

---

# HOMOGENEIDAD MORFOLÓGICA DE SERIES DE SUELOS, ALTIPLANICIE DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA

Jaimes, E.J.<sup>1</sup>; Pineda, N.M.<sup>1</sup>; Larreal, M.H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NURP-ULA

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía (LUZ)

jaimes.5060@gmail.com

## Resumen

El objetivo de la investigación es determinar la homogeneidad morfológica de tres series de suelos (Maracaibo, Los Cortijos y San Francisco), localizadas en el sector semiárido (bosque muy seco tropical) de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Las unidades taxonómicas (familias de suelo) que identifican a estas series son: *Typic Paleargids*, francosa fina, caolinítica, isohipertérmica (Maracaibo y San Francisco) y *Typic Paleargids*, arcillosa fina, caolinítica, isohipertérmica (Los Cortijos). Se describieron diez perfiles de suelo por serie, en los que se identificaron dieciséis características morfológicas. Se aplicó el Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM), basado en el análisis de componentes principales, para calcular la homogeneidad entre las series en estudio y en cada uno de los perfiles de suelo descritos en ellas. Se determinó la contribución de las variables morfológicas en la homogeneidad de las mismas. Los resultados permiten determinar una secuencia de homogeneidad entre las series de suelo, así: Serie San Francisco > Serie Los Cortijos > Serie Maracaibo. El IHM resultó una herramienta útil para determinar la homogeneidad morfológica de las series de suelo, además de conocer la contribución que hacen a la misma las características morfológicas descritas en sus horizontes y perfiles de suelo. Las secuencias de homogeneidad obtenidas en este estudio, junto a las de homogeneidad fisicoquímica determinada en otro trabajo realizado con las mismas series, constituyen las bases para la definición de unidades taxonómicas de suelo a nivel de serie, que contribuirían de manera eficaz en la correlación de suelos en el ámbito local, regional y nacional.

**Palabras clave:** índice de homogeneidad múltiple, correlación de suelos, aridisoles

## Introducción

La serie de suelo es la categoría más homogénea de la taxonomía de suelos en virtud de que son una colección específica de cuerpos naturales de suelo que poseen un conjunto particular de características morfológicas, fisicoquímicas y mineralógicas, cuyo rango de variación es muy estrecho [Porta *et al.*, (2008)].

En efecto, los suelos que conforman una serie en particular tienen perfiles que son similares en sus características, particularmente en sus aspectos morfológicos tales como: espesor, textura, color, consistencia, presencia o ausencia de morfones (inclusiones y cutanes), actividad biológica, contenido de raíces, secuencia y contrastes dentro y entre los horizontes del perfil de suelo [Larreal *et al.*, (2010)].

Según Larreal (2011) en Venezuela los estudios detallados a nivel de serie de suelo son escasos y usan criterios desactualizados, contribuyendo en la proliferación de estos taxones de suelo que además tienen definiciones deficientes que poco contribuyen en la correlación de suelos a nivel local, regional y nacional.

El objetivo de esta investigación fue determinar el grado de homogeneidad morfológica de tres series de suelos (San Francisco, Los Cortijos y Maracaibo) localizadas en la altiplanicie de Maracaibo, dentro de la cual se desarrolla un proyecto de alta inversión con el fin de poner en marcha un sistema de riego presurizado para 50.000 hectáreas, en virtud del alto potencial agropecuario de estas tierras.

## Materiales y métodos

La zona de estudio está ubicada al norte de la cuenca del Lago de Maracaibo, en el sector semiárido, cubriendo los municipios Mara, Cañada de Urdaneta, Maracaibo y San Francisco, del estado Zulia, Venezuela. Está enmarcada en un paisaje de altiplanicie caracterizado por la uniformidad de su relieve, diferenciándose en la actualidad por la acción de los procesos erosivos, sin embargo los suelos son muy homogéneos.

Se seleccionaron tres series de suelo identificadas como Maracaibo [Materano *et al.*, (1985)]; Los Cortijos [Larreal, 2007] y San Francisco [Larreal, (2005)]. Se describieron diez perfiles de suelos por cada serie, con seis horizontes cada uno. Los mismos pertenecientes a las series Los Cortijos y San Francisco se alinearon equidistantes 100 metros en transeptos perpendiculares al sentido de ocurrencia de la geodinámica que originó a los depósitos sedimentarios de la altiplanicie de Maracaibo. En la serie Maracaibo los perfiles fueron ubicados en cuadrículas. La profundidad de los mismos fue de 2 metros, igual para todas las series de suelo seleccionadas.

Las muestras de suelo colectadas fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Departamento de Ingeniería de Suelo y Agua, de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

Las características morfológicas descritas en los horizontes de los perfiles de las series de suelo, son: textura (Tex.); color hue seco (CHS) y húmedo (CHH); color valú seco (CVS) y húmedo (CVH); color croma seco (CCS) y húmedo (CCH); desarrollo (DE) y tamaño (TE)

de la estructura; consistencia en seco (Cs), en húmedo (Ch), adhesividad (Cm Adh) y plasticidad en mojado (Cm Pla); películas de arcilla (Pel A); contenido de raíces (Rai) y actividad biológica (A Bio).

Los símbolos entre paréntesis serán los referentes utilizados en el análisis de los resultados indicados más abajo.

Los suelos fueron clasificados hasta el nivel de familia de acuerdo con los criterios del USDA (2010).

La caracterización pedológica, taxonomía y uso actual de las series de suelo seleccionadas para este estudio, se indica a continuación:

**Serie Maracaibo.** Fue descrita por Materano *et al.*; (1985). Sus suelos presentan un horizonte Ap (epipedón ócrico) de 12 a 23 cm de espesor, fuertemente mezclado por la actividad agrícola a que están sometidos, con una alta descomposición de la materia orgánica a causa de las condiciones climáticas de la zona tropical y la actividad biológica; de color marrón amarillento oscuro en húmedo y no estructurado. El horizonte B (endopedón argílico) está muy desarrollado y se extiende desde la base del Ap hasta 2 m o más de profundidad, con un moderado desarrollo estructural, detectándose a nivel de campo la presencia de películas de arcilla en todos los horizontes B y aumentando su presencia a mayor profundidad, formándose el horizonte Bt de color rojo oscuro (húmedo), y estructura en bloques sub angulares, moderada y media.

Los perfiles descritos en la serie son de textura areno francosa en su superficie, cambiando a franco y franco arcillo

arenoso a mayor profundidad. Presenta mucha actividad biológica en el primer horizonte, que se vuelve frecuente y poca en los restantes horizontes. Para fines de correlación, la serie Maracaibo quedó establecida como Serie Zu-1 (E), Typic Paleargids, francosa fina, caolínica, isohipertérmica [Schagerl y Arnold, (1973); Schagerl, (1991); USDA, (2010)].

Tiene una extensión aproximada de 810 hectáreas y está distribuida en los municipios Maracaibo y San Francisco. El uso predominante es el pecuario extensivo (ovinos y caprinos), combinado con una producción agrícola intensiva de riego para la producción de frutales como la Uva (*Vitis vinífera L.*), el Limón (*Citrus aurantifolia*), Mango (*Mangifera indica L.*) y Níspero (*Achnas zapota*).

**Serie Los Cortijos.** Los atributos morfológicos de la serie fueron reconocidos y descritos por Larreal (2007), “Los suelos tienen un horizonte Ap (ócrico) 10 a 20 cm de profundidad, fuertemente mezclado por actividad agrícola, con materia orgánica descompuesta; de color marrón amarillento en húmedo y no estructurado; con un horizonte Bt (argílico) de color marrón fuerte en húmedo y estructura blocosa, moderada, fina y media, muy desarrollado a partir de los 15 cm hasta una profundidad mayor a los 2 m. La textura es franco arenosa en el epipedón y franco arcilloso, a mayor profundidad. Presenta mucha y frecuente actividad biológica en los tres primeros horizontes y poca en los restantes horizontes”.

Para fines de correlación, la serie Maracaibo quedó establecida como Serie

Zu-1 (E), Typic Paleargids, arcillosa fina, caolinítica, isohipertérmica [Schagerl, (1973); Schagerl, (1991); USDA, (1993) y (2010)].

“Tiene una extensión aproximada de 659 hectáreas y está distribuida en los municipios Maracaibo y San Francisco. Existen áreas de bosques intervenidos y rastrojos. El uso predominante es cultivos bajo riego como el ají dulce (*Capsicumm annum*), yuca (*Manihot esculenta*) y limón (*Citrus aurantifolia*)”. (pág. 346)

**Serie San Francisco.** Fue descrita por Larreal (2005).” Se caracteriza por un horizonte Ap (ótrico), de 10 a 25 cm de profundidad, de color marrón amarillento oscuro en húmedo; con un horizonte Bt (argílico) muy desarrollado que va de la base del Ap hasta 2 m o más de profundidad, con un moderado desarrollo estructural, de color rojo amarillento en húmedo y estructura blocosa su angular, moderada, fina y media; con predominio de textura franco arenosa superficial y franco arcilloso a mayor profundidad. Presenta frecuentemente actividad biológica en superficie y poca en los restantes horizontes.

Para fines de correlación, la serie Maracaibo quedó establecida como Serie Zu-1 (E), Typic Paleargids, francosa fina, caolinítica, isohipertérmica [Schagerl, (1973); Schagerl, (1991); USDA, (1993) y (2010)].

Tiene una extensión aproximada de 743 hectáreas y está distribuida en los municipios Maracaibo y San Francisco. Tiene un uso pecuario de ovinos y caprinos extensivo con pastos naturales y pecuario de bovinos semi-intensivo de riego con pasto estrella (*Cynodon nlmfuensis*). Presenta una agricultura

de riego con la siembra de frutales tales como Limón (*Citrus aurantifolia*), Guayaba (*Psidium guajaba*), y también la siembra de Cilantro (*Coriandrum sativum*) y Ají dulce (*Capsicumm annum*) y Yuca (*Manihot esculenta*),

La homogeneidad morfológica de las series de suelo se determinó mediante el Índice de Homogeneidad Múltiple (IHM), propuesto por Jaimes (1988), “cuya definición está basada en el análisis de componentes principales (ACP; Morrison, 2004). El IHM se define como el producto acumulado de los valores propios ( $\lambda_j$ )  $\geq 1$ . Para este cálculo se multiplica el primer valor propio por el segundo ( $\lambda_1 \times \lambda_2$ ) y el producto obtenido se multiplica por el tercero ( $\lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3$ ) y así sucesivamente hasta utilizar todos los valores propios mayores o iguales a uno”. (pág5)

El valor obtenido es el IHM que es directamente proporcional al número de variables consideradas e inversamente proporcional al tamaño de la muestra (Jaimes y Elizalde, 1991). El IHM expresa el grado de pureza o similitud de sus componentes menores o atributos más simples; mientras mayor sea su valor, mayor es la homogeneidad múltiple del sistema. Algebraicamente el IHM se representa como:

$$IHM = \prod_{j=1}^m \lambda_j \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:  $\Pi$  = producto acumulado de los valores de  $\lambda_j$ ;  $\lambda_j$  = valor propio del j-ésimo componente principal cuya magnitud es  $\geq 1$  y  $m$  = número de componentes principales cuyos valores propios son  $\geq 1$ .

Según Elizalde y Daza (2001) “En razón de su carácter “no paramétrico” (variables discretas) fue necesario codificar con números enteros las apreciaciones cualitativas realizadas durante la descripción de los atributos morfológicos en los horizontes de suelos de los perfiles muestreados. Para calcular el IHM de cada una de las series seleccionadas se utilizó el Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierras (SIAHT, versión 2.0).”(Pág. 20)

## Resultados y Discusión

Los resultados de la aplicación del IHM a los datos morfológicos provenientes de los perfiles descritos en las series de suelo seleccionadas para este estudio están indicados en las Tablas 1, 2 y 3.

En la Tabla 1 pueden identificarse los perfiles de suelo que mayor y menor aporte hacen a la homogeneidad de cada una de las series, por ejemplo: las características morfológicas de los perfiles 1 y 2 son las que más

contribuyen en la magnitud del IHM de la serie Maracaibo; las de los perfiles 2 y 3 en la serie Los Cortijos mientras que en la serie San Francisco son las de los perfiles 1, 3, 6 y 9.

Por su parte, el aporte específico de las características morfológicas considerando la totalidad de los perfiles de suelo por cada serie puede ser observado en la Tabla 2, destacándose el aporte que hacen a la homogeneidad de las series los componentes del color del suelo en condición húmeda (CVH, CCH y CHH) y en condición seca (CCS, CVS y CHS).

La Tabla 3. Permite reconocer el mayor o menor aporte que hacen a la homogeneidad de las series en estudio las características morfológicas identificadas en sus horizontes de suelo. Así, la morfología de los horizontes Bt<sub>3</sub>, Bt<sub>4</sub> y Bt<sub>5</sub>, son determinantes de los valores de IHM para la serie Maracaibo; Ap, Bt<sub>3</sub> y Bt<sub>5</sub> lo son para la serie Los Cortijos y, por último, Ap, Bt<sub>1</sub> y Bt<sub>5</sub>, lo son para la serie San Francisco.

**Tabla 1.** Homogeneidad morfológica de las series y de sus perfiles de suelo.

Perfiles de suelo	Series de suelo y sus valores de (IHM)		
	Maracaibo (17,5)	Los Cortijos (32,2)	San Francisco (35,3)
	<b>IHM por perfil de suelo, dentro de cada serie</b>		
<b>Perfil 1</b>	22,93	35,38	78,39
<b>Perfil 2</b>	20,87	36,23	34,40
<b>Perfil 3</b>	16,52	40,11	57,85
<b>Perfil 4</b>	16,52	35,38	39,85
<b>Perfil 5</b>	16,52	24,56	39,85
<b>Perfil 6</b>	16,52	31,06	41,29
<b>Perfil 7</b>	16,52	35,37	39,85
<b>Perfil 8</b>	14,04	35,38	39,85
<b>Perfil 9</b>	16,52	35,38	45,38
<b>Perfil 10</b>	16,52	35,38	36,79

**Tabla 2.** Aporte de las variables morfológicas a la homogeneidad de las series de suelo.

Series	IHM	Secuencias de aporte a la homogeneidad morfológica*
<b>Maracaibo</b>	17,5	CVH > CCH > Tex > CCS > Pel A > CVS = CHS = CHH
<b>Los Cortijos</b>	32,2	CVH > CCH > Rai > A Bio > Tex > Pel A > CHS = CVS
<b>San Francisco</b>	35,3	CCS > DE > CHS > CHH > Cs = Ch > CVH > TE

(\*) Ver leyenda de símbolos en la sección de materiales y métodos

**Tabla 3.** Homogeneidad morfológica por horizonte de suelo y por serie.

Horizontes de suelo	Series de suelo (IHM)		
	Maracaibo (17,5)	Los Cortijos (32,2)	San Francisco (35,3)
	<b>IHM por horizontes de suelo, dentro de cada serie</b>		
<b>Ap</b>	15,33	16,05	26,31
<b>Bt<sub>1</sub></b>	14,86	15,00	26,31
<b>Bt<sub>2</sub></b>	15,18	15,00	18,49
<b>Bt<sub>3</sub></b>	16,00	46,67	16,00
<b>Bt<sub>4</sub></b>	16,00	15,00	16,00
<b>Bt<sub>5</sub></b>	16,00	16,00	24,40

De acuerdo con los resultados indicados en las Tablas 1, 2 y 3 la secuencia de homogeneidad morfológica entre las series de suelo, tiene el orden siguiente: Serie San Francisco > Serie Los Cortijos > Serie Maracaibo

En la Tabla 4; se evidencia el ordenamiento específico del aporte de las características morfológicas a la homogeneidad de los horizontes de suelo que conforman cada una de las series en estudio, constituyendo estas secuencias las bases técnicas para determinar los criterios requeridos en la definición y establecimiento de series de suelo, bajo las condiciones

semiáridas del trópico venezolano, particularmente en la altiplanicie de Maracaibo, contribuyendo de esta forma en el proceso de correlación de series de suelo a nivel local, regional y nacional.

**Tabla 4.** Secuencias de homogeneidad morfológica por horizonte y por series.

<b>Serie (IHM)</b>	<b>Horiz. (IHM)</b>	<b>Secuencias de aporte a la homogeneidad morfológica (*)</b>
<b>Maracaibo (17,5)</b>	Ap (15,33)	Igual para todas, excepto CVS por su mínimo aporte
	Bt <sub>1</sub> (14,86)	Igual para todas, excepto CCS > CHH
	Bt <sub>2</sub> (15,18)	CVS = DE > a todas, sin Rai y A Bio por su mínimo aporte
	Bt <sub>3</sub> (16,00)	Igual para todas, excepto Tex por su mínimo aporte
	Bt <sub>4</sub> (16,00)	CCS = DE = Cs > a las demás con igual aporte
	Bt <sub>5</sub> (16,00)	DE > a las demás con igual aporte
<b>Los Cortijos (32,2)</b>	Ap (16,05)	CCH = Cm Pla = Rai > a las demás con igual aporte
	Bt <sub>1</sub> (15,00)	Igual para todas, excepto A Bio cuyo aporte es nulo
	Bt <sub>2</sub> (15,00)	CVH > a las demás, excepto Rai cuyo aporte es mínimo
	Bt <sub>3</sub> (46,67)	CVH = CCH = Rai = A Bio > a las demás con igual aporte
	Bt <sub>4</sub> (15,00)	Igual para todas, excepto A Bio cuyo aporte es nulo
	Bt <sub>5</sub> (16,00)	Igual para todas, excepto A Bio cuyo aporte es nulo
<b>San Francisco. (35,3)</b>	Ap (26,31)	CCS = CCH > a las demás con igual aporte
	Bt <sub>1</sub> (26,31)	CCS = CCH > a las demás, con igual aporte
	Bt <sub>2</sub> (18,49)	CVH = CCH = A Bio > Rai > a las demás con igual aporte
	Bt <sub>3</sub> (16,00)	Igual para todas
	Bt <sub>4</sub> (16,00)	Igual para todas
	Bt <sub>5</sub> (24,40)	TE > CHH = CVH = CHV > a las demás con igual aporte

(\*) Ver leyenda de símbolos en la sección de materiales y métodos

En términos generales, los resultados antes discutidos permitieron comprobar que las tres series de suelo analizadas son unidades taxonómicas independientes, con grados de homogeneidad morfológica específica para cada una.

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el IHM es una herramienta útil para determinar la homogeneidad

morfológica intrínseca de unidades taxonómicas clasificadas hasta el nivel de serie de suelo, además de precisar la contribución que hacen a la

homogeneidad estas características en los horizontes y perfiles de suelo que conforman la población edáfica de las series seleccionadas para este estudio.

Las secuencias de homogeneidad obtenidas en este estudio, junto a las de homogeneidad fisicoquímica determinada en otro trabajo realizado con las mismas series, constituyen las bases para la definición de unidades taxonómicas de suelo a nivel de serie, que contribuirían de manera eficaz en la correlación de suelos en el ámbito local, regional y nacional.

### **Agradecimiento**

Los autores de este trabajo expresan su agradecimiento al FONACIT por la subvención tipo S2, otorgada de acuerdo al Convenio PC N° **201200531-112-157**

### **Referencias Bibliográficas**

Elizalde, G.; Daza M.( 2001). Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierras. SIAHT, Versión 2.1. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 20 pp.

Jaimes, E. (1988). Determinación de índices de homogeneidad múltiples globales en sistemas pedogeomorfológicos de la Cordillera de la Costa, Serranía del Litoral Central. Tesis de Doctorado. Postgrado en Ciencias del Suelo, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.

Jaimes, E Elizalde G.(1991). Procedimiento para calcular el Índice de Homogeneidad Múltiple en sistemas

pedogeomorfológicos. Revista. Agricultura Andina. 6: 47-64.

Larreal, M.(2011). Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 221p

Larreal, M; Gómez A; Noguera N & Jiménez L.(2010). Criterios técnicos basados en la morfología de perfiles de suelo para la definición de la serie Los Cortijos, sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 27: 360-383.

Larreal, M. (2007). Definición y establecimiento de la serie de suelo Los Cortijos en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo. Convenio UPM – LUZ. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

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

Materano , G; Peters W; & Noguera N.( 1985). Estudio detallados de suelos terrenos de la Ciudad Universitaria de LUZ. Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Morrison, DF (2004). Multivariate statistical methods.4ª ed. Brooks Cole Thomson, California, EEUU.

Porta, J; Lopez-Acevedo M.; Porch, RM. (2008). Introduction a la edafología, uso y protection del suelo . Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.



Schargel, R. & Arnold R. (1973). Normas para la correlación de series en los estudios de suelos. Ministerio de Obras Públicas, División de Edafología. Guanare, Venezuela.

Schargel, R. (1991). Los estudios de suelos a nivel de finca. En: II Seminario sobre Clasificación Interpretativa

de Suelos con Fines Agropecuarios. Maracay, Venezuela.

USDA. (2010). Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. Natural Resources Conservation Service. (Eleventh edition), Washington, D.C. USA. 346 pp.