para la recuperación de los suelos, por lo tanto, se deben seleccionar atributos de suelos que permitan evaluar de manera directa la calidad del mismo.

Por otra parte, las zonas altas de los Andes venezolanos están dedicadas principalmente a la producción agrícola sin una apropiada planificación y ordenación del territorio para un uso conveniente y sostenido. De esta realidad no escapa la subcuenca Alto Motatán, localizada en el municipio Miranda del estado Mérida, caracterizada por ser una de las más importantes fuentes productoras de agua para dicho municipio y para otros

centros poblados ubicados aguas abajo en el estado Trujillo, como es el caso de la Mesa de Esnujaque, Quebrada de Cuevas, Valera, Carvajal y Motatán, además de poseer una amplia biodiversidad, incluyendo áreas con potencialidades agrícolas, forestales, agroforestales y turísticas (Mendoza, 2007).

Delgado (1997), plantea que en esas cuencas hidrográficas altas de los Andes venezolanos se desarrolla una intensa actividad agrícola basada en la producción de cultivos hortícolas adaptados a estas condiciones agroclimáticas, que debe ser orientada y ordenada en función de garantizar una productividad sostenida. En este sentido, es necesario identificar y seleccionar indicadores pedogeomorfológicos que tengan alta sensibilidad a las variaciones del clima y manejo del suelo y, que permitan estimar la calidad del suelo, en este sentido, este trabajo tuvo como objetivo determinar la variabilidad de las características físicas y químicas de los suelos ubicados en el área de influencia del comité de riego El Rincón del Picacho, específicamente en los sectores El Hatico y El Turmero en la subcuenca Alto Motatán.

Materiales y métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en suelos bajo sistemas de producción hortícolas localizados en los sectores anteriormente mencionados pertenecientes al área de influencia del comité de riego El Rincón del Picacho, parroquia Andrés Eloy Blanco, municipio Miranda, estado Mérida, Venezuela. La localización geográfica del área de estudio se encuentra entre las coordenadas 986650-987150 N y 300300-301300 E. Desde el punto de vista altitudinal se ubica entre las cotas 3370 y 3509 msnm, en la parte alta de la cuenca del río Motatán, específicamente

en la vertiente izquierda de la subcuenca Alto Motatán, dentro de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo.

La geomorfología está representada por paisajes fisiográficos de relieves montañosos, con vertientes inclinadas pertenecientes a la región natural de la Cordillera de Los Andes y dentro de la provincia fisiográfica del Sistema Montañoso de Los Andes (CORPOANDES, 2011). Con respecto al material parental, este paisaje montañoso donde está constituido por rocas de la formación Palmarito, con intrusiones del granito de Chachopo (Ochoa y col., 2008).

En cuanto a la vegetación el área se encuentra en la zona transicional entre el bosque húmedo montano (bh-M) y el páramo subalpino (p-SA), de acuerdo a los criterios de las zonas de vida establecidos por Ewel, Madriz y Tosi (1976), basados en la metodología de Holdridge. El uso actual de la tierra, está representado por 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 (Pineda y col., 2014).

Metodología

Constó de tres fases, a saber:

Fase de campo:

Consistió en la descripción y caracterización de 19 perfiles de suelo. 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 (USDA 1990).

Fase de laboratorio:

Las muestras provenientes de la descripción y caracterización del suelo en campo fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Servicio de Análisis de Suelos del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (Trujillo) y en el Laboratorio de Suelos, del Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales, de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (Mérida); ambos adscritos a la Universidad de Los Andes (Venezuela). Las metodologías utilizadas para la determinación de las características físicas de los suelos fueron: textura, mediante el método análisis granulométrico por densimetría de Bouyoucos (1951), densidad aparente (epipedón) por el método del hoyo o de excavación (Pla, 1983), agua aprovechable por el método de las ollas de presión (Pla, 1983). Para la determinación de las características químicas se emplearon las siguientes metodologías: pH por el método potenciométrico (Peech, 1965), conductividad eléctrica por el método conductimétrico (Richards, 1954), acidez intercambiable extraída con KCl 1N (Salinas y García, 1979), carbono orgánico por el método de combustión húmeda (Walkley y Black, 1934), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y bases cambiables por el método de acetato de amonio a pH 7,0 (Chapman, 1965), fósforo disponible por el método de Bray y Kurtz (1945), aluminio intercambiable por el método de titulación (Van Raij, 1978).

Fase de gabinete:

Cada perfil de suelo fue clasificado a nivel de subgrupo de acuerdo a la taxonomía del USDA (2014). Se elaboró la base de datos con la información recabada en campo y laboratorio utilizando la hoja de cálculo de Excel® para Windows®. La base de datos de las características físicas del epipedón

se elaboró con: espesor (cm), profundidad efectiva (cm), agua aprovechable (%), arena (%), limo (%), arcilla (%), fragmento grueso (%) y densidad aparente (Mg m^{-3}). La base de datos de las características físicas del endopedón se elaboró con: espesor (cm), agua aprovechable (%), arena (%), limo (%), arcilla (%) y fragmento grueso (%). La base de datos de las características químicas de los epipedones y de los endopedones se conformó con: pH, conductividad eléctrica (dS m^{-1}), carbono orgánico (%), nitrógeno total (%), fósforo total (mg kg^{-1}), acidez total (cmol kg^{-1}), aluminio (cmol kg^{-1}), hidrógeno (cmol kg^{-1}), CIC con NH_4OAc (cmol kg^{-1}), Ca^{+2} (cmol kg^{-1}), Mg^{+2} (cmol kg^{-1}), K^+ (cmol kg^{-1}), Na^+ (cmol kg^{-1}), CIC por suma (cmol kg^{-1}), saturación de bases (%) y aluminio intercambiable (%).

La data fue procesada aplicando el programa SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2003) para conocer los siguientes estadísticos: límite mínimo, límite máximo, rango, media, error estándar, desviación estándar y coeficiente de variación. Para conocer la variabilidad de las características físicas y químicas, se utilizó el valor del coeficiente de variación (CV), determinado para cada característica estudiada y se comparó con las categorías de variabilidad de Larreal (2011), tales como:

Variabilidad muy baja: $\text{CV} \leq 15\%$

Variabilidad baja: CV entre 16% y 30%

Variabilidad intermedia: CV entre 31% y 45%

Variabilidad alta: CV entre 46% y 60%

Variabilidad muy alta: $\text{CV} \geq 61\%$.

Resultados y discusión

Clasificación taxonómica de los suelos

En los 19 perfiles de suelo caracterizados se determinó que 11 epipedones fueron identificados como mólicos y 8 como úmbricos. Con respecto a los endopedones se determinó que solo 11 perfiles de los 19 presentaron endopedón, que fueron identificados como cámbicos. A nivel de orden los 19 perfiles de suelo clasificaron según la taxonomía de suelos (USDA, 2014), así (Cuadro 1): entisoles (8 perfiles), inceptisoles (6 perfiles) y molisoles (5 perfiles). Los entisoles clasificaron, a nivel de subgrupo, como: Mollic Udifluvents (7 perfiles) y Typic Udorthents (1 perfil). Todos los suelos clasificados como inceptisoles pertenecen al grangrupo de los Humudepts, diferenciándose a nivel de subgrupo al clasificar como: Pachic Humudepts (3 perfiles), Fluventic Humudepts (2 perfiles) y Typic Humudepts (1 perfil). Por su parte, todos los molisoles pertenecen al grangrupo de los Hapludolls, diferenciándose a nivel de subgrupo así: Fluventic Hapludolls (3 perfiles) y Typic Hapludolls (2 perfiles).

Cuadro 1. Horizontes diagnósticos, subgrupos taxonómicos y secuencia de horizontes de los perfiles de suelo del área de estudio.

Perfil	Horizontes diagnóstico		Clasificación taxonómica	Secuencia de horizontes
	Epipedón	Endopedón	Subgrupo	
1	mólico	cámbico	Fluventic Hapludolls	Ap-A ₂ -Bhw-Bw
2	mólico	cámbico	Fluventic Hapludolls	Ap-A ₂ -Bhw-Bw ₁ -BC
3	mólico	cámbico	Typic Hapludolls	Ap-A ₂ -Bhw-BC ₁ -BC ₂
4	mólico	cámbico	Fluventic Humudepts	Ap-A ₂ -Bhw-Bw ₁ -BC
5	mólico	cámbico	Fluventic Humudepts	Ap-A ₂ -Bw ₁ -Bw ₂
6	mólico	cámbico	Fluventic Hapludolls	Ap-A ₂ -Bw ₁ -Bw ₂ -C
7	mólico	cámbico	Typic Hapludolls	Ap-A ₂ -Bw-C
8	úmbrico	cámbico	Pachic Humudepts	Ap-A ₂ -Bhw ₁ -Bhw ₂ -B ₃
9	mólico	-	Mollic Udifluvents	Ap-C-Ab
10	mólico	cámbico	Pachic Humudepts	Ap-A ₂ -Bhw ₁ -BC-C
11	úmbrico	-	Mollic Udifluvents	A ₁ -A ₂ -A ₃
12	úmbrico	-	Mollic Udifluvents	A ₁ -A ₂ -C-R
13	úmbrico	cámbico	Pachic Humudepts	Ap-A ₂ -Bhw ₁ -Bhw ₂ -R
14	mólico	-	Mollic Udifluvents	Ap-A ₂ -C-2Ab-2B
15	úmbrico	-	Mollic Udifluvents	Ap-C ₁ -C ₂ -C ₃
16	mólico	cámbico	Typic Humudepts	Ap-A ₂ -Bhw-C
17	úmbrico	-	Mollic Udifluvents	A-C-2Ab-2C
18	úmbrico	-	Typic Udorthents	A-C ₁ -C ₂
19	úmbrico	-	Mollic Udifluvents	Ap-A ₂ -C ₁ -C ₂

Variabilidad física de los perfiles de suelo

Las características físicas del epipedón calificaron desde muy baja hasta muy alta variabilidad, puesto que los coeficientes de variación oscilaron desde 9,73% hasta 61,51% (Cuadro 2). Así, con muy baja variabilidad (coeficiente de variación \leq 15%) resultó el porcentaje de arena (9,73%) y la densidad aparente (10,34%); con baja variabilidad (coeficiente de variación entre 16 y 30%) calificó el porcentaje de limo (18,95%); con variabilidad intermedia (coeficiente de variación entre 31% y 45%)

resultó el porcentaje de agua aprovechable (33,10%) y el espesor (31,07%); con variabilidad alta (coeficiente de variación entre 46% y 60%) calificó el porcentaje de fragmento grueso (59,63%) y la profundidad efectiva (48,87%) y con variabilidad muy alta (coeficiente de variación \geq 61%) resultó el porcentaje de arcilla (61,51%).

Las características físicas del endopedón también calificaron desde muy baja hasta muy alta variabilidad, debido a que los coeficientes de variación oscilaron desde 10,14% hasta 62,16% (Cuadro 3). Con variabilidad muy baja calificó el porcentaje

de arena (10,14%); con variabilidad baja resultó el porcentaje de agua aprovechable (21,56%) y el porcentaje de limo (17,62%); con variabilidad intermedia el porcentaje de arcilla (42,87%); con variabilidad alta el espesor (48,92%) y con variabilidad muy alta el porcentaje de fragmento grueso (62,16%).

En los epipedones las características porcentaje de arcilla, porcentaje de fragmento grueso y profundidad efectiva presentaron mayor variabilidad y en los endopedones el porcentaje de fragmento grueso y el espesor resultaron con mayor variabilidad. Se destaca que el contenido de arcilla fue más variable en los epipedones que en los endopedones, mientras que el espesor resultó más variable en los endopedones que en los epipedones.

Por otra parte, merece atención la muy baja variabilidad observada en la característica densidad aparente, lo que permitió calificarla como muy homogénea y puede ser atribuible a la utilización de altas dosis de fertilizantes orgánicos que los productores hortícolas aplican en la capa arable del suelo, practica agrícola señalada por Jaimez y col. (2007).

Variabilidad química de los perfiles de suelo

Las características químicas del epipedón, calificaron desde muy baja hasta muy alta variabilidad, por presentar coeficientes de variación con valores desde 9,58% hasta 200% (Cuadro 4). Con variabilidad muy baja resultó el pH (9,58%); con variabilidad baja calificó la CIC con NH_4OAc (21,62%), el carbono orgánico (23,25%) y el nitrógeno total (24%); con variabilidad intermedia el porcentaje de saturación de bases (31%) y la conductividad eléctrica (35,71%); con variabilidad alta el fósforo total (59,03%) y con variabilidad muy alta calificó: acidez total (62,24%), CIC

suma (74,32%), Ca^{2+} (79,71%), aluminio (81,33%), Na^+ (87,50%), K^+ (109,35%), Mg^{2+} (140,52%), Al^{3+} (161,83%) e hidrógeno (200%).

Las características químicas del endopedón, calificaron también, desde muy baja hasta muy alta variabilidad, ya que los coeficientes de variación oscilaron desde 10,25% hasta 222,63% (Cuadro 5). Con variabilidad muy baja resultó el pH (10,25%); con variabilidad baja calificó el porcentaje de saturación de bases (30,20%); con variabilidad alta el aluminio (52,94%), la CIC con NH_4OAc (53,39%), la acidez total (54,39%) y la conductividad eléctrica (54,55%); con variabilidad muy alta calificó: carbono orgánico (68,28%), Na^+ (62,50%), P total (70,82%), K^+ (73,65%), CIC suma (75,50%), N total (76,92%), Al^{3+} (86,02%), Mg^{2+} (93,94%), hidrógeno (154,55%) y Ca^{2+} (222,63%).

Se destaca que el pH de las muestras tomadas, presentaron una baja variabilidad tanto en los epipedones como en los endopedones. Otras características como carbono orgánico, nitrógeno total y CIC con NH_4OAc , resultaron con menor variabilidad en los epipedones, mientras que en los endopedones resultó con mayor variabilidad. En los endopedones solo el pH del suelo y la saturación de bases presentaron muy baja y baja variabilidad, respectivamente; el resto de las características mostraron variabilidad alta a muy alta. La mayoría de las características químicas de los epipedones y de los endopedones resultaron con muy alta y alta variabilidad, pero, es pertinente aclarar, que sólo se distinguieron 11 endopedones en los 19 perfiles de suelo.

Cuadro 2. Estadísticos de las características físicas de los epipedones de los suelos del área de estudio.

Estadísticos	Espesor (cm)	Profundidad efectiva (cm)	Agua aprovechable (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fragmento grueso (%)	Densidad aparente (Mg m ⁻³)
Límite mínimo	18	18	6,10	61	15	2	3	1,00
Límite máximo	60	120	33,61	83	29	12	58	1,42
Rango	42	102	27,51	22	14	10	55	0,42
Media	39,26	60,95	17,16	72,26	21,79	5,95	29,68	1,16
Error estándar	2,80	6,83	1,30	1,61	0,95	0,84	4,06	0,03
Desviación estándar	12,20	29,79	5,68	7,03	4,13	3,66	17,70	0,12
Coefficiente de variación (%)	31,07	48,87	33,10	9,73	18,95	61,51	59,63	10,34

Cuadro 3. Estadísticos de las características físicas de los endopedones de los suelos del área de estudio.

Estadísticos	Espesor (cm)	Agua aprovechable (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Fragmento grueso (%)
Límite mínimo	14	10,44	56	16	2	2
Límite máximo	70	22,97	78	30	16	80
Rango	56	12,53	22	14	14	78
Media	35,36	18,23	68,73	21,45	9,82	43,18
Error estándar	5,22	1,19	2,10	1,14	1,27	8,08
Desviación estándar	17,30	3,93	6,97	3,78	4,21	26,79
Coefficiente de variación (%)	48,92	21,56	10,14	17,62	42,87	62,16

Cuadro 4. Estadísticos de las características químicas de los epipedones de los suelos del área de estudio.

Estadísticos	pH	C.E. (dS m ⁻¹)	C.O. (%)	N total (%)	P total (mg kg ⁻¹)	Acidez total (cmol kg ⁻¹)	Aluminio (cmol kg ⁻¹)	Hidrógeno (cmol kg ⁻¹)
Límite mínimo	4,50	0,06	1,36	0,13	14,17	0,20	0,00	0,00
Límite máximo	6,30	0,22	3,68	0,35	142,00	2,00	2,00	2,00
Rango	1,80	0,16	2,32	0,22	127,83	1,80	2,00	2,00
Media	5,22	0,14	2,71	0,25	59,05	0,98	0,75	0,24
Error estándar	0,12	0,01	0,14	0,01	8,00	0,14	0,14	0,11
Desviación estándar	0,50	0,05	0,63	0,06	34,86	0,61	0,61	0,48
Coefficiente de variación (%)	9,58	35,71	23,25	24,00	59,03	62,24	81,33	200,00

Estadísticos	CIC con NH ₄ OAc (cmol kg ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CIC Suma (cmol kg ⁻¹)	SB (%)	Al ³⁺ (%)
Límite mínimo	10,55	0,11	0,02	0,04	0,02	1,04	15,73	0,00
Límite máximo	22,76	23,30	8,58	8,59	0,24	37,07	99,46	81,43
Rango	12,21	23,19	8,56	8,55	0,22	36,03	83,73	81,43
Media	17,67	8,87	1,53	2,78	0,08	14,80	80,13	14,83
Error estándar	0,88	1,62	0,49	0,70	0,02	2,52	5,70	5,51
Desviación estándar	3,82	7,07	2,15	3,04	0,07	11,00	24,84	24,00
Coefficiente de variación (%)	21,62	79,71	140,52	109,35	87,50	74,32	31,00	161,83

C.E.= conductividad eléctrica; C.O.= carbono orgánico; N total= nitrógeno total; CIC=capacidad de intercambio catiónico; SB=saturación de bases.

Cuadro 5. Estadísticos de las características químicas de los endopedones de los suelos del área de estudio.

Estadísticos	pH	C.E. (dS m ⁻¹)	C.O. (%)	N total (%)	P total (mg kg ⁻¹)	Acidez total (cmol kg ⁻¹)	Aluminio (cmol kg ⁻¹)	Hidrógeno (cmol kg ⁻¹)
Límite mínimo	4,20	0,02	0,19	0,01	19,00	0,60	0,60	0,00
Límite máximo	6,00	0,21	3,49	0,33	139,00	2,80	2,40	0,40
Rango	1,80	0,19	3,30	0,32	120,00	2,20	1,80	0,40
Media	4,88	0,11	1,45	0,13	46,09	1,14	1,02	0,11
Error estándar	0,15	0,02	0,30	0,03	9,84	0,19	0,16	0,05
Desviación estándar	0,50	0,06	0,99	0,10	32,64	0,62	0,54	0,17
Coefficiente de variación (%)	10,25	54,55	68,28	76,92	70,82	54,39	52,94	154,55

Estadísticos	CIC con NH ₄ OAc (cmol kg ⁻¹)	Cationes (cmol kg ⁻¹)					CIC Suma (cmol kg ⁻¹)	SB (%)	Al ³⁺ (%)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺				
Límite mínimo	4,17	0,08	0,03	0,05	0,02	1,96	24,12	3,81	
Límite máximo	20,51	18,60	1,15	6,01	0,17	21,01	95,24	65,04	
Rango	16,34	18,52	1,12	5,96	0,15	19,05	71,12	61,23	
Media	9,87	2,43	0,33	2,96	0,08	6,94	74,67	19,60	
Error estándar	1,59	1,63	0,09	0,66	0,02	1,58	6,80	5,08	
Desviación estándar	5,27	5,41	0,31	2,18	0,05	5,24	22,54	16,86	
Coefficiente de variación (%)	53,39	222,63	93,94	73,65	62,50	75,50	30,20	86,02	

C.E.= conductividad eléctrica; C.O.= carbono orgánico; N total= nitrógeno total; CIC=capacidad de intercambio catiónico; SB=saturación de bases.

La alta variabilidad observada en las características químicas del epipedón y endopedón puede, estar asociada, por una parte, al uso diferencial que realizan los productores hortícolas de los abonos orgánicos y fertilizantes químicos en los suelos; y, por otra parte, a la influencia de los factores formadores de estos suelos, expresados a través de las diversas pendientes (desde 15% hasta 45%) y formas del terreno (cono de deyección, ladera aplanada, ladera de escurrimiento), que inciden en su heterogeneidad química.

Conclusiones:

En general, se concluye que las características químicas en comparación con las físicas son las que presentan mayor variabilidad en los suelos estudiados; ello, en coincidencia con la afirmación de Jaramillo (2012), quien señala, que en los suelos resultan más variables las propiedades o características químicas que las físicas. Así, dada la alta a muy alta variabilidad en la mayoría de las características químicas, tanto en los epipedones como en los endopedones, se recomienda aplicar métodos estadísticos multivariados con la finalidad de seleccionar las variables apropiadas a utilizar, en busca de estimar de manera efectiva la calidad de los suelos.

El porcentaje de fragmento grueso del endopedón, porcentaje de arcilla del epipedón, porcentaje de fragmento grueso del epipedón, espesor del endopedón y profundidad efectiva, deben ser tomados en cuenta en la selección de atributos físicos del suelo, útiles para estimar su calidad, puesto que presentaron mayor variabilidad, en orden decreciente, de acuerdo al valor del coeficiente de variación.

Autores: (viene de la pág. 47)

Roberto López: Ingeniero Agrónomo. Maestría en Desarrollo de Recursos Aguas y Tierras. Ph.D en Agronomía (University of Georgia, USA). Profesor de pregrado y postgrado en universidades nacionales y del exterior. Autor-coautor de 7 libros, 10 capítulos de libros, coeditor de 7 libros, y autor-coautor de 28 artículos indizados. Tutor de 7 trabajos de pregrado y tutor-cotutor de 26 tesis de postgrado. Línea de investigación: Manejo y conservación de suelos.

Ciolys Colmenares de Ortega: Ingeniera Agrónoma. Maestría en Estadística (Colegio de Postgraduados, México). Doctorado en Ciencias Agrícolas (UCV). Docente de pregrado y postgrado de la Universidad del Zulia. Autora-coautora de 22 artículos indizados. Asesora de 25 trabajos de pregrado y 10 de postgrado. Línea de investigación: Métodos estadísticos para la investigación en sistemas agrarios.

Edgar Jaimes: Ingeniero Agrónomo. Agrólogo (CIDIAT-ULA), Maestría y Doctorado en Ciencia del Suelo. Docente de pregrado y postgrado en universidades nacionales y del exterior. Coautor de 1 libro y autor-coautor de 63 artículos indizados. Tutor de 20 trabajos de pregrado y 15 de postgrado. Línea de investigación: Desarrollo sustentable y complejidad ambiental.

Referencias bibliográficas:

- Bouyoucos G. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*. 43(9): 434-438
- Bray R y Kurtz L. 1945 Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*. 59(1): 39-45
- Chapman H. Cation exchange capacity. En: Black (Ed.). 1965. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. Part 2. American Society of Agronomy. 9: 891-901
- CORPOANDES. 2011. *Dossier municipal Miranda*. Mérida: Vicepresidencia de la República Bolivariana de Venezuela, 62 p.

- Delgado F. 1997. Sistema para la clasificación de tierras agrícolas y prioridades de conservación de suelos en áreas montañosas tropicales. Suelos y clima SC73. Mérida: CIDIAT, 26 p.
- Ewel J, Madriz A y Tosi J. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Segunda Edición. Caracas: Editorial Sucre, 265 p.
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 99 p.
- Jaimez R, Añez B, Cedeño L, Peña C, Domínguez I, Dávila M, Pino H, Quintero K y Vázquez J. 2007. Amenazas a la sostenibilidad en la región La Venta-Chachopo, estado Mérida. *Agrotécnico*. 23: 14-17
- Jaramillo D. 2012. Variabilidad espacial del suelo: bases para su estudio. *Revista de la Facultad de Ciencias*. 1(1): 73-87
- Larreal M. 2011. Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 221 p.
- Mendoza J. 2007. Análisis causa-efecto del deterioro agroecológico y ambiental en cuatro comités de riego, Subcuenca Alto Motatán, municipio Miranda, estado Mérida (formato digital). Mérida: Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones (Colección Academia), 141 p.
- Ochoa G, Malagón D y Oballos J. 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
- Peech M. Hydrogen ion activity. En: Black (Ed). *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2*. 1965. American Society of Agronomy. 9: 914-926
- Pineda I, Pineda N, Mendoza J, Jaimes E, Rodríguez H y Garcés Y. 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
- Pla I. 2009. Retos para el futuro de la ciencia del suelo frente al cambio global. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. 16-20 de noviembre, San José, Costa Rica.
- Pla I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. *Revista Alcance*. 32: 5-94
- Richards L. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *Agricultural Handbook N° 60*. Washington: U.S. Salinity Laboratory Staff. 160 p.
- Rodríguez O. 2010. Conservación de suelos y aguas. Una premisa del desarrollo sustentable. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección Estudios. 469 p.
- Salinas J y García R. 1979. Métodos analíticos para suelos ácidos y plantas. Cali: Centro Internacional de Agricultura

- Tropical (CIAT). 55 p.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS versión 9.1. Cary, North Caroline, USA.
- USDA. 1990. Munsell Soil Colors Chart. Handbook 18. Baltimore, Maryland: Macbeth Division. Kollmorgen Instruments Corp., 4 pp. + anexos.
- USDA. 1993. Soil survey manual. Handbook N° 18. Washington: Soil Conservation Service, Soil Survey Division Staff, United States Department of Agriculture, 315 p.
- USDA. 2014. Keys to soil taxonomy. Twelfth edition. Washington: Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture, 360 p.
- Van Raij B. 1978. Solução de métodos de laboratorio para evaluar a disponibilidade do elementos em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2(1): 1-9
- Walkley A and Black A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science. 63: 251-263