

Definición de la serie de suelos San Francisco, en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Variabilidad de la morfología del suelo

Definition of the San Francisco soil series in the semiarid sector of the Maracaibo plain. Variability of soil morphology

M. Larreal, L. Jimenez, V. Polo, N. Noguera

Departamento de suelos y aguas. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia.

Resumen

Se analizaron los límites de variabilidad morfológica de la serie de suelo San Francisco, *Typic Paleargids, francosa fina, caolinítica, isohipertérmica*, ubicada en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. La misma ha sido definida según los estudios de suelos detallados y semidetallados, existentes para el área suburbana del municipio del mismo nombre. Para la caracterización, se seleccionó un área representativa de 10 ha en la unidad cartográfica, sobre la cual se replanteó una cuadrícula de 100 x 100 m. En los sitios de intersección, se caracterizaron 10 perfiles con seis horizontes por perfil y siete repeticiones. Se elaboró una base de datos para la definición de la variabilidad de las características morfológicas empleando parámetros estadísticos clásicos del paquete SAS. La morfología del perfil muestra un epipedón ocríco (Ap) sobre un endopedón argílico (Bt) con abundantes películas de arcilla, en las caras de los elementos estructurales (peds). La variabilidad estadística de las características morfológicas es alta cuando se analiza la serie como un todo y menor cuando se analiza por horizonte, lo cual define la alta homogeneidad morfológica de la serie.

Palabra clave: serie de suelo, morfología, variabilidad, homogeneidad.

Abstract

The limits of soil morphology variability of the San Francisco soil series, *Typic Haplargids, fine loamy, kaolinitic, isohypertermic*, located in the semiarid sector of the Maracaibo plain are analyzed. This soil series has been defined in

existing semi-detailed and detailed soil surveys within the suburban area of the Maracaibo municipality. For the characterization of soil morphology a representative area of 10 hectares within the cartographic unit was selected on which a 100 by 100 m. grid was laid out. At the intersections 10 soil profiles with 6 horizons each and 7 repetitions were studied. A database was created in order to define the variability of morphological characteristics using classic statistical parameters of the SAS package. Profile morphology showed an ochric epipedon (Ap) above an argillic subsurface horizon (Bt) with abundant clay skins on ped faces. Statistical variability of soil morphological characteristics is high if soil is analyzed as a whole and lowers if analyzed per horizon which determines the high homogeneity of the soil series.

Key words: soil series, soil morphology, variability, homogeneity.

Introducción

Las series de suelos constituyen la mejor aproximación a una entidad discreta o individuo de suelo a los fines de la caracterización, clasificación y mapeo de unidades de suelos. Dentro del concepto serie de suelo las características morfológicas resultan determinantes para el manejo a nivel parcelario por cuanto en ellas se reúnen aspectos relacionados con la superficie del terreno, presencia de afloramientos rocosos, la textura superficial, los procesos de erosión inducidas por el hombre, la ocurrencia de las sales, saturación con agua, grietas entre otras características de importancia para la agricultura y cualquier forma de ocupación humana (FAO, 2006).

La morfología y la relación genética entre diferentes capas u horizontes del suelo, tuvieron mucha influencia en la evolución del concepto de serie de suelo. La primera publicación del Manual de Levantamiento de Suelo (USDA, 1993), en la cual se define el suelo de la siguiente forma: “Una serie de suelos es un conjunto que tie-

Introduction

The series of the soils constitute the best approximation to a discrete entity or individual of the soil with the aim of characterizing, classifying and mapping the soil's units. On the concept of series of the soil, the morphological characteristics are determinant for the handle of a plot, because of these are gathered aspects related to the surface of the land, presence of rock flowerings, superficial texture, erosion processes induced by the men, the occurrence of salts, saturation with water, cracks among other characteristics of importance for the agriculture and any way of human occupation (FAO, 2006).

The morphology and genetic relation between different layers or horizons of the soil had a lot of influence in the concept evolution of series of the soil. The first publication of the Soil Removing Manual (USDA, 1993), defines the soil: “a series of soils is a compound with genetic horizons similar in differentiation characteristics in the soil's profile and that have not developed after a type of parental ma-

nen horizontes genéticos similares en características de diferenciación en el perfil de suelo y que no se han desarrollado a partir de un tipo de material parental. Excepto por la textura, especialmente el horizonte A, las características morfológicas del perfil del suelo, reflejada en las propiedades físicas y en el grosor de los horizontes, no deben variar significativamente en la serie”.

Las características morfológicas son determinantes para la definición de las series de suelos en los estudios agrologicos, al incluir atributos fácilmente observables en las labores de campo tales como: color, profundidad de horizontes, tipo de horizontes, presencia de moteados, textura, estructura, consistencia, inclusiones y reacción al ácido entre otras; cuya proporcionalidad y frecuencia de ocurrencia deben ser sistemáticamente analizados para emplearlos como criterios de diferenciación (Larreal, 2005; Bockheim *et al.*, 2005).

La existencia de proyectos agropecuarios de alta inversión para el desarrollo bajo riego, justifica la realización de estudios de suelos detallados y semidetallados que suplan la información básica necesaria para actividades muy intensivas de producción para lo cual deben definirse en función de sus atributos (Larreal, 2006).

El objetivo fue evaluar las características morfológicas empleadas para definir la serie San Francisco con base a criterios técnicos, considerando el grado de proporcionalidad y frecuencia de ocurrencia de este grupo de características en los cuerpos de suelos que conforman dicha serie.

material, except for the Texture, specially horizon A, the morphological characteristics of the soil's profile, showed on the physical properties and the thickness of the horizons, should not vary significantly in the series”. The morphological characteristics are determinant for defining the series of the soil in the agrological researches, when including attributes easily observed in the field's labors such as: color, depth of horizons, type of horizons, presence of spots, texture, structure, consistency, inclusions and reaction to the acid, among others; which proportionality and frequency of occurrence must be systematically analyzed to be employed as criteria of differentiation (Larreal, 2005; Bockheim *et al.*, 2005).

The existence of agricultural projects of high inversion for the development under irrigation, justifies the development of research about detailed and semi-detailed soils that give the basic necessary information for intense activities of production, for which must be defined in function of their attributes (Larreal, 2006).

The aim of this research was to evaluate the morphological characteristics employed to define the San Francisco series based on technical criteria, considering the proportionality degree and occurrence frequency of this group of characteristics in the soils that form such series.

Materials and methods

Characteristics of the area under research

The research was done on the rural settlement “La Estrella”, located

Materiales y métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en el asentamiento campesino La Estrella, ubicada en el municipio Caña de Urdaneta y en el asentamiento Los Bienes localizado en el municipio San Francisco en el estado Zulia. La localización geográfica del pedon típico se encuentra en las coordenadas 10°25'19" N y 71°43'02" E, ocupa una superficie de 1290 ha, con una elevación alrededor de los 35 msnm (Alvillar *et al.*, 1985).

La geomorfología y el material parental se encuentran enmarcados dentro de paisaje de la denominada altiplanicie de Maracaibo. Esta forma de paisaje se caracteriza por presentar afloramientos de depósitos dentríticos en forma de glaciés coluviales del pleistoceno inferior, con topografía predominantemente plana, formados de materiales retomados de la formación El Milagros de edad pliocena (Alvillar *et al.*, 1985).

La zona corresponde a un clima semiárido, zona de vida bosque muy seco tropical, según la clasificación del Holdridge (Ewel y Madriz, 1968). La temperatura anual promedio 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 espinosas, lo que refleja condiciones de un edafoclima seco.

Descripción morfológica del suelo.

Los suelos clasificados *Typic Paleargids, francosa fina, caolinitica-*

on Caña de Urdaneta and the settlement "Los Bienes" located on San Francisco parish, Zulia state. The geographical localization of the typical "pedón" is on 10°25'19" N and 71°43'02" E, occupies a surface of 1290 ha, with an approximate elevation of 35 masl (Alvillar *et al.*, 1985).

The geomorphology and the parental material are framed on the landscape name Maracaibo's plain. This type of environment is characterized by having flowering with dendritic deposits with colluvial glaciés of the inferior Pleistocene, with topography mainly flat, formed from materials taken from the formation "El Milagros" of the Pliocene age (Alvillar *et al.*, 1985).

The area corresponds to a semi arid weather, a very dry tropical life forest according to the classification of Holdridge (Ewel and Madriz, 1968). The average annual temperature is of 28.9°C, the annual average evaporation is of 2.539 mm and the annual precipitation average is of 531 mm (Biasino, 2001). The natural vegetation has been intervened almost on its totality, existing some factors with secondary vegetation where predominate "las espinosas", which show conditions of a dry weather.

Morphological description of the soil

Soils classified as *Typic Paleargids*, fine loamy, kaolinitic-mix, isopypertermic, are characterized by having a superficial horizon (Ap) of 25 cm of thickness; loamy sandy, Brown clear-yellowish when dried and brown dark-yellowish when wet, subangular blocky, weak, fine, slightly hard, slightly adhesive and slightly plastic,

mixta, isohipertérmica, se caracterizan por presentar un horizonte superficial (Ap) de 25 cm de espesor; franco arenoso; marrón amarillento claro en seco y marrón amarillento oscuro en húmedo; blocosa subangular, débil, fino; débilmente dura, friable, débilmente adhesivo y débilmente plástico; sin reacción al HCl 10%; fuertes raíces, frecuente actividad biológica; límite claro y plano. Con un horizonte argílico (Bt) hasta 200 cm o más de profundidad, de textura entre franco y franco arcilloso; a mayor profundidad; amarillo rojizo en seco y marrón fuerte en el primer horizonte, y rojo amarillento en seco y húmedo en los restantes; blocosa subangular, moderada, media, dura, friable, adhesivo y plástico; películas de arcillas, frecuentes, medias; inclusiones de hierro, pocas pequeñas a partir del segundo horizonte; raíces, frecuentes en los dos primeros horizontes desde la superficie y pocas a mayor profundidad; límite claro y plano en todos los horizontes (Larreal, 2005).

Materiales

La selección de sitios se realizó a partir de los mapas e informes técnicos de estudios de suelos detallados y semidetallados, a escala 1:25.000 o mayor, realizados en el sector (Alvillar *et al.*, 1985).

Métodos

Constó de cuatro fases:

Fase preparatoria:

a. Selección de la zona de estudio con base en la información recabada durante las giras de campo y a la diferenciación de la los sectores semiáridos y subhúmedos en experiencias previas (Jiménez *et al.*, 1994).

b. Ubicación de las transeptos de 1 km de longitud sobre la unidad

without reaction to HCl 10%, strong roots, frequent biological activity, clear and flat limit. With and argillic horizon (Bt) until 200 cm or more of depth, texture loamy and loamy clayey, at greater depth is yellow-reddish when dry and strong brown in the first horizon, and red yellowish when dry and wet in the rest, subangular blocky moderate, medium, hard, adhesive and plastic, films of clay, frequent, means, inclusion of iron after the second horizon; roots frequent in the first horizons from the surface and few at greater depth, clear and flat limit in all the horizons (Larreal, 2005).

Materials

The selection of the places was done with two maps and technical information of detailed and semi-detailed researches of the soil, at scale 1:25.000 or higher, done in the area (Alvillar *et al.*, 1985).

Methods

It had four phases:

Preparatory phase:

a. Selection of the area under research based on the information obtained during the visits to the field and the differentiation of the semi-arid and sub-humid areas in previous experiences (Jiménez *et al.*, 1994).

b. Location of the transepts of 1 Km of longitude on the representative cartographic unit described and known as series San Francisco (Larreal, 2006).

Field work

a. Overhauling of the transepts on the land with the support of soils' maps and topographic equipments, locating on these the observation points every 100 m of distance (Alvillar *et al.*, 1985).

cartográfica representativa, descrita y reconocida como serie San Francisco (Larreal, 2006).

Labores de campo:

a. Replanteo de la transectas sobre el terreno con el apoyo de los mapas de suelos y equipos topográficos, ubicando en ellas los puntos de observación cada 100 m de distancia (Alvillar *et al.*, 1985).

b. Apertura de diez calicatas para el muestreo y descripción detallada de diez perfiles de suelo hasta una profundidad de 2,0 m. En cada perfil de suelo se realizó la clasificación taxonómica tentativa (USDA, 2006; FAO, 2006).

Labores de laboratorio:

Se utilizaron los equipos e instrumentos del laboratorio de suelos y aguas del Departamento de Ingeniería Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Donde se determinó el pH que fue medido por el método potenciométrico (Thomas, 1996), carbono orgánico por combustión húmeda (Nelson and Sommers, 1996), fósforo disponible por Bray I (ISRIC, 1993), sodio y potasio intercambiable por NH_4OAc 1M (pH 7,0) (Helmkpand Sparks, 1996), calcio y magnesio intercambiable por NH_4OAc 1M (pH 7,0) (Heald, 1965) capacidad de intercambio catiónico por saturación con NH_4^+ (Summer and Miller, 1996), aluminio intercambiable extraído con KCl 1N (Thomas, 1996).

Actividades de gabinete:

a. Revisión de diez pedones representativos descritos en campo relacionados en el área de estudio, se realizó la clasificación taxonómica definitiva con la información morfológica, física y química (Noguera, 1989; Larreal, 2006).

b. Aperture of ten pits for sampling and detailed description of ten profiles of the soil until a depth of 2.0 m. On each profile of the soil was done the tentative taxonomic classification (USDA, 2006; FAO, 2006).

Laboratory work:

The equipments and instruments of the soil and water Laboratory were used of the Soil and Water Engineering Department, Agronomy Faculty, Universidad del Zulia; where was determined the pH measured by the potentiometric method (Thomas, 1996), organic carbon by humid combustion (Nelson and Sommers, 1996), phosphorous available by Bray I (ISRIC, 1993), sodium and potassium interchangeable by NH_4OAc 1M (pH 7,0) (Helmkpand Sparks, 1996), calcium, and interchangeable magnesium by NH_4OAc 1M (pH 7.0) (Heald, 1965) capacity of cationic interchange by saturation with NH_4^+ (Summer and Miller, 1996), interchangeable aluminum extracted with KCl 1N (Thomas, 1996).

Clerical work

a. Revision of ten representative surfaces in the field related to the area under research, a definite taxonomic classification was done with the morphological, physical and chemical information (Noguera, 1989; Larreal, 2006).

b. Elaboration of the data base with the morphological information obtained, such as texture to the touch, color in dry, color in wet, spotted, structure, consistency in dry, consistency in wet, clay films, inclusions, reaction to HCl 10%, roots, biological activity and limit (USDA,

b. Elaboración de la base de datos con la información morfológica recabada, tales como textura al tacto, color en seco, color en húmedo, moteado, estructura, consistencia en seco, consistencia en húmedo, consistencia en mojado, películas de arcilla, inclusiones, reacción al HCl 10%, raíces, actividad biológica y límite (USDA, 1993; FAO, 2006; USDA, 2007), de los perfiles de suelo seleccionado, con un número de siete (7) repeticiones de análisis de calicatas, aplicando los programas de Microsoft Excel 2007 y Microsoft Word 2007 en Windows XP (Larreal, 2009).

c. Definición de las proporciones de las características morfológicas de la serie de suelo con base en las estadísticas clásicas, tales como categoría, porcentaje de frecuencia, atributo menor y atributo mayor, aplicando el procedimiento estadístico PROC FREQ (SAS Institute Inc, 2003; Ferrer y Barriga, 2005; Brady and Ray, 2008).

d. Síntesis de los criterios que fueron la base para la definición morfológica de la serie de suelo objeto de la investigación (Larreal, 2006). El análisis de las características morfológicas fue realizado aplicando los criterios de abundancia y diversidad según Ibañez y colaboradores (1995), de acuerdo a los siguientes criterios:

- Número de categoría 0 y 1, muy baja proporción.
- Número de categoría 2, baja proporción.
- Número de categoría 3, moderada proporción.
- Número de categoría 4, alta proporción.
- Número de categoría 5 ó mayor, muy alta proporción.

1993; FAO, 2006; USDA, 2007) of the selected soil's profiles, with a number of seven (7) replications of pits analysis, applying Microsoft Excel 2007, and Microsoft Word 2007 in Windows XP (Larreal, 2009).

c. Definition of the proportions of the morphological characteristics of the series of the soil with base on the classic statistics, such as category, percentage of the frequency, lower attribute, higher attribute, applying the statistical procedure PROC FREQ (SAS Institute Inc, 2003; Ferrer and Barriga; 2005; Brady and Ray, 2008).

d. Synthesis of the criteria that were the foundation for the morphological definition of the series of the soil object to research (Larreal, 2006). The analysis of the morphological characteristics was done applying criteria of abundance and diversity according to Ibañez *et al.*, (1995), according to the following criteria:

- Number of category 0 and 1, very low proportion
- Number of category 2, low proportion
- Number of category 3, mild proportion
- Number of category 4, high proportion
- Number of category 5 or higher, very high proportion

The propositions latter exposed considered for defining the series of the soil the following:

The categories such as texture, color in dry, color in wet, spotted, structure, consistency in dry, consistency in wet, consistency in damp, films of clay, inclusions, reaction to HCl 10%, roots, biological activity and limit, did not have any

Las proporciones antes expuestas consideraron para la definición de la serie de suelo, lo siguiente:

Las categorías tales como textura, color en seco, color en húmedo, moteado, estructura, consistencia en seco, consistencia en húmedo, consistencia en mojado, películas de arcilla, inclusiones, reacción al HCl 10%, raíces, actividad biológica y límite, no tuvieron ninguna desviación, por lo tanto cada una, fue una categoría diferente.

Las categorías tales como color (seco y húmedo) y moteado presentan desviaciones en varias direcciones, aceptando sólo las desviaciones ubicadas alrededor del valor y pureza de color, para un mismo matiz, adyacentes al valor estudiado.

Los porcentajes en las diferentes categorías estuvieron dados por:

- Categorías con un 100%, la de mayor homogeneidad.

- Categorías que representan un mayor porcentaje, definieron a la serie de suelo. Los porcentajes restantes no pasaron del 30% de ocurrencia de las desviaciones extremadamente similares.

- Categorías con el número de 2 o más, y porcentaje más o menos proporcionales, fueron analizados por la presencia de suelo diferentes (inclusiones de suelo), que fueron sacados del análisis, quedando una sola categoría (100%) o se tomó la de mayor porcentaje.

Resultados y Discusión

Unidad cartográfica

La unidad de suelo se clasificó según la taxonomía de suelo (USDA, 2006) a nivel de familia (cuadro 1).

deviation, therefore, each was a different category.

Categories such as color (dry and wet) and spotted present deviations in some directions, only accepting the deviations located around the value and pureness of the color for a same shade, adjacent to the studied value.

The percentages in the different categories were given by:

- Categories with 100%, the one with highest homogeneity

- Categories that represent a higher percentage, defined the series of the soil. The remnant percentages did not overcome 30% of the occurrence of the extremely similar deviations.

- Categories with the number 2 or more, and more less proportional percentage were analyzed by the presence of different soils (inclusions of the soil), that were taken out of the analysis, just leaving a category (100%) or was taken the one with the highest percentage.

Results and discussion

Cartographic unit

The soil's unit was classified according to the taxonomy of the soil (USDA, 2006) at family level (table 1)

Unit of the soil

The soil's unit (table 2) shows the classification at family level and family of series for the corresponding replications (USDA, 2006), it had to be reclassified due to the changes in the differentiation criteria in big groups after the revision 2006.

Rank of characteristics

The variability of morphologic characteristics by series and horizons on the same series

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la unidad de suelo por repetición.**Table 1. Taxonomic classification of the soil's uniy by replication.**

Repetición	Familia*	Familia de serie*
1	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
2	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
3	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
4	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
5	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
6	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina
7	Typic Paleargids, francosa fina	Typic Paleargids, francosa fina

*Todos son caolínica, isohipertérmica (USDA, 2006).

Unidad de suelo

La unidad de suelo (cuadro 2) nos muestra la clasificación a nivel de familia y familia de serie para sus repeticiones correspondientes (USDA, 2006), la misma debió ser reclasificada debido a los cambios en los criterios de diferenciación a nivel de grandes grupos a partir de la revisión 2006:

Rango de características

La variabilidad de las características morfológicas por serie y horizontes dentro de la misma serie.

Características morfológicas:

1. La serie San Francisco al ser analizada como un todo (cuadro 3), presentó una alta variabilidad en sus características morfológicas una alta variabilidad en sus características morfológicas debido a que allí se expresan de manera integral la variabilidad en profundidad, conjuntamente con las variaciones espaciales en horizontal. De allí que abarque desde el límite que tiene un solo componente (CP, 100% de frecuencia) y reacción al HCl 10% (0, 100%), hasta el color en seco con cinco componentes (10YR5/4, 3%;

Morphological characteristics:

1. The San Francisco series when analyzed as a whole (table 3), presented a high variability in their morphological characteristics since there are expressed integrally the variability in depth, along to the spatial variations in horizontal. Thus, that it comprises from the limit with one component (CP, 100% of frequency) and reaction to HCl 10% (0, 100%), until the color in dry with five components (10YR5/4, 3%; 10YR6/4, 14%; 5YR5/6, 14%; 7.5YR5/6, 64% and 7.5YR6/6, 5. The remnant characteristics with components and intermediate frequencies in different proportions, such as the characteristics with two components as the consistency in wet (1. 14% y 2. 86%) and consistency in damp (1a1, 40% and 2a2, 60%); the characteristics with three components such as the texture (F, 14%; FA, 69% and Fa, 17%), structure (B1f, 62%; B2f, 26% and B2m, 12%), consistency in dry (1. 14%; 2. 5% and 3. 81%), films of clay (0, 17%; P_p, 59% and P_p, 24%),

Cuadro 2. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de serie San Francisco (N= 42), (FAO, 2006).

Table 2. Statistical variations of the morphological traits of San Francisco series (N= 24), (FAO, 2006).

Características Morfológicas												
PE	T	CS	CH	M	E	CSHM	P	I	HCl10%	R	AB	L
Componente	F	10YR5/4										
	F	10YR6/4	10YR4/4	0	B1f							
	A	5YR5/6	7.5YR4/6	2,5YR4/8	B2f	1	1	1	a 1	0	0	f
	F	7,5YR5/6	7.5YR5/6	2,5YR5/8	B2	2	2	a 2	2	10	0	m
	a	7,5YR6/6	7.5YR5/8	5YR5/8	m	3	2			Pp	2	p
Frecuencia (%)	1											
	4	3										
	6	14	17	76								
	9	14	53	12	62	14		17	43		30	29
	1	64	2	7	26	5	14	40	59	17	100	3
	7	5	28	5	12	81	86	60	24	40	67	57
Atributos menor	F											
	a	10YR5/4	10YR4/4	0	B1f	1	1	1	a 1	0	0	P
mayor	F											
	A	5YR5/6	7,5YR5/8	2,5YR5/8	B2m	3	2	a 2	2	10	0	m

P/E=Parámetros estadísticos; T=Textura; CS=Color seco; CH=Color húmedo; M=Moteado; E=Estructura; CSHM=Consistencia seco húmedo mojado; P=Películas; I=Inclusiones; R=Raíces; AB=Actividad biológica; L=Límite

Cuadro 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7).

Table 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7).

Horizonte Ap												
Características Morfológicas												
PE	T	CS	CH	M	E	CSHM	P	I	HCl10%	R	AB	L
Componente	Fa	10YR5/4 10YR6/4	10YR4/4	0	Bif 1	1 a 1	0	0	0	f	f	CP
Frecuencia (%)	100	14 86	100	10 0	100 100	100	100	100	100	86	43	CP
Atributos menor mayor	Fa	10YR5/4 10YR6/4	10YR4/4	0	Bif 1	1 a 1	0	0	0	14	57	100 CP
Horizonte Bt1												
Componente	F	7,5RY5/6 7,5YR6/6	7,5YR4/6 7,5RY5/6	0	Bif 2 3	1 a 1	Pp	0	0	f	f	CP
Frecuencia (%)	8	86 14	86 14	100	100 14	100	100	100	100	71	71	100 29
Atributos menor mayor	F	7,5YR5/6 7,5YR6/6	7,5YR4/6 7,5YR5/6	0	Bif 2 3	1 a 1	Pp	0	0	p	f	CP f m

P/E=Parámetros estadísticos; T=Textura; CS=Color seco; CH=Color húmedo; M=Moteado; E=Estructura; CSHM=Consistencia seco húmedo mojado; P=Películas; I=Inclusiones; R=Raíces; AB=Actividad biológica; L=Límite

Cuadro 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7) (Continuación).

Table 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7) (Continuation).

Horizonte Bt2											
Características Morfológicas											
PE	T	CS	CH	M	E	CSHM	P	I	HCl10%	R	L
Componente	FA	7,5RY5/6	7,5YR4/6	0	B2m	3 2	2 a 2	Pf	0	f	f CP
Frecuencia (%)		7,5YR6/6	7,5YR5/8	10	100	100	100		43	p	p p
Atributos menor	FA	7,5YR5/6	7,5YR4/6	0	B2m	3 2	2 a 2	Pf	0	p	p CP
mayor		7,5YR6/6	7,5YR5/8	0	100	100	100		57	f	f m
Horizonte Bt3											
Componente	FA	7,5RY5/6	7,5YR5/8	0	B2f	3 2	2 a 2	Pf	0	p	p CP
Frecuencia (%)		5YR5/6	7,5YR4/6	10	100	100	100		14	100	100 100
Atributos menor	FA	7,5YR5/6	7,5YR4/6	0	B2f	3 2	2 a 2	Pf	0	p	p CP
mayor		5YR5/6	7,5YR5/8	0	100	100	100		86	f	f m

P/E=Parámetros estadísticos; T=Textura; CS=Color seco; CH=Color húmedo; M=Moteado; E=Estructura; CSHM=Consistencia seco húmedo mojado; P=Películas; I=Inclusiones; R=Raíces; AB=Actividad biológica; L=Límite

Cuadro 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7) (Continuación).

Table 3. Variaciones estadísticas de las características morfológicas de la serie San Francisco por horizonte (N=7) (Continuation).

Horizonte Bt4												
Características Morfológicas												
PE	T	CS	CH	M	E	CSHM	P	I	HCl10%	R	AB	L
Componente	FA	7,5RY5/6	7,5YR4/6	0 2,5YR4/8 5YR5/8	B2f	2	2 a 2	Pf	10	0	p	CP
Frecuencia (%)	100	100	100	42	100	100	10	57	100	100	100	100
Atributos menor	FA	7,5YR5/6	7,5YR4/6	29	100	100	0	43				
mayor				0	B2f	3	2 a 2	Pf	5	0	p	CP
				5YR5/8					10			
Horizonte Bt5												
Componente	FA	5RY5/6	7,5YR4/6	0 2,5YR4/8 2,5YR5/8	B2f	3	2	2 a 2	Pf	10	0	p
Frecuencia (%)	100	100	100	14	100	100	100	100	100	10	100	100
Atributos menor	FA	5YR5/6	7,5YR4/6	14	100	100	2	2 a 2	Pf	10	0	p
mayor				0	B2f	3	2	2 a 2	Pf	10	0	p
				2,5YR5/8								

P/E=Parámetros estadísticos; T=Textura; CS=Color seco; CH=Color húmedo; M=Moteado; E=Estructura; CSHM=Consistencia seco húmedo mojado; P=Películas; I=Inclusiones; R=Rañes; AB=Actividad biológica; L=Límite

10YR6/4, 14%; 5YR5/6, 14%; 7,5YR5/6, 64% y 7,5YR6/6, 5%). Las restantes características con componentes y frecuencias intermedias en distintas proporciones, tales como las características con dos componentes como los son la consistencia en húmedo (1, 14% y 2, 86%) y consistencia en mojado (1a1, 40% y 2a2, 60%); las características con tres componentes tenemos a las texturas (F, 14%; FA, 69% y Fa, 17%), estructuras (B1f, 62%; B2f, 26% y B2m, 12%), consistencia en seco (1, 14%; 2, 5% y 3, 81%), películas de arcilla (0, 17%; P_f, 59% y P_p, 24%), inclusiones (0, 43%; 10, 17% y 2, 40%), raíces (f, 30%; m, 3% y p, 67%), actividad biológica (f, 29%; m, 14% y p, 57%); las características con cuatro componentes tenemos al moteado (0, 76%; 2,5YR4/8, 12%; 2,5YR5/8, 7% y 5YR5/8, 5%) y el color en húmedo (10YR4/4, 17%; 7,5YR4/6, 53%; 7,5YR5/6, 2% y 7,5YR5/8, 28%)(Chacón, 1994; Ferrer *et al.*, 2005; Larreal, 2006).

2. La serie San Francisco al ser examinada por horizontes (cuadro 4), mostró variabilidades bajas en sus características morfológicas; así tenemos por horizontes maestros, según los criterios para analizar la diversidad morfológica aplicados por Chacón, (1994); Ferrer *et al.*, (2005); Larreal, (2006) los siguientes resultados.

Horizonte Ap:

Tiene caracteres con un solo componente entre los cuales tenemos textura (Fa, 100%), color en húmedo (10YR4/4, 100%), moteado (0, 100%), estructura (B1f, 100%), consistencia en seco (1, 100%), consistencia en húmedo (1, 100%), consistencia en mojado (1a1, 100%), películas de arcilla (0, 100%), inclusiones (0, 100%), reacción

inclusiones (0, 43%; 10, 17% and 2, 40%), roots (f, 30%; m, 3% and p, 67%), biological activity (f, 29%; m, 14% and p, 57%); the characteristics with four spotted components are (0, 76%; 2,5YR4/8, 12%; 2,5YR5/8, 7% and 5YR5/8, 5%) and the wet color (10YR4/4, 17%; 7,5YR4/6, 53%; 7,5YR5/6, 2% and 7,5YR5/8, 28%)(Chacón, 1994; Ferrer *et al.*, 2005; Larreal, 2006).

2. The San Francisco series to be examined by horizons (table 4) showed low variabilities in the morphological characteristics, thus are obtained as master horizons, according to the criteria to analyze the morphological diversity applied by Chacón, (1994); Ferrer *et al.*, (2005); Larreal, (2006) the following result:

Horizon AP:

There are traits with only one component such as texture (Fa, 100%), color in wet (10YR4/4, 100%), spotted (9, 100%), structure (B1f, 100%), consistency in dry (1, 100%), consistency in wet (1, 100%), consistency in damp (1^a1, 100%), films of clay (0, 100%), inclusions (0, 100%), reaction to HCl 10% (0, 100%) until descriptors with two components that correspond to dry color (10YR5/4, 14% and 10YR6/4, 86%), roots (f, 86% and m, 14%) and biological activity (f, 43% and m, 57%).

Horizon Bt₁:

It has characteristics with only one component such as spotted (0, 100%), structure (B1f, 100%), consistency in wet (2, 100%), consistency in damp (1a1, 100%), films of clay (P_p, 100%), inclusions (0, 100%), reaction to HCl 10% (0, 100%) and limit (CP, 100%); characteristics with two components where there are texture

al HCl 10% (0, 100%) hasta descriptores con dos componentes que corresponden a color en seco (10YR5/4, 14% y 10YR6/4, 86%), raíces (f, 86% y m, 14%) y actividad biológica (f, 43% y m, 57%).

Horizonte Bt₁:

Presenta características con un solo componente tales como moteado (0, 100%), estructura (B1f, 100%), consistencia en húmedo (2, 100%), consistencia en mojado (1a1, 100%), películas de arcilla (P_p, 100%), inclusiones (0, 100%), reacción al HCl 10% (0, 100%) y límite (CP, 100%); características con dos componentes así encontramos a la textura (F, 86% y FA, 14%), color en seco (7,5YR5/6, 86% y 7,5YR6/6, 14%), color en húmedo (7,5YR4/6, 86% y 7,5YR5/6, 14%), consistencia en seco (2, 86% y 3, 14%), raíces (p, 29% y f, 71%) y actividad biológica (f, 71% y m, 29%).

Horizonte Bt₂:

Contiene caracteres con un solo componente como textura (FA, 100%), moteado (0, 100%), estructura (B2m, 100%), consistencia en seco (3, 100%), consistencia en húmedo (2, 100%), consistencia en mojado (2a2, 100%), películas de arcilla (Pf, 100%), reacción al HCL 10% (0, 100%) y límite (CP, 100%) hasta características con dos componentes, tales como color en seco (7,5YR5/6, 29% y 7,5YR6/6, 71%), color en húmedo (7,5YR4/6, 14% y 7,5YR5/8, 86%), inclusiones (0, 43% y 5, 57%), raíces (p, 86% y f, 14%) y actividad biológica (p, 71% y f, 29%).

Horizonte Bt₃:

Presenta descriptores con un solo componente, así tenemos textura (FA, 100%), moteado (0, 100%), estructura (B2f, 100%), consistencia en seco (3,

(F, 86% and FA, 14%), color in dry (7.5YR5/6 and 7.5YR6/6, 14%), color in damp (7.5YR4/6. 86% and 7.5YR5/6. 14%), consistency in dry (2. 86% and 3. 14%), roots (p, 29% and f, 71%) biological activity (f, 71% y m, 29%).

Horizon Bt₂:

It has traits with one component only such as texture (FA, 100%), spotted (0, 100%), structure (B2m, 100%), consistency in dry (3, 100%), consistency in wet (2, 100%), consistency in damp (2a2, 100%), film of clay (Pf, 100%), reaction to HCL 10% (0, 100%) and limit (CP, 100%) until characteristics with two components such as color in dry (7.5YR5/6. 29% and 7.5YR6/6. 71%), color in wet (7.5YR4/6. 14% and 7.5YR5/8, 86%), inclusions (0, 43% and 5, 57%), roots (p, 86% and f, 14%) and biological activity (p, 71% and f, 29%).

Horizon Bt₃:

It has descriptors with only one component, such as texture (FA, 100%), spotted (0, 100%), structure (B2f, 100%), consistency in dry (3, 100%), consistency in wet (2, 100%), consistency in damp (2a2, 100%), films of clay (Pf, 100%), reaction to HCl 10% (0, 100%), roots (p, 100%), biological activity (p, 100%) and limit (CP, 100%), until traits with two components such as color in dry (5YR5/6, 29% and 7,5YR5/6, 71%), color in wet (7,5YR4/6, 29% and 7,5YR5/8, 71%) and inclusion (0, 14% and 5, 86%).

Horizon Bt₄:

It has characteristics with one component only such as texture (FA, 100%), color in dry (7,5YR5/6, 100%), color in wet (5YR4/6, 100%), structure (B2f, 100%), consistency in dry (3, 100%), consistency in wet (2, 100%),

100%), consistencia en húmedo (2, 100%), consistencia en mojado (2a2, 100%), películas de arcilla (Pf, 100%), reacción al HCl 10% (0, 100%), raíces (p, 100%), actividad biológica (p, 100%) y límite (CP, 100%), hasta caracteres con dos componentes como color en seco (5YR5/6, 29% y 7,5YR5/6, 71%), color en húmedo (7,5YR4/6, 29% y 7,5YR5/8, 71%) e inclusiones (0, 14% y 5, 86%).

Horizonte Bt₄:

Tiene características con un solo componente tales como textura (FA, 100%), color en seco (7,5YR5/6, 100%), color en húmedo (5YR4/6, 100%), estructura (B2f, 100%), consistencia en seco (3, 100%), consistencia en húmedo (2, 100%), consistencia en mojado (2a2, 100%), películas de arcilla (Pf, 100%), reacción al HCl 10% (0, 100%), raíces (p, 100%), actividad biológica (p, 100%) y límite (CP, 100%); descriptor con dos componentes como inclusiones (5, 43% y 10, 57%); y un carácter con tres componentes como es el moteado (0, 42%; 2,5YR4/8, 29% y 5YR5/8, 29%).

Horizonte Bt₅:

Presenta caracteres con solo componente como textura (FA, 100%), color en seco (5YR5/6, 100%), color en húmedo (7,5YR4/6, 100%), estructura (B2f, 100%), consistencia en seco (3, 100%), consistencia en húmedo (2, 100%), consistencia en mojado (2a2, 100%), película de arcilla (Pf, 100%), inclusiones (10, 100%), reacción al HCL 10% (0, 100%), raíces (p, 100%), actividad biológica (p, 100%) y límite (0, 100%); características con tres componentes como moteado (0, 14%; 2,5YR4/8, 72% y 2,5YR5/8, 14%).

El análisis de la serie por horizonte presenta menor variabilidad, lo

consistency in damp (2a2, 100%), films of clay (Pf, 100%), reaction to HCl 10% (0, 100%), roots(p, 100%), biological activity (p, 100%) and limit (CP, 100%); descriptor with two components such as inclusions (5, 43% and 10, 57%); and a trait with three components such as spotted (0, 42%; 2,5YR4/8, 29% and 5YR5/8, 29%).

Horizon Bt₅:

It has traits with one component only such as texture (FA, 100%), color in dry (5YR5/6, 100%), color in wet (7,5YR4/6, 100%), structure (B2f, 100%), consistency in dry (3, 100%), consistency in wet (2, 100%), consistency in damp (2a2, 100%), film of clay (Pf, 100%), inclusions (10, 100%), reaction to HCL 10% (0, 100%), roots (p, 100%), biological activity (p, 100%) and limit (0, 100%); characteristics with three components such as spotted (0, 14%; 2,5YR4/8, 72% and 2,5YR5/8, 14%).

The analysis of the series by horizon has lower variability, which originates in the soil a high homogeneity in their morphological traits. Variations in the different horizons are due to the following causes:

a) The own variations on the series of the soil, such as color in dry Ap, Bt1, Bt2 and Bt3; color in wet Bt1, Bt2 and Bt3; spotted in Bt4 y Bt5; inclusion in Bt2, Bt3 and Bt4; roots in Ap, Bt1 and Bt2; biological activity in Ap, Bt1 and Bt2, are related to the won changes with the depth, that originate increments in the diversity of layers, by effects of the antropic activity and meso-organisms that explain huge variations in depth, color and consistency between the superficial soil and the subjacent horizons.

que origina en el suelo una alta homogeneidad en sus características morfológicas. Las variaciones en sus diferentes horizontes se deben a las siguientes causas:

a) Las variaciones propias dentro de las series de suelos entre cuales tenemos el color en seco en Ap, Bt1, Bt2 y Bt3; color en húmedo en Bt1, Bt2 y Bt3; moteado en Bt4 y Bt5; inclusiones en Bt2, Bt3 y Bt4; raíces en Ap, Bt1 y Bt2; actividad biológica en Ap, Bt1 y Bt2, están asociadas a los cambios propios con la profundidad, que originan aumentos en la diversidad entre estratos, por los efectos de la actividad antrópica y de mesoorganismos que explican grandes variaciones en la profundidad, color y consistencia entre el suelo superficial y los horizontes subyacentes (Nkem, 2000).

b) La presencia de inclusiones en suelos estrechamente similares (taxajunto), y de suelos disimilares (variantes) que pueden ser no limitantes, tales como se expresan en la variabilidad encontrada en la textura en Bt1; y consistencia en seco en Bt1 (Chacón, 1994).

Conclusiones

La caracterización morfológica de la unidad taxonómica seleccionada fue fundamental para la definición de la serie de suelos, la cual fue reclasificada como *Typic Paleargids, francosa fina, caolinítica, isohipertérmica*, serie San Francisco.

Las características morfológicas para la serie como un todo tienen la más alta variabilidad, por cuanto en

b) The presence of inclusions in very similar soils (taxajunto), and different soils (variants) that might not be limiting factor, as expressed in the variability found on the texture Bt1; and consistency in dry e (Chacón, 1994).

Conclusions

The morphological characterization of the taxonomic unit selected was essential for defining the series of soil, which was classified as *Typic Paleargids, fine loamy, kaolinitic, isohypertermic, San Francisco series*

The morphological characteristics for the series as a whole have the highest variability, in those are considered the differences between master horizons and other diagnosed characteristics; while when analyzed as a horizon, these present a high homogeneity that define the series of the soil.

The morphology by horizons present in the superficial layers a lower homogeneity compare to the sub-superficial due to the antropic influence, which deviations might be considered as own variations of the series or variations of the inclusions of soils presented.

End of english version

ella se consideran las diferencias entre horizontes maestros y otras características diagnósticas; mientras que al analizarlo por horizontes, las mismas presentan una alta homogeneidad, que define a la serie de suelo.

La morfología por horizontes presenta en las capas superficiales una menor homogeneidad en comparación con los subsuperficiales, debido a la influencia antrópica, cuyas desviaciones pueden ser considerada como variaciones propias de la serie o variaciones de las inclusiones de suelos presentes.

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 y J.P. Tandarich. 2005. Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma* 124: 23-36.
- Ewel, J. y A. Madrid, 1968. Zonas de vida de Venezuela. MAC., Dirección de Investigación. Caracas-Venezuela.
- FAO. 2006. Guidelines for Soil description Fourth edition-Rome. Italy. 98p.
- 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. LUZ. Maracaibo. Venezuela. 130 p.
- Heald, W.R. 1965. Calcium and Magnesium. Pp. 999-1010. En: Black C.A., D.D. Evans, White, J.L., L.E: Ensminger y F.E. Clark (Eds). *Methods of soil analysis*. Part 2. American Society of Agronomy. Madison. USA.
- Helmke, P:A y D.L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Pp. 551-554. En: Birgham J.M. (Ed). *Methods of soils analysis: Part 3*. Chemical Methods. SSSA, Madison, USA.
- Ibáñez J.J., S. De-Alba, F.F. Bermúdez and A. García-Alvarez. 1995. Pedodiversity: concepts and measures. *Catena* 24: 215-232.
- International Soil Reference Information Center (ISRIC).1993. Procedure for soil analysis. L.P. van Reewijk (Ed). Technical Paper. Wageningen, Holland.
- Jiménez, L., N. Noguera y W. Peter. 1994. Caracterización física, química, mineralógica y micromorfológica de horizontes argílicos, altiplanicie de Maracaibo. Facultad de Agronomía. LUZ. Maracaibo. Venezuela. 150 p. floresta@cantv.net.
- Larreal R.M.H. 2005. Definición y establecimiento de la serie San Francisco en la altiplanicie de Maracaibo, sector semiárido. Facultad de Agronomía. LUZ. Maracaibo. Venezuela. 106 p.
- Larreal R.M.H. 2006. Definición y establecimiento de la serie Los Cortijos en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Diplomado estudios avanzados. UPM-LUZ. Maracaibo. Venezuela. 104 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.
- Larreal, R.M.H. 2009. Variación física de un suelo de la definición de la serie de la Los Cortijos, sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Facultad de Agronomía, UDO. Maturín, Venezuela, Registro 0961. 27p.
- Larreal, R.M.H. 2011. Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Universidad

- Politécnica de Madrid (UPM). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA). Tesis Doctoral. 221pp.
- Nelson, D.W. y L.E. Sommer. 1996. Total carbón, organic carbón and organic matter. pp 961-1010. En: Birgham J. M. (Ed). Methods of soils analysis: Part 3. Chemical Methods. SSSA, Madison, USA.
- Nkem J.N., L.A. Lobry de Bruyn, C.D. Grant , N.R. Hulugalle. 2000. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. *Pedobiología* 44, 609–621.
- Noguera, N. 1989. Principios básicos de agrología. Facultad de Agronomía. LUZ. Maracaibo. 128 p.
- SAS Institute Inc. 2003. Procedures guie. Release, 9.1. Edition. Cary NC. USA.
- Summer, M.E. y W.P. Miller. 1996. Cation exchange coefficients. pp. 1201-1229. En: Birgham, J.M. (Ed). Methods of soils analysis: Parts 3. Chemical Methods. SSSA, Madison, USA.
- Thomas, G.W. 1996. Soil acidity. pp 417-435. En: Birgham J.M. (Ed). Methods of soils analysis: Part 3. Chemical Methods. SSSA, Madison, USA.
- U.S.D.A. 2006. Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. Natural resources conservation service. Washington, D.C. 21 p.
- U.S.D.A. 1993. Soil conservation service. Soil Survey Manual. Chapter 10. Washington, D.C. 21 p.
- USDA. 2007. Munsell soil color charts. Macbeth division of kollmorgan instruments corporation. New York. U.S.A. 25 p.