

Variabilidad de algunas propiedades físicas de los suelos para la definición de la serie “Maracaibo”, sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela

Variability of some soil properties for the definition of the “Maracaibo” series, in the semiarid area of Maracaibo plain, Zulia state, Venezuela

Miguel LARREAL, Verónica POLO ✉, **Luis JIMÉNEZ, Luis MÁRMOL y Néstor NOGUERA**

Departamento de Ingeniería, Suelos y Aguas. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. E-mails: miguellarreal@cantv.net y vropolo@gmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 24/06/2013 Fin de primer arbitraje: 01/09/2013 Primera revisión recibida: 06/10/2013
Fin de segundo arbitraje: 28/10/2013 Segunda revisión recibida: 11/11/2013 Aceptado: 15/11/2013

RESUMEN

Con el objeto de definir la serie de suelos Maracaibo en el sector semiárido de la Altiplanicie se seleccionó un edafón único representativo de una superficie mayor de 1000 ha. Los datos de los perfiles de suelos se obtuvieron a partir de un trasecto ubicado en la unidad cartográfica seleccionada de un kilómetro de longitud a intervalos de observación de 100 m, con perfiles de seis horizontes cada uno y diez repeticiones, conformando una base de datos de los edafones representativos; se determinó la variabilidad de las propiedades físicas (espesor, distribución de tamaño de la partícula, humedad a saturación y densidad aparente), a través de un enfoque estadístico univariado. Las propiedades físicas evaluadas que definen a la serie de suelo, confirma la presencia de un horizonte argílico bien desarrollado, previamente caracterizado morfológica y químicamente, estas propiedades tienen mayor variabilidad cuando es considerada la serie como un todo y menor variabilidad cuando se considera la serie por horizonte, por esta razón se concluye que la variabilidad de las propiedades físicas del suelo cuando se analizan por horizonte es la que determina la homogeneidad del suelo y esto a su vez define a la serie de suelo.

Palabras clave: Pedón, serie de suelo, variabilidad espacial de suelos, homogeneidad.

ABSTRACT

In order to define the soil serie Maracaibo in the semiarid area of the plain, a unique representative soil pedon, for a surface of more 1000 ha. The soil profile data were obtain from transects of 1 km within the selected cartographic unit with observation points at 100 m distances. Each soil profile consisted of six horizons whit ten repetitions. A data base was set up with the data obtained from the analyzed soils particularize distribution, bulk density, humidity at saturation paint, horizon depth. The variability of physical properties was determined using statistical procedures with parameters like variability limit, variability range, average standard error, standard derivation and variability coefficient, of the physical properties that define the soil series the presence of well developed argillic horizon is confirmed. Physical properties presents mayor variability if the series is analyzed as a whole and less if considered per horizon and thus the lower variability of physical properties if analyzed per horizon determines the homogeneity of the soil and this in its tom defines the sol series.

Key words: Pedon, soil series, soil spatial variability, homogeneity.

INTRODUCCIÓN

El concepto moderno de suelo, a diferencia del tradicional de una intersección de la biosfera con la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera, lo considera como una población de entes discretos o poliedafón (polypedon) cuyos individuos o edafones (pedon) son volúmenes con similitud edafogénica. El edafón se considera como una unidad de muestreo y el poliedafón como una unidad cartográfica que puede ser el objeto y soporte de la investigación edafológica, agraria y ambiental. Al poliedafón se le asocia el concepto de serie con fines de uso y manejo (USDA,

1993 y Bockheim *et al.*, 2005). En el estudio de las propiedades físicas de un suelo de la serie Los Cortijos se demuestra que las propiedades físicas tienen en su mayoría una variabilidad mediana a elevada cuando se considera el suelo en su totalidad y en su gran mayoría variabilidad muy baja, cuando se considera el suelo por horizonte, lo cual refleja una alta homogeneidad (Larreal, 2007; Larreal, 2009 y Larreal, 2011).

La altiplanicie de Maracaibo es una extensa superficie cercana a las 500.000 hectáreas con un gran potencial y con muchos problemas desde el punto de

vista edáfico. De ella se tiene información de suelos con diferentes grados de detalles y con la presencia de proyectos principalmente agropecuarios, lo cual ha motivado la realización de estudios de suelos detallados y semidetallados que suplen la información básica de suelos, importantes en una actividad intensiva y muy intensiva de usos múltiples pero esta carece de la información taxonómica a nivel de serie, a este nivel se considera una información muy valiosa para el uso y manejo racional del suelo desde el punto de vista físico, químico, agronómico, riego y fertilidad, (Larreal, 2007). La presente investigación tuvo como propósito determinar la variabilidad de las propiedades físicas en la definición de la serie Maracaibo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El estudio se realizó en los terrenos de la Universidad del Zulia, ubicada en el municipio Maracaibo en el estado Zulia. La localización geográfica del edafón típico se encontró en las coordenadas 10° 24' 00'' N y 71° 38' 25'' E, con una elevación alrededor de los 30 m.s.n.m. La geomorfología y material parental se encuentran enmarcados dentro del paisaje que corresponde a la denominada altiplanicie de Maracaibo. Esta forma del paisaje se caracteriza por presentar afloramientos de depósitos detríticos en forma de glaciares coluviales del Pleistoceno inferior, con topografía plana, formados de materiales del Plioceno retomados de la formación El Milagro (Alvillar *et al.*, 1985).

Descripción morfológica del suelo

Los suelos se caracterizan por presentar un horizonte superficial (Ap) de 18 cm de espesor; de textura arenosa francosa; color marrón amarillento oscuro en húmedo; estructura granular, compuesta; suelta, no adhesiva y no plástica; sin reacción al HCl 10%; muchas raíces; mucha actividad biológica; límite abrupto y plano. Hay un horizonte Argílico (Bt) entre 18 a 200 cm o más de profundidad; franco arenoso el resultando segundo horizonte y franco arcillo arenoso a mayor profundidad; rojo en seco y marrón rojizo en húmedo en el Bt1, marrón amarillento en seco y húmedo en el Bt2, rojo en seco y húmedo en los restantes; estructura blocosa subangular, débil, fina en el segundo horizonte y blocosa subangular, moderada, media, a mayor profundidad; blanda muy friable, consistencia débilmente adhesiva y plástica en Bt2, débilmente

dura, friable, adhesiva y plástica en los restantes; películas de arcillas (cutanes) en todo el Bt; actividad biológica poca en todos los horizontes; límite claro y plano a partir del Bt1 (Larreal, 2011).

La zona corresponde a un clima subecuatorial continental, bosque muy seco tropical, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Larreal *et al.*, 2007). El promedio anual de temperatura es de 28,9 °C. La evaporación promedio anual es de 2.539 mm y el promedio anual de precipitación es de 531 mm (Biasino, 2001). La vegetación natural ha sido intervenida casi en su totalidad, existiendo pequeños sectores con vegetación secundaria donde predominan las especies espinosas, lo que reflejan condiciones de edafoclima seco.

Metodología

Etapa preparatoria

Consistió en la recabación de la información básica en el área de estudio, tales como: mapas e informes técnicos de estudios de suelos detallados y semidetallados, a escala 1:25.000 o mayor (Alvillar *et al.*, 1985; Gómez, 1990; Materano *et al.*, 1985). Se utilizaron herramientas (pala, palin, pico, piqueta, cuchillo, planilla de descripción, tabla munsell de color, bolsas plásticas guarol, cinta métrica de 5 y 50 cm, lupa: Exhenboch-Germany, jalones, mira topográfica, estacas, frascos de HCl 10% y agua oxigenada 10%) e instrumentos (clisímetro: Suunto; GPS-móvil mappes: Magellan; estereoscopio de bolsillo (Carls Zeiss); nivel: Abney y micro computación: Samsung). La selección de la zona de estudio se tomó como base de información la recabada en los levantamientos de suelo de Materano *et al.*, (1985); Alvillar *et al.*, (1985) y Jiménez *et al.*, (1994). La ubicación de la transecta de 1 km de longitud sobre la unidad cartográfica representativa en el mapa de suelos para la definición de la serie en términos de su extensión, uso agrícola y tipos de prácticas de manejo de suelos (Materano *et al.*, 1985).

Etapa de campo

El replanteo de la transecta sobre el terreno con el apoyo del mapa de suelo (Materano *et al.*, 1985) y equipos topográficos, se localizó en las coordenadas geográficas de latitud 10°41'07''N longitud 71°38'25''W, ubicando en ella los puntos de observación cada 100 m de distancia. En dichos puntos de observación se abrieron hoyos (calicatas) de 1,5 m de ancho por 1,5 m de largo hasta una

profundidad de 2 m para el muestreo y descripción detallada de los suelos.

En cada perfil se determinaron seis horizontes y 10 repeticiones (perfiles), y se realizó una clasificación taxonómica tentativa (USDA, 2010).

Etapa de laboratorio

Los análisis de suelos fueron realizados en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, así se determinó la distribución del tamaño de partículas por el método de pipeta para calicata y textura por bouyoucos con separación de arenas para rutina reforzada (Forsythe, 1975; Pla, 1983; Triana *et al.*, 2003) y densidad aparente a través del equipo Uhland (Forsythe, 1975; Pla, 1983). La saturación de humedad por el método de gravimetría con sequedad al horno (Van Reeuwijk, 2002).

Análisis e interpretación de resultados

Se revisaron los pedones representativos descritos en campo y los seleccionados de los estudios de suelos y demás trabajos de investigaciones realizados en el área de estudio. Con base a esta revisión y los datos del laboratorio, se realizó la clasificación taxonómica definitiva (Noguera, 1989; Larreal, 2005; USDA, 2010). Elaboración de la base de datos con la información recabada de los perfiles de suelos seccionados, descritos y muestreados durante la fase de campo de esta investigación, con un número de 10 repeticiones de análisis de calicata, aplicando los programas de Microsoft Excel, 2003 (Materano *et al.*, 2006; Larreal *et al.*, 2007). La definición de la variabilidad de la serie de suelos con base a la estadística descriptiva (límite mínimo y máximo, rango, media, error estándar, desviación estándar, coeficiente de variación) utilizando el programa Statistical Analysis: SAS (SAS Institute Inc, 2003), aplicados a las variables del perfil como todo (todos los horizontes) y por horizontes tales como: Espesor de horizonte (Esp), arena muy gruesa (amg), arena gruesa (ag), arena media (am), arena fina (af), arena muy fina (amf), arena total (a), limo (L), arcilla (A), humedad a saturación (Hum) y densidad aparente (Da) (Chacón, 1994; Ferrer y Baniza, 2005). La síntesis de los criterios usados para la definición de la serie de suelo objeto de la investigación fueron analizados en referencia al coeficiente de variación agrupando las propiedades según la variabilidad del edafón como un todo y por horizonte y así determinar la

homogeneidad de la serie de suelo (Larreal, 2005; Larreal, 2007), tal como sigue:

Coefficiente de variación	Rango (%)	Variabilidad
Muy bajo	0-15	Muy baja
Bajo	15-30	Baja
Mediano	30-45	Mediana
Alto	45-60	Alta
Muy alto	> 60	Muy alta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Unidad cartográfica

La unidad cartográfica seleccionada en los estudios de suelos (Alvillar *et al.*, 1985; Materano *et al.*, (1985; Jiménez *et al.*, 1994), se clasificó según la taxonomía de suelo (USDA, 2010) a nivel de familia como Typic Paleargids, francosa fina. La unidad de suelo obtenida a nivel de campo se clasificaron a nivel de familia y familia de serie (USDA, 2010), para todas sus repeticiones, como Typic Paleargids, francosa fina, mixta-illitica, isohipertérmica. A continuación se discute la variabilidad de las propiedades físicas por serie como un todo y por horizonte.

Propiedades físicas por serie como un todo

Al ser analizadas las propiedades físicas de la serie Maracaibo como un todo (Cuadro 1), se obtuvieron los siguientes resultados.

La propiedad con coeficiente de variación muy bajo de 8,2%, corresponde a la densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,3 a 1,7 Mg·m⁻³, rango de variación de 0,4 Mg·m⁻³, media ± desviación estándar de 1,66 ± 0,10 Mg·m⁻³, y error estándar de 0,10 Mg·m⁻³ (Cuadro 1)

Los coeficientes de variación bajos oscilan entre 17,2% a 29,5%, tales como arena media (am) con límites de variación de 11,0 a 34,5%, rango de variación de 23,5%, media ± desviación estándar de 21,2 ± 6,3% y error estándar de 0,8%; arena fina (af) con límite de variación de 16,6 a 31,9%, rango de variación de 15,3%, media ± desviación estándar de 23,2 ± 4,0% y error estándar de 0,5%; arena (a) con límite de variación de 45 a 85,6%, rango de desviación de 40,5%, media ± desviación estándar de 61,8 ± 10,9% y error estándar de 1,4%; limo (L) con límite de variación de 9,3 a 27,4%, rango de variación de 18,1%, media ± desviación estándar de 16,0 ± 4,2% y error estándar de 0,5% (Cuadro 1)

Los coeficientes de mediana variabilidad oscilan entre 31,5 a 43,8%, entre los cuales tenemos la arena gruesa (ag) con límite de variación de 2,1 a 14,5%, rango de variación de 12,4%, media \pm desviación estándar de $8,5 \pm 3,1\%$ y error estándar de 0,4%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 0,5 a 13,5%, rango de variación de 13,0% media \pm desviación estándar de $7,3 \pm 2,3\%$ y error estándar de 0,3%; arcilla (A) con límite de variación de 4,3 a 35,0%, rango de variación de 30,7%, media \pm desviación estándar de $22,2 \pm 9,7\%$ y error estándar de 1,3%; humedad a saturación (Hum) con límite de variación de 21,3 a 39,5%, rango de variación de 17,2%, media \pm desviación estándar de $23,3 \pm 7,9\%$ y error estándar de 2,5% (Cuadro 1)

Los coeficientes de variación altos van de 46,1 a 52,4%, tales como el espesor (Esp) con límite de variación de 11,0 a 65,0%, rango de variación de 54,0 cm, media \pm desviación estándar de $34,0 \pm 15,6$ cm y error estándar de 2,0 cm; arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,0 a 3,6%, rango de variación de 3,6%, media \pm desviación estándar de $1,6 \pm 0,8\%$, error estándar de 0,1% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo como un todo (N = 60) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da (Mg.m ⁻³)
Límite mínimo	11,00	0,0	2,1	11,0	16,6	0,5	45,1	9,3	4,3	22,3	1,3
Límite máximo	65,00	3,6	14,5	34,5	31,9	13,5	85,6	27,4	35,0	39,5	1,7
Rango	54,00	3,6	12,4	23,5	15,3	13,0	40,5	18,1	30,7	17,2	0,4
Media	34,33	1,6	8,5	21,2	23,2	7,0	61,8	16,0	22,2	23,3	1,5
Error estándar	2,00	0,1	0,4	0,8	0,5	0,3	1,4	0,5	1,3	2,5	0,02
Desviación estándar	15,6	0,8	3,1	3,3	4,0	2,3	10,9	4,2	9,7	7,9	0,1
C V (%)	46,1	52,4	36,2	29,5	17,2	31,5	17,7	26,2	43,8	33,7	8,2

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

Cuadro 2. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Ap (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da (Mg.m ⁻³)
Límite mínimo	12,0	1,2	9,0	18,3	26,3	0,5	70,1	10,1	4,3	12,3	1,30
Límite máximo	23,0	3,1	14,5	34,5	31,9	10,2	85,6	20,8	12,0	22,2	1,39
Rango	11,0	1,9	5,5	16,2	5,6	9,7	15,5	10,7	7,7	9,9	0,09
Media	16,5	2,1	11,8	27,9	28,7	7,4	77,9	15,3	6,9	16,7	1,37
Error estándar	1,3	0,2	0,6	1,7	0,6	0,8	1,6	1,1	0,8	1,0	0,01
Desviación estándar	4,0	0,7	1,9	5,4	1,9	2,7	5,2	3,2	2,5	3,2	0,03
C V (%)	24,1	34,7	16,5	19,2	6,4	36,1	6,7	21,8	37,0	19,1	1,96

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

28,7 ± 1,9% y error estándar de 0,6%; arena (a) con límite de variación de 70,1 a 85,6%, rango de variación de 15,5%, media ± desviación estándar de 77,9 ± 5,2% y error estándar de 1,6%; y densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,30 a 1,39 Mg·m⁻³, rango de variación de 0,09 Mg·m⁻³, media ± desviación estándar de 1,37 ± 0,03 Mg·m⁻³ y error estándar de 0,01 Mg·m⁻³ (Cuadro 2).

Los coeficientes de variaciones bajos varían de 16,5 a 24,1%, las propiedades que están dentro de este rango son: el espesor (Esp) con límite de variación de 12,00 a 23,00 cm, rango de variación de 11,00 cm, media ± desviación estándar de 16,5 ± 4,0 cm y error estándar de 1,3 cm; arena gruesa (ag) con límite de variación de 9,0 a 14,5%, rango de variación de 5,5%, media ± desviación estándar de 11,8 ± 1,9% y error estándar de 0,6%; arena media (am) con límite de variación de 18,3 a 34,5%, rango de variación de 16,2%, media ± desviación estándar de 27,9 ± 5,4% y error estándar de 1,7%; limo (L) con límite de variación de 10,1 a 20,8%, rango de variación de 10,7%, media ± desviación estándar de 15,3 ± 3,2% y error estándar de 1,69% y la humedad de saturación (Hum) con límite de variación de 12,3 a 22,2%, rango de variación de 9,9%, media ± desviación estándar de 16,7 ± 3,2% y error estándar de 1,0% (Cuadro 2).

Los coeficiente de variaciones medianos van de 34,7 a 37,0%, entre los cuales tenemos la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 1,2 a 3,1%, rango de variación de 1,9%, media ± desviación estándar de 2,1 ± 0,7% y error estándar de 0,2%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 10,1 a 20,8%, rango de variación de 9,7%, media ± desviación estándar de 7,4 ± 2,7% y error estándar de 0,8%; y arcilla (A) con límite de variación de 4,3 a 12,0%, rango de variación de 7,7%, media ± desviación estándar de 6,9 ± 2,5% y error estándar de 0,8% (Cuadro 2).

En el análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Ap presentaron variabilidad muy baja y baja con ocurrencia de 63.7% y variabilidad mediana con 36,3%. La variabilidad alta y muy alta está ausente.

Horizonte Bt1

Las propiedades físicas de serie Maracaibo al ser analizadas en el horizonte Bt1 (Cuadro 3), presentaron las siguientes variaciones.

Los coeficientes de variaciones muy bajos van de 2,12 a 12,6%, las propiedades que están dentro de este rango son: arena fina (af), con límite de variación de 24,8 a 29,3%, rango de variación de 4,5%, media ± desviación estándar de 27,0 ± 1,6% y error estándar de 0,5%; arena (a) con límite de variación de 56,8 a 78,2%, rango de variación de 21,4%, media ± desviación estándar de 70,1 ± 7,9% y error estándar de 2,5%; humedad a saturación (Hum) con límite variación de 15,3 a 22,7%, rango de variación de 7,4%, media ± desviación estándar de 18,6 ± 2,4% y error estándar de 0,7%; y densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,39 a 1,47 Mg·m⁻³, rango de variación de 0,08 Mg·m⁻³, media ± desviación estándar de 1,43 ± 0,01 Mg·m⁻³ y error estándar de 0,03 Mg·m⁻³ (Cuadro 3).

Los coeficientes de variaciones bajos oscilan de 23,4 a 29,4%, tales como la arena gruesa (ag) con límite de variación de 5,2 a 13,7%, rango de variación de 8,5%, media ± desviación estándar de 9,9 ± 2,9% y error estándar de 0,9%; arena media (am) con límite de variación de 15,0 a 31,1%, rango de variación de 16,1%, media ± desviación estándar de 25,3 ± 6,2% y error estándar de 2,0%; arcilla (A) con límite de variación de 8,7 a 16,9%, rango de variación de 8,2%, media ± desviación estándar de 12,4 ± 2,9% y error estándar de 0,9% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt1 (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da (Mg.cm ⁻³)
Límite mínimo	11,0	0,5	5,2	15,0	24,8	0,7	56,8	9,7	8,7	15,3	1,39
Límite máximo	25,0	3,3	13,7	31,1	29,3	9,3	78,2	27,4	16,9	22,7	1,42
Rango	14,0	2,8	8,5	16,1	4,5	8,6	21,4	17,7	8,2	7,4	0,08
Media	17,1	1,8	9,9	25,3	27,0	6,1	70,1	17,6	12,4	18,6	1,43
Error estándar	1,7	0,3	0,9	2,0	0,5	1,0	2,5	1,9	0,9	0,7	0,03
Desviación estándar	5,4	0,9	2,9	6,2	1,6	3,1	7,9	6,0	2,9	2,4	0,21
C V (%)	31,7	48,1	29,4	24,6	5,9	50,8	11,3	34,3	23,4	12,6	2,12

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

Los coeficientes de variación medianos varían de 31,7 a 34,3%, entre los cuales tenemos espesor (Esp) con límite de variación de 11,0 a 25,0 cm, rango de variación de 14,0 cm, media \pm desviación estándar de $17,1 \pm 5,4$ cm y error estándar de 1,7 cm; limo (L) con límite de variación de 9,7 a 27,4%, rango de variación de 17,7, media \pm desviación estándar de $17,6 \pm 6,0$ y error estándar de 1,9% (Cuadro 3).

Los coeficientes de variaciones altos se encuentran entre 48,1 a 50,8%, así tenemos la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,5 a 3,3%, rango de variación de 2,8, media \pm desviación estándar de $1,8 \pm 0,9$ y error estándar de 0,3% y la arena muy fina (amf) con límite de variación de 0,7 a 9,3%, rango de variación de 8,6, media \pm desviación estándar de $6,1 \pm 3,1$ y error estándar de 1,0% (Cuadro 3).

El análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt1 presentó variabilidad muy baja y baja en ocurrencia de 67,3% y variabilidad mediana y alta con 36,3%. La variabilidad muy alta está ausente.

Horizonte Bt2

Las propiedades físicas de la serie Maracaibo al ser analizados en el horizonte Bt2 (Cuadro 4), presentan las siguientes variaciones.

Las propiedades físicas presentan un alto grado de variabilidad que va desde la densidad aparente (Da) con un coeficiente de variación de 3,30%, límite de variación 1,43 a 1,20 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango de variación de 1,50 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, media \pm desviación estándar de $1,51 \pm 0,05$ $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y error estándar de 0,02 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, hasta arena muy gruesa (amg) con coeficiente de variación de 66,4%, límite de variación

de 0,00 a 3,6%, $1,78 \pm 1,1$ media \pm desviación estándar, rango de variación de 3,6% y error estándar de 0,4% (Cuadro 4).

Los coeficientes de variaciones muy bajos oscilan entre 3,3 a 13,4%, tales como arena fina (af) con límite de variación de 16,8 a 24,2%, rango de variación de 7,5%, media \pm desviación estándar de $19,6 \pm 0,7$ y error estándar de 2,3%; arena (a) con límite de variación de 45,2 a 70,4%, rango de variación de 25,2%, media \pm desviación estándar de $57,9 \pm 7,8$ y error estándar de 2,5% y densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,43 a 1,57 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango de variación de 0,14 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, media \pm desviación estándar de $1,51 \pm 0,05$ $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y error estándar de 0,02 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Cuadro 4).

Los coeficientes de variaciones bajos van de 19,5 a 26,5%, las propiedades que están dentro de este rango son: el espesor (Esp) con límite de variación de 18,0 a 43,0 cm, rango de variación de 25,0 cm, media \pm desviación estándar de $34,4 \pm 9,1$ cm y error estándar de 2,9 cm; arena media (am) límite de variación de 11,2 a 27,3%, rango de variación de 16,1%, media \pm desviación estándar de $20,5 \pm 10,3$ y error estándar de 1,7%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 5,3 a 10,3%, rango de variación de 5,0%, media \pm desviación estándar de $7,4 \pm 1,5$ y error estándar de 0,5%; limo (L) con límite de variación de 11,1 a 21,6%, rango de variación de 10,5%, media \pm desviación estándar de $15,1 \pm 3,9$ y error estándar de 1,2%; arcilla (Arc) con límite de variación de 14,3 a 33,2%, rango de variación de 18,9%, media \pm desviación estándar de $26,9 \pm 5,3$ y error estándar de 1,7%; humedad a saturación (Hum) con límite variación de 18,8 a 36,6%, rango de variación de 17,8%, media \pm desviación estándar de $26,2 \pm 5,6$ y error estándar de 1,8% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt2 (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
Límite mínimo	18,0	0,0	3,7	11,2	16,8	5,3	45,2	11,1	14,3	18,8	1,43
Límite máximo	43,0	3,6	13,1	27,3	24,2	10,3	70,4	21,6	33,2	36,6	1,57
Rango	25,0	3,6	9,4	16,1	7,5	5,0	25,2	10,5	18,9	17,8	0,14
Media	34,4	1,7	8,7	20,5	19,6	7,4	57,9	15,1	26,9	26,2	1,51
Error estándar	2,9	0,4	0,9	1,7	2,3	0,5	2,5	1,2	1,7	1,8	0,02
Desviación estándar	9,1	1,1	2,9	5,2	0,7	1,5	7,8	3,9	5,3	5,0	0,05
C V (%)	26,5	66,4	33,2	25,4	11,9	20,3	13,4	25,8	19,5	21,3	3,30

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

El coeficiente de variación mediano de 33,2%, corresponde a la arena gruesa (ag) con límite de variación de 3,7 a 13,1%, rango de variación de 9,4%, media \pm desviación estándar de $8,7 \pm 2,9\%$ y error estándar de 0,9%. (Cuadro 4).

El coeficiente de variación muy alto de 66,4%, corresponde a la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,0 a 3,6%, rango de variación de 3,6%, media \pm desviación estándar de $1,7 \pm 1,1\%$ y error estándar de 0,4% (Cuadro 4).

El análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt2 presentó variabilidad muy baja con ocurrencia de 81,8% y variabilidad mediana y muy alta con 18,2%. La variabilidad alta está ausente.

Horizonte Bt3

Las propiedades físicas de la serie de suelo Maracaibo al ser analizadas en el horizonte Bt3 (Cuadro 5), presentaron las siguientes variaciones.

Los coeficientes de variaciones muy bajos varían entre 2,38 a 12,6%, las propiedades que están dentro de este rango son: arena fina (af) con límite de variación de 17,0 a 25,1%, rango de variación de 8,1%, media \pm desviación estándar de $20,6 \pm 2,3\%$ y error estándar de 0,7%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 6,4 a 8,6%, rango de variación de 2,2%, media \pm desviación estándar de $7,5 \pm 1,01\%$ y error estándar de 0,2%; arena (a) con límite de variación de 45,1 a 63,1%, rango de variación de 18,0%, media \pm desviación estándar de $55,3 \pm 6,3\%$ y error estándar de 2,0%; arcilla (Arc) con límite de variación de 23,9 a 35,0%, rango de variación de 11,1%, media \pm desviación estándar de $28,8 \pm 3,6\%$ y error estándar de 1,1%; densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,51 a 1,63 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango de

variación de 0,12 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, media \pm desviación estándar de $1,58 \pm 0,04 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y error estándar de 0,01 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Cuadro 5).

Los coeficientes de variaciones bajos van entre 18,1 a 24,7%, tales como la espesor (Esp) con límite de variación de 26,0 a 60,0 cm, rango de variación de 34,0 cm, media \pm desviación estándar de $38,9 \pm 9,1$ cm y error estándar de 2,9 cm; y arena media (am) con límite de variación de 11,00 a 29,1%, rango de variación de 13,0%, media \pm desviación estándar de $18,9 \pm 4,7\%$ y error estándar de 1,5%; limo (L) con límite de variación de 10,5 a 20,9%, rango de variación de 10,4%, media \pm desviación estándar de $15,9 \pm 3,8\%$ y error estándar de 1,2% y humedad a saturación (Hum) con límite variación de 20,2 a 37,0%, rango de variación de 16,8%, media \pm desviación estándar de $26,8 \pm 4,8\%$ y error estándar de 1,5% (Cuadro 5).

Los coeficientes de variaciones medianos oscilan entre 31,0% a 33,3%, corresponde a la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,4 a 1,6%, rango de variación de 1,2%, media \pm desviación estándar de $1,1 \pm 0,4\%$ y error estándar de 0,1%; arena gruesa (ag) con límite de variación de 4,8 a 11,4%, rango de variación de 6,6%, media \pm desviación estándar de $7,4 \pm 2,3\%$ y error estándar de 0,7% (Cuadro 5).

El análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt3 presentó variabilidad muy baja y baja con ocurrencia de 81,8% y variabilidad mediana con 18,2%. La variabilidad alta y muy alta está ausente.

Horizonte Bt4

Las propiedades físicas de la serie de suelo Maracaibo al ser analizadas en el horizonte Bt4

Cuadro 5. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt3 (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
Límite mínimo	26,0	0,4	4,8	11,0	17,0	6,4	45,1	10,5	23,9	20,2	1,51
Límite máximo	60,0	1,6	11,4	24,0	25,1	8,6	63,1	20,9	35,0	37,0	1,63
Rango	34,0	1,2	6,6	13,0	8,1	2,2	18,0	10,4	11,1	16,8	0,12
Media	38,9	1,1	7,4	18,9	20,6	7,5	55,3	15,9	28,8	26,8	1,58
Error estándar	2,9	0,1	0,7	1,5	0,7	0,2	2,0	1,2	1,1	1,5	0,01
Desviación estándar	9,1	0,4	2,3	4,7	2,3	0,7	6,3	3,8	3,6	4,8	0,04
C V (%)	23,3	33,3	31,0	24,7	11,0	8,9	11,4	24,1	12,6	18,1	2,38

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

(Cuadro 6), presentaron las siguientes variaciones.

El rango de variación oscila entre la densidad aparente (Da) con coeficiente de variación de 1,98%, límite de variación de 1,62 a 1,72 Mg·m⁻³, rango de variación de 0,08 Mg·m⁻³, media ± desviación estándar de 1,66 ± 0,03 Mg·m⁻³ y error estándar de 0,01 Mg·m⁻³, hasta la arena muy gruesa (amg) con coeficiente de variación de 63,2%, límite de variación de 0,3 a 3,3%, rango de variación de 3,0%, media ± desviación estándar de 1,4 ± 0,9% y error estándar de 0,3% (Cuadro 6).

Los coeficientes de variaciones muy bajos varían entre 1,98 a 13,1%, tales como la arena fina (f) con límite de variación de 16,6 a 26,5%, rango de variación de 9,9%, media ± desviación estándar de 21,5 ± 2,8% y error estándar de 0,9%; arena (a) con límite de variación de 45,6 a 64,0%, rango de variación de 18,4%, media ± desviación estándar de 54,8 ± 6,5% y error estándar de 2,0%; arcilla (A) con límite variación de 24,5 a 34,5%, rango de variación de 10,0%, media ± desviación estándar de 29,4 ± 3,7% y error estándar de 1,2%; y densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,62 a 1,70 Mg·m⁻³, rango de variación de 0,08 Mg·m⁻³, media ± desviación estándar de 1,66 ± 0,03% y error estándar de 0,01Mg·m⁻³ (Cuadro 6).

Los coeficientes de variaciones bajos oscilan entre 15,5 a 27,8%, las propiedades que están dentro de este rango son: el espesor (Esp) con límite de variación de 32,00 a 60,00 cm, rango de variación de 28,00 cm, media ± desviación estándar de 41,7 ± 10,0 cm y error estándar de 3,7 cm; arena media (am) con límite de variación de 11,0 a 25,1%, rango de variación de 14,1%, media ± desviación estándar de 17,4 ± 4,6% y error estándar de 1,5%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 5,7 a 13,5%, rango

de variación de 7,8%, media ± desviación estándar de 8,2 ± 2,3% y error estándar de 0,7%; y limo (L) con límite de variación de 9,3 a 24,4%, rango de variación de 15,1%, media ± desviación estándar de 15,8 ± 4,4% y error estándar de 1,4%; humedad a saturación (Hum) con límite variación de 24,8 a 39,5%, rango de variación de 14,7%, media ± desviación estándar de 30,1 ± 4,7% y error estándar de 1,5% (Cuadro 6).

El coeficiente de variación alto de 48,9%, corresponde a la arena gruesa (ag) con límite de variación 2,2 a 11,3%, rango de variación de 9,1%, media ± desviación estándar de 6,4 ± 2,8% y error estándar de 0,9% (Cuadro 6).

El coeficiente de variación muy alto de 63,2%, corresponde a la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,3 a 3,3%, rango de variación de 3,0%, media ± desviación estándar de 1,4 ± 0,9% y error estándar de 0,3% (Cuadro 6).

El análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt4 presentó variabilidad muy baja y baja con ocurrencia de 81,8% y variabilidad alta y muy alta con 18,2%. La variabilidad mediana está ausente.

Horizonte Bt5

Las propiedades físicas de la serie de suelo Maracaibo al ser analizadas en el horizonte Bt5 (Cuadro 7), presentaron las siguientes variaciones.

Los coeficientes de variaciones muy bajos varían entre 0,99 a 12,65%, tales como el espesor (Esp) con límite de variación de 43,0 a 65,00 cm, rango de variación de 22,00 cm, media ± desviación estándar de 55,1 ± 6,9 cm y error estándar de 2,2cm; arena fina (af) con límite de variación de 18,7 a

Cuadro 6. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt4 (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da (Mg·m ⁻³)
Límite mínimo	32,0	0,3	2,2	11,0	16,6	5,7	45,6	9,3	24,5	24,8	1,62
Límite máximo	60,	3,3	11,3	25,1	26,5	13,5	64,0	24,4	34,5	39,5	1,70
Rango	28,0	3,0	9,1	14,1	9,9	7,8	18,4	15,1	10,0	14,7	0,08
Media	41,7	1,4	6,4	17,4	21,5	8,2	54,8	15,8	29,4	30,1	1,66
Error estándar	3,2	0,3	0,9	1,5	0,9	0,7	2,0	1,4	1,2	1,5	0,01
Desviación estándar	10,0	0,9	2,8	4,6	2,8	2,3	6,5	4,4	3,7	4,7	0,03
C V (%)	23,8	63,2	48,9	26,5	13,1	27,8	11,8	27,8	12,4	15,5	1,98

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

24,3%, rango de variación de 5,6%, media \pm desviación estándar de $21,8 \pm 1,7\%$ y error estándar de 0,6%; arena (a) con límite de variación de 48,7 a 60,2%, rango de variación de 11,5%, media \pm desviación estándar de $54,9 \pm 4,3\%$ y error estándar de 1,4%; arcilla (A) con límite de variación de 25,9 a 36,0%, rango de variación de 4,9%, media \pm desviación estándar de $28,8 \pm 1,9\%$ y error estándar de 0,6%; humedad a saturación (Hum) con límite variación de 27,9 a 36,0%, rango de variación de 8,1%, media \pm desviación estándar de $31,1 \pm 2,5\%$ y error estándar de 0,78%; y densidad aparente (Da) con límite de variación de 1,69 a 1,74 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, rango de variación de 0,05 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, media \pm desviación estándar de $1,71 \pm 0,02\%$ y error estándar de 0,01 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Cuadro 7).

Los coeficientes de variaciones bajos oscilan entre 21,2 a 26,8%, las propiedades que están dentro de este rango son: la arena gruesa (ag) límite de variación de 3,4 a 9,0%, rango de variación de 5,6%, media \pm desviación estándar de $6,6 \pm 1,8\%$ y error estándar de 0,6%; arena media (am) con límite de variación de 11,7 a 22,4%, rango de variación de 10,7%, media \pm desviación estándar de $17,5 \pm 3,7\%$ y error estándar de 1,2%; limo (L) con límite de variación de 10,3 a 21,4%, rango de variación de 11,1%, media \pm desviación estándar de $16,4 \pm 3,8\%$ y error estándar de 1,2% (Cuadro 7).

Los coeficientes de variaciones medianos van de 37,6% a 43,6%, entre los cuales tenemos la arena muy gruesa (amg) con límite de variación de 0,9 a 3,3%, rango de variación de 2,4%, media \pm desviación estándar de $1,5 \pm 0,7\%$ y error estándar de 0,2%; arena muy fina (amf) con límite de variación de 0,9 a 12,2%, rango de variación de 11,3%, media \pm desviación estándar de $7,5 \pm 2,8\%$ y error estándar de 0,9% (Cuadro 7).

El análisis de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte Bt5 presentó variabilidad muy baja y baja con ocurrencia de 81,8% y variabilidad mediana con 18,2%. La variabilidad alta y muy alta está ausente.

Las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el conjunto de los horizontes, se encontraron que el horizonte Ap tiene variabilidad mediana y horizonte Bt1 con variabilidad mediana y alta, presentan con mayor ocurrencia que los restantes horizontes. Las variabilidades muy baja y baja ocurren con mayor frecuencia a medida que aumenta la profundidad en el perfil del suelo. La variabilidad mediana y alta en el horizonte Ap y Bt1 afecta negativamente la homogeneidad de los suelos, ya que allí se realiza la acción antrópica causada por el manejo agrícola y agropecuario de los suelos, de manera que, siguiendo la normativa taxonómica (USDA, 2010), no se han tenido en cuenta en la definición de la serie Maracaibo. Las propiedades físicas de los cuatro horizontes más profundos tienen variabilidad muy baja y baja, por lo que son las propiedades de los edafones que le dan la homogeneidad propia que definen la serie Maracaibo durante el proceso de edafogénesis (Larreal, 2005, Larreal, 2009). La arena muy gruesa tiene variabilidad mediana en Ap y Bt3, variabilidad alta en Bt1, Bt2 y Bt5 y variabilidad muy alta en Bt4; la arena gruesa tiene variabilidad mediana en Bt2 y Bt3 y alta en Bt4; y la arena muy fina tiene variabilidad mediana en Ap, Bt1 y Bt5; esto le confiere fracciones de las arenas la variabilidad propia de los edafones de la serie Maracaibo; esta variabilidad es consecuencia de los procesos de formación de suelos de la altiplanicie de Maracaibo y la sedimentación del material originario de los suelos (Larreal, 2011). La variabilidad mediana del espesor, la arcilla y la humedad de saturación en el horizonte Ap registra la influencia del manejo antrópico de los

Cuadro 7. Estadísticos básicos de las propiedades físicas de la serie Maracaibo en el horizonte (N = 10) sector semiárido de la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Estadísticos básicos	Esp (cm)	amg (%)	ag (%)	am (%)	af (%)	amf (%)	a (%)	L (%)	A (%)	Hum (%)	Da ($\text{Mg}\cdot\text{cm}^{-3}$)
Límite mínimo	43,0	0,9	3,4	11,7	18,7	0,9	48,7	10,3	25,9	27,9	1,69
Límite máximo	65,0	3,3	9,0	22,4	24,3	12,2	60,2	21,4	30,8	36,0	1,74
Rango	22,0	2,4	5,6	10,7	5,6	11,3	11,5	11,1	4,9	8,1	0,05
Media	55,1	1,5	6,6	17,5	21,8	7,5	54,9	16,4	28,8	31,1	1,71
Error estándar	2,2	0,2	0,6	1,2	0,6	0,9	1,4	1,2	0,6	0,78	0,01
Desviación estándar	6,9	0,7	1,8	3,7	1,7	2,8	4,3	3,8	1,9	2,5	0,02
C V (%)	12,6	43,6	26,8	21,2	8,0	37,6	7,8	23,1	6,5	7,9	0,99

Esp: espesor de horizonte; amg: arena muy gruesa; ag: arena gruesa; am: arena media; af: arena fina; amf: arena muy fina; a: arena total; L: limo; A: arcilla; Hum: humedad a saturación y Da: densidad aparente. C V: Coeficiente de variación

suelos con su uso agrícola y agropecuario (Larreal, 2007).

CONCLUSIONES

Las propiedades físicas confirman que la unidad cartográfica seleccionada está representada taxonómicamente por el Typic Paleargids, arcillosa fina, mixta-illita, isohipertérmica.

Las propiedades físicas demuestran la presencia de un horizonte argílico bien desarrollado con una alta pedogénesis.

Las propiedades físicas tienen en su mayoría una variabilidad medianas, altas y muy altas, cuando se considera al suelo como un todo, por lo cual es la mayor variabilidad a que puede estar sometido el suelo cuando se analiza en su forma global.

Las propiedades físicas presentan en su gran mayoría variabilidades muy bajas a bajas, cuando se considera el suelo por horizonte, lo cual refleja una alta homogeneidad.

La serie de suelo puede presentar algunas propiedades físicas con variabilidades principalmente medianas, altas y muy altas, que es una variabilidad propia del desarrollo pedogenético del suelo.

La alta homogeneidad presente en los horizontes de suelo es la que define a la serie de suelo Maracaibo desde el punto de vista de sus propiedades físicas.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Concejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Zulia (CONDES) por el confinamiento a este proyecto N° CC-0129-7.

LITERATURA CITADA

Alvillar, E.; L. Labarca y A. Vargas. 1985. Estudio semidetallado de suelos polígono Siderúrgico. División de información e investigación del ambiente. MARNR. Serie de informe científico. Zona 5/IC/59. Maracaibo. 90 p.

Biasino, J. 2001. Estudio semidetallado de suelos sector polígono Siderúrgico, subsector oeste del polígono, municipio la cañada de Urdaneta, parroquia Chiquinquira. Empresa regional sistema

hidráulico planicie de Maracaibo (Planimara). Maracaibo. Venezuela. 67 p.

Bockheim, J. G; A. N. Gennadiyev, R. D. Hammer and J. P. Tandarich. 2005. Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma* 124: 23-36.

Chacón, E. 1994. Definición de los límites de variación de las series de suelos Boconó, Veguita y Fanfurria de la planicie aluvial del Río Boconó. Tesis de grado de Maestría Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracaibo Venezuela. 117 p.

Ferrer, R y J. Barriga. 2005. Variabilidad morfológica físico-químico por horizontes de las series propuestas de Maracaibo, suelos: La Estrella, El Jardín y Los Bienes en la altiplanicie de Maracaibo, sector semiárido. Caso: Granja Ana María Campos. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo. Venezuela. 130 p.

Forsythe, W. 1975. Manual de laboratorio sobre física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Serie: libros y materiales educativos N° 25. San José. Costa Rica. 212 p.

Gómez, J. M. 1990. Mapeo detallados de los suelos de la Estación Experimental del Instituto de la Uva. Escuela de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Venezuela. 100 p.

Jiménez, L.; N. Noguera y W. Peter. 1994. Caracterización física, química, mineralógica y micromorfológica de horizontes argílicos, altiplanicie de Maracaibo. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. 150 p.

Larreal, M. 2005. Definición y establecimiento de la serie San Francisco en la altiplanicie de Maracaibo, sector semiárido. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. 106 p.

Larreal, M. 2007. Definición y establecimiento de la serie Los Cortijos en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Diplomado Estudios Avanzados. UPM-LUZ. Maracaibo. Estado Zulia, Venezuela. 104 p.

Larreal, M. 2009. Variación física de un suelo en la definición de la serie Los Cortijos, sector semiárido

- de la altiplanicie de Maracaibo. *Revista Científica UDO Agrícola* 9 (4): 925-936.
- Larreal, M. 2011. Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 221 p.
- Larreal, M.; N. Noguera, W. Peters y L. Jiménez. 2007. Estudio de suelo del área del proyecto de desarrollo Diluvio-Palmar. Odebrecht, Campo, Rentagro. Maracaibo, Venezuela. 117 p.
- Materano, G.; O. Hernández, M. Larreal y N. Noguera. 2006. Mapa de zonificación agroecológica y clases de tierras del estado Apure. Rentagro. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ). Apure. Venezuela. 25 p.
- Materano, M.; W. Peters y N. Noguera. 1985. Estudios detallados de suelos y terrenos de la ciudad universitaria de LUZ. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. 60 p.
- Noguera, N. 1989. Principios básicos de agrología. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela. 128 p.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problema de manejo y conservación de suelo en condiciones tropicales. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay, Venezuela. 112 p.
- Triana, M.; R. Silva, M. Gómez y G. Peñaloza. 2003. Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. Colombia 224: 1-22.
- Statistical Analysis System (SAS). 2003. SAS Institute Inc. Procedures Guide. Release 9.1 Edition. Cary, North Carolina, United States of America-
- United States Department of Agriculture (USDA). 2010. Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. Natural resources conservation service. Washington, D.C. United States of America. 322 p.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1993. Soil conservation service. Soil Survey Manual. Chapter 10. Washington, D.C. United States of America- 21 p.
- Van Reeuwijk, L. 2002. Procedures for soil analysis. 6th edition. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. The Netherlands. 120 p.