



PROPIEDADES FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DE UN SUELO BAJO DOS POSICIONES FISIAGRÁFICAS EN TURÉN VENEZUELA

Betty Mendoza¹, Elena Vera¹, Alberto Chasaigne², Duilio Torres¹✉

¹. Universidad "Lisandro Alvarado" (UCLA), Facultad de Agronomía, Departamento de Química y Suelos; ² Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Ciudad Nezahualcóyotl-México

✉: bmendoza@ucla.edu.ve

Palabras clave:
siembra directa;
conductividad hidráulica;
materia orgánica; biomasa microbiana.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de la posición fisiográfica en dos sistemas de labranza sobre los cambios en los atributos físicos y biológicos del suelo. Se recolectaron muestras alteradas y no alteradas de suelo en dos posiciones fisiográficas de la Colonia Agrícola de Turén; napa baja (NB) y napa alta (NA), ubicadas en dos sistemas de labranza: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD). En cada posición fisiográfica se muestrearon 9 puntos. En cada uno se tomaron muestras de suelo a dos profundidades 0 – 10 y 10 – 20 cm, con tres repeticiones. Las variables físicas evaluadas fueron porosidad (f); macroporosidad (fa); microporosidad (fm); densidad aparente (da); conductividad hidráulica saturada (Ks); las variables biológicas materia orgánica (MO), carbono biomasa microbiana (CBm) y respiración basal (C-CO₂). Para estudiar la asociación entre las variables se realizaron análisis de correlación de Pearson. Los resultados obtenidos muestran que el contenido y distribución de CO fue influenciado por la posición fisiográfica, la acumulación de carbono orgánico en la capa superficial mejoró las propiedades físicas del suelo. Se encontró una correlación positiva entre el contenido de carbono orgánico y las propiedades físicas evaluadas y de estas con los atributos biológicos.

PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER TWO POSITIONS PHYSIOGRAPHIC VENEZUELA TUREN.

Key words:
no tillage; hydraulic conductivity; organic matter; microbial biomass

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of physiographic position in two tillage systems on changes in physical and biological soil attributes. Disturbed samples were collected and undisturbed soils into two physiographic positions Turén Agricultural Colony; lows Sheet (NB) and high sheet (NA), located in two tillage systems: conventional tillage (CT) and no tillage (NT). In each physiographic position 9 points were sampled. 10 and 10-20 cm, with three replications in each soil samples at two depths were taken. The physical variables were porosity (f); macroporosity (fa); microporosity (fw); bulk density (da); saturated hydraulic conductivity (Ks); biological variables microbial biomass carbon (CBm) and basal respiration(C-CO₂). To study the association between variables Pearson correlation analysis were performed. The results show that the content and distribution of CO was influenced by the physiographic position, accumulation of organic carbon in the surface layer of the improved soil physical properties. A positive correlation between organic carbon content and properties found physical and evaluated these with biological attributes.

SUELOS
ECUATORIALES
45 (1): 1-9

ISSN 0562-5351

Rec.: 04.11.2014

Acep.: 24.03.2015

INTRODUCCIÓN

El manejo de suelo en la zona agrícola de Turén en los llanos occidentales venezolanos se ha caracterizado por el uso intensivo de maquinaria agrícola, que implica de 3 a 5 pases de rastras (Ospina et al. 2011); esto ha conllevado a un deterioro de la calidad física del suelo creando problemas de compactación del suelo (Ji et al. 2013), infiltración (Fan et al. 2013), aguachinamiento (Pérez & Florentino, 2013), deterioro estructural del suelo (Pulido et al. 2011) y erosión (Huggins & Reganold, 2008).

Para revertir esta situación, en la zona se han propuesto sistemas de siembra directa, cuyo propósito es minimizar la perturbación del suelo (Martínez et al. 2008), lo cual unido al incremento de los aportes de residuos orgánicos, permite a largo plazo la recuperación del suelo (Salvo et al. 2010), mejorando la estructura del mismo (Badalucco et al. 2010), aumentando la infiltración (Moussa-Machraoui et al. 2010) y disminuyendo los problemas de erosión (Morell et al. 2011), así mismo el mejoramiento de la calidad física del suelo, mejora las condiciones para el desarrollo de los microorganismos, por lo que un suelo con mejores condiciones físicas, presentará una mayor actividad biológica.

Uno de los indicadores más sensible a los cambios en la calidad física del suelo son los atributos biológicos, por lo tanto cualquier actividad que afecte positiva o negativamente el hábitat de la microflora se traduce en cambios en la actividad de biológica del suelo (Babujia et al. 2010), se ha reportado que los sistemas de labranza que afectan negativamente las propiedades físicas del suelo, reducen la actividad biológica del mismo (Hamsa et al. 2011), mientras que los sistemas de mínima labranza promueven condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos (Benjamin et al. 2008; He et al. 2011).

El objetivo de esta investigación fue cuantificar los cambios en las propiedades físicas y su relación con las propiedades biológicas de un suelo de la Colonia Agrícola de Turén debido al efecto de la posición fisiográfica en dos sistemas de labranza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del sitio de estudio

El estudio tuvo lugar en un suelo *Fluventic Haplusteps*, limoso, fino, mixto calcáreo isohipertérmico, bajo dos sistemas de labranza, labranza convencional (LC) y labranza cero o siembra directa (SD), ubicado en la Colonia Agrícola de Turén, Municipio Turén, estado Portuguesa, Venezuela, coordenadas entre 9° 00'16" y 9° 29'04" de latitud norte y los 68° 39' 50" y 69° 12' 17" de longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 160 m, una precipitación anual promedio de 1.424 mm

y una temperatura media anual de 27°C. Desde el punto de vista de su fisiografía, se encuentra ubicado en la planicie aluvial de desborde del río Acarigua (Cano et al. 1974), con poca pendiente general (inferior al 0,3%) y la topografía regular y plana. Se seleccionaron dos sitios de muestreo en cada sistema de manejo en función de su posición fisiográfica, tomando como referencia la parte alta y la baja de la napa de limo de desborde (Gásperi & Graterol 1973) sobre la cual se identificó el suelo.

Descripción de los sistemas de manejo agrícola en dos predios de la Colonia Agrícola de Turén.

Siembra directa: Diez años sin labranza. Rotación maíz (*Zea mays* L) girasol (*Helianthus annuus*), maíz-leguminosa. Herbicida pre-emergente glifosato 2 L ha⁻¹ con 2,4D 500 cc ha⁻¹. Post-emergente atrazina 1 kg ha⁻¹, dos aplicaciones. Fertilización durante la siembra (10-20-20) 300 kg ha⁻¹ y urea 100 kg ha⁻¹. Reabono, 150 kg ha⁻¹ de urea a los 25 días después de la siembra, 50 kg ha⁻¹ de KCl, aplicación de abono foliar. Semilla tratada con thiodicarb + imidacloprid. Quema de residuos de cosecha de maíz. Residuos de girasol permanecen en la superficie. Siembra de maíz en junio. Densidad de siembra 80.000 semillas ha⁻¹.

Labranza convencional: Tres o dos pases de rastra (profundidad 10 – 15 cm). Rotación maíz-girasol. Herbicida pre-emergente pendimethalin 3 L ha⁻¹. Post-emergente atrazina 1 kg ha⁻¹. Fertilización durante la siembra (10-20-20) 300 kg ha⁻¹, y 15 DDS urea 150 kg ha⁻¹. Semilla sin pre-tratamiento. Quema de residuos de cosecha de maíz y girasol. Siembra de maíz en junio. Densidad de siembra 80.000 semillas ha⁻¹.

Diseño muestreo de suelo: Se realizó un muestreo, en la napa alta (NA) y napa baja (NB) de cada sistema de manejo se delimitó un área de 900 m² que se dividió en cuadrículas de 3 x 3 puntos, distanciados a 10 m entre sí, para un total de 9 puntos de muestreo. El muestreo de suelo se realizó antes de la siembra de maíz. En cada punto se tomaron muestras de suelo disturbadas y no disturbadas a dos profundidades 0 – 10 y 10 – 20 cm, con tres repeticiones. Las muestras para las determinaciones biológicas fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas del decanato de Agronomía de la UCLA (UISNMP).

Atributos físicos evaluados: Para la determinación de los atributos físicos: distribución de tamaño de partículas, porosidad, distribución de tamaño de poros, densidad aparente y conductividad hidráulica saturada del suelo se utilizaron las muestras

de suelo no disturbadas, obtenidas a partir de un muestreador tipo Uhland, siguiendo la metodología descrita por Pla (1983).

Atributos biológicos evaluados: A las muestras disturbadas de suelo se les determinó la materia orgánica (MO) por el método de Walkley & Black (1934), la respiración basal (C-CO₂) según el método de Alef (1995) midiendo el CO₂ liberado mediante la utilización de una trampa de álcali, la biomasa microbiana (CBm) fue determinada por el método de respiración inducida del sustrato (Anderson & Domsch 1978).

Análisis de los datos: El análisis estadístico consistió en realizar un análisis de varianza según el muestreo realizado, mediante comparación de las posiciones fisiográficas y profundidades en cada sistema de manejo por separado. El modelo estadístico aplicado se corresponde con un experimento factorial con dos factores: posición fisiográfica (NA y NB) y profundidad (0-10 y 10-20 cm). Para cada combinación de posición y profundidad se tomaron 9 muestras. El modelo estadístico correspondiente es:

$$y_{ijk} = \mu + F_i + P_j + (FP)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

donde

F_i es el efecto debido a la posición fisiográfica,

P_j es el efecto debido a la profundidad,

$(FP)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre la posición y la profundidad, y ε_{ijk} es el error.

En los casos que fue necesario se realizaron comparaciones de medias por la prueba de la diferencia honestamente significativa (DHS) de Tukey (p<0,05). La determinación de la correlación entre los atributos físicos y biológicos se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico Infostat versión 1.1 (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra la distribución de tamaño de partículas del suelo bajo dos posiciones fisiográficas en dos sistemas de labranza. La fracción arena disminuye hacia la parte más baja de la napa, mientras que el limo y la arcilla se incrementan, esto puede ser debido parcialmente a la deposición por la escorrentía desde suelos adyacentes de la parte alta y parcialmente al nivel de erosión del suelo en los sistemas estudiados (Ogban & Babalola 2009).

En los suelos de napa baja se observó un predominio de partículas finas (limos) que favorecen el deterioro estructural del suelo. Pulido *et al* (2009), señalan que suelos con predominio de limo presentan una baja estabilidad estructural y alta susceptibilidad a la separación de partículas cuando son impactados por la gota de lluvia o por mecanización lo cual se ve reflejado en la rápida formación del sello superficial, acompañado de un brusco descenso de la conductividad hidráulica saturada, la labranza convencional afecta negativamente el tamaño y estabilidad estructural del suelo (Cantú *et al.* 2007, Pulido *et al.* 2009), por lo que el deterioro físico del suelo, se ve potenciado.

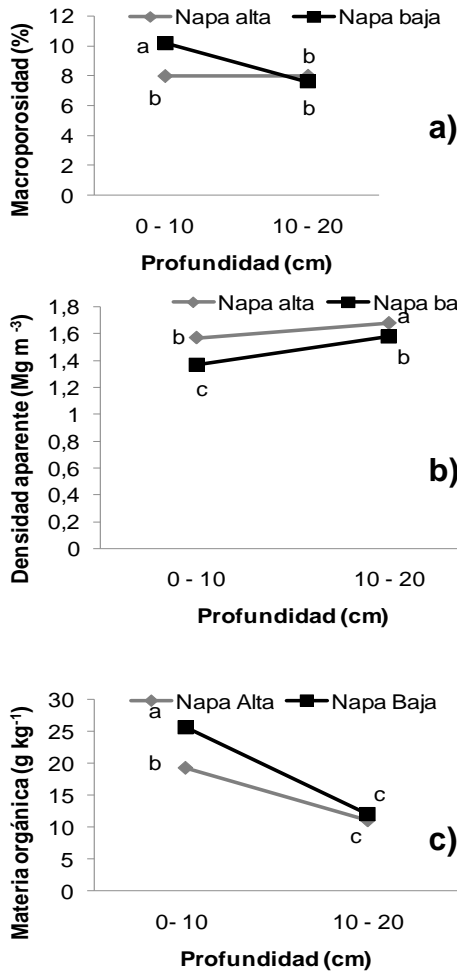
Interacción de posición fisiográfica y profundidad sobre propiedades del suelo

Al evaluar el efecto de las posiciones fisiográficas sobre las propiedades del suelo en cada sistema de manejo se observó un efecto interactivo de la posición con la profundidad sobre la macroporosidad (fa), densidad aparente (da) y contenido de materia orgánica (MO) en siembra directa y porosidad total (f), macroporosidad (fa) y densidad aparente (da) en el sistema de labranza convencional respectivamente. Para los atributos Ks, fw, f, MO, CBm y C-CO₂ el efecto de la posición y la profundidad fue similar en ambos sistemas de manejo. (Figura 1a, 1b, 1c, 2a, 2b y 2c).

Tabla 1. Distribución de tamaño de partículas de un de un suelo bajo dos sistemas de labranza con dos posiciones fisiográficas a dos profundidades.

	Siembra directa				Labranza convencional			
	Napa alta		Napa baja		Napa alta		Napa baja	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
Arena %	47	49	22	27	31	32	9	9
Limo %	38	36	56	52	53	49	59	59
Arcilla %	15	15	22	21	16	19	32	32
Textura	F	F	FL	FL	FL	F-FL	FAL	FAL

1.- Siembra directa (SD)



2.- Labranza convencional (LC)

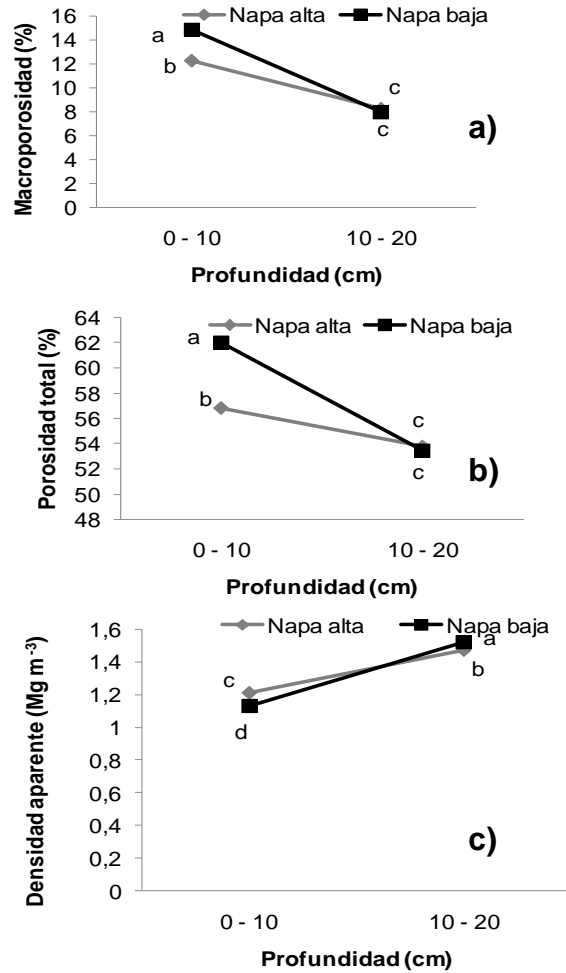


Figura 1a, 1b, 1c, 2a, 2b y 2c. Efecto de la interacción posición fisiográfica * profundidad sobre las propiedades de un suelo bajo dos sistemas de labranza. Distintas letras en la figura indican que son estadísticamente diferentes (p<0,05) según Tukey.

Siembra directa

En la figura 1a y 1b, se observa que el efecto de la siembra directa sobre la calidad del suelo ocurre en los primeros 10 cm del suelo, donde la macroporosidad es significativamente superior con respecto al segundo horizonte, contrario a la densidad aparente. El mejoramiento de la macroporosidad, viene explicado por la no perturbación del suelo, la incorporación de residuos orgánicos (Badalucco *et al.* 2010) y la acumulación de arcilla (Sasal *et al.* 2006) y agentes cementantes como el calcio en las posiciones más bajas (Wuddivira & Camps 2007).

Así mismo, la MO en la capa superficial estuvo influenciada (p<0,05) por la pendiente del paisaje, lo cual favorece la pérdida de CO del suelo de los

residuos dejados en superficie (Watts *et al.* 2010), la quema de residuos también puede favorecer la erosión. En SD el contenido de materia orgánica presentó valores entre 25,7 y 11,1 g kg⁻¹, considerados medios en la capa superficial y bajos en la segunda profundidad (Figura 1c).

Labranza convencional

En la figura 2a, 2b y 2c, se observó una interacción significativa (p<0,05) de la posición fisiográfica y profundidad para las variables f, fa y da. En el sistema de labranza convencional la acumulación de CO contribuyó a mantener la estabilidad estructural del suelo, por lo que el incremento de MO en la capa superficial explica una mayor f y fa con una

correspondiente disminución de la densidad aparente en este sistema, así mismo en la napa baja el predominio de partículas de arcillas está relacionado con los valores más altos de porosidad, debido a la acción de esta como agente enlazante en la formación de agregados.

En la labranza convencional no hubo diferencias atribuidas a la posición, pero existieron diferencias en profundidad, los valores de MO fueron superiores en el primer estrato para ambas posiciones fisiográficas, esto se debe a la limitada entrada de material orgánico en la capa inferior (Urich *et al.* 2010), debido a que en la zona el sistema de labranza empleado es superficial, penetra solo hasta los primeros 5 cm. En el caso de SD el incremento de MO es debido a la acumulación de residuos en superficie. En término de valores absolutos, los valores de MO en el segundo estrato fueron superiores en el sistema de labranza convencional en comparación al sistema de siembra directa, esto se debe a que la incorporación de residuos permite una mejor homogenización de la MO; mientras que en la SD, los residuos son dejados en superficie. De acuerdo con Du Preez *et al.* (2011) los cambios de la MO en el suelo pueden ocurrir en los primeros 30 cm, pero en la mayoría de los casos ocurre en los primeros 5 cm.

Atributos físicos en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD)

En la tabla 2, se presentan los cambios ocurridos para los atributos físicos de suelo bajo dos sistemas de labranza (convencional y siembra directa) en la colonia Agrícola de Turén.

Los valores de conductividad hidráulica (Ks) en ambos sistemas de labranza fueron significativamente más altos en la primera profundidad. En el sistema de labranza convencional los valores de Ks fueron, más altos en la napa baja. Con respecto a la porosidad en el sistema de siembra directa se observó que ésta fue significativamente mayor en la napa baja, encontrando los valores más altos en la primera profundidad. En el caso de la variable microporosidad no se observaron diferencias significativas, en el sistema bajo labranza convencional, mientras que en siembra directa se observaron valores más altos en la primera profundidad y la napa baja.

Los resultados encontrados reflejan los beneficios que se obtienen luego de 20 años bajo siembra directa, dado que la incorporación de MO incrementa la actividad microbiana. Botha *et al.* (2013) señalan que los microorganismos contribuyen a la creación de poros, aumentando la conductividad hidráulica. En la labranza convencional la drástica disminución de la Ks y macroporosidad en la segunda profundidad y el incremento de la densidad aparente evidencian problemas de compactación producto de la excesiva mecanización (Cantero-Martínez *et al.* 2006). El mejoramiento de la porosidad en los sistemas de siembra directa está asociado al incremento de CO (Abid & Lal 2008).

Atributos biológicos en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD)

En ambos sistemas de manejo, la posición fisiográfica no afectó significativamente el CBm pero si la tasa de respiración. Los cambios en la biomasa microbiana pueden ser más afectados por el sistema de labranza y las entradas de MO, que por los cambios en la posición fisiográfica (Tabla 3).

Tabla 2. Atributos físicos en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD).

Profundidad cm	Siembra directa								
	Ks cm h ⁻¹			fw %			f %		
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media
0 – 10	0,54	0,80	0,67 a	42,57	45,25	43,91a	50,55	55,45	53,00a
10 – 20	0,27	0,11	0,19 b	39,06	40,87	39,96b	47,05	48,48	47,77b
Media	0,41 a	0,45a		40,81 b	43,06 a		48,80b	51,97 ^a	
Profundidad cm	Labranza Convencional								
	Ks cm h ⁻¹			fw %					
	NA	NB	Media	NA	NB	Media			
0 – 10	0,98	1,72	1,35a	44,53	47,14	45,84a			
10 – 20	0,28	0,57	0,43a	45,48	45,45	45,46a			
Media	0,63 a	1,15 b		45,01a	46,30a				

NA: napa alta; NB: napa baja; Ks cm h⁻¹: conductividad hidráulica saturada; fw: microporosidad; f: porosidad total. Valores seguidos de distinta letra en la fila o la columna indican que son estadísticamente diferentes (p<0,05) según Tukey.

Tabla 3. Atributos biológicos en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD)

Profundidad cm	Siembra directa								
	MO g Kg ⁻¹			šgCBm g ⁻¹			šg C-CO ₂ g ⁻¹ dša ⁻¹		
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media
0 – 10				171,09	146,1	158,60a	32,82	35,92	34,37a
10 – 20				69,58	67,84	68,71b	24,78	29,42	27,10b
Media				120,54ā	106,97a		28,80b	32,67ā	
Profundidad cm	Labranza Convencional								
	NA	NB	Media	NA	NB	Media	NA	NB	Media
	0 – 10	23,8	24,4	24,1a	233,23	248,49	240,86a	36,69	48,9
10 – 20	15,9	19,3	17,6b	98,2	136,05	117,13b	27,87	40,78	34,32b
Media	19,8a	21,9ā		165,72ā	192,27a		32,28b	44,84ā	

NA: napa alta; NB: napa baja; MO: materia orgánica; CBm: carbono de la biomasa microbiana; C-CO₂: respiración basal. Valores seguidos de distinta letra en la fila o la columna indican que son estadísticamente diferentes (P<0,05) según Tukey.

En el sistema de labranza convencional la mayor acumulación de MO fue encontrada en la primera profundidad, esto se debe a la limitada entrada de material orgánico en la capa inferior (Urich *et al.* 2010), debido a que en la zona el sistema de labranza empleado es superficial, penetra solo hasta los primeros 10 a 15 cm. El mayor contenido de MO estuvo a su vez asociado al mejoramiento de la calidad física del suelo, dado que en la primera profundidad,

donde los valores de materia orgánica fueron más altos, se presentaron valores más altos de porosidad, macroporosidad y Ks.

Debido a que la calidad física del suelo afectó significativamente el movimiento de aire y agua en el suelo, y que la disponibilidad de agua está estrechamente relacionada con la actividad biológica del suelo, se estudió el grado de asociación entre los atributos físicos y biológicos determinados (Figuras 3 y 4).

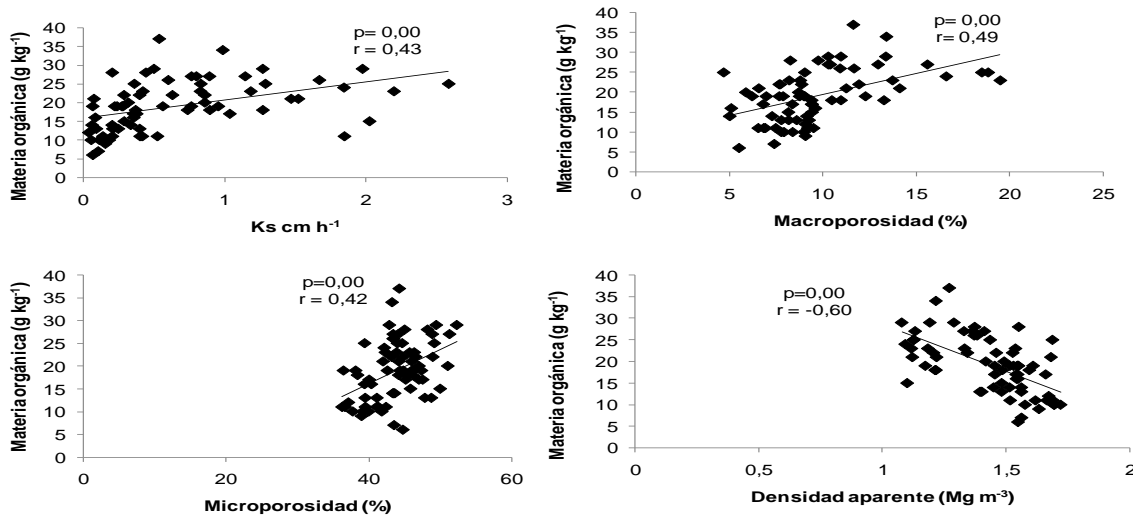


Figura 3. Correlación entre atributos físicos y materia orgánica en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD).

Se observó una correlación positiva entre la MO y los atributos físicos Ks, fa y fw, pero negativa con la da. Los resultados encontrados fueron similares a los

reportados por Nath y Krishna (2014), quienes obtuvieron una correlación positiva entre la MO y las propiedades físicas bajo estudio, lo que indica que los

incrementos de MO contribuyen a mejorar la calidad física del suelo, así mismo encontraron que los cambios en las propiedades físicas son dependientes de la textura, en los suelos arcillosos la Ks y la da disminuyen con el incremento del contenido de arcilla,

mientras que en suelos arenosos la Ks y la macroporosidad se incrementa, la textura del suelo también influye sobre otras variables del suelo como la porosidad y esto a su vez afecta el desarrollo de los microorganismos.

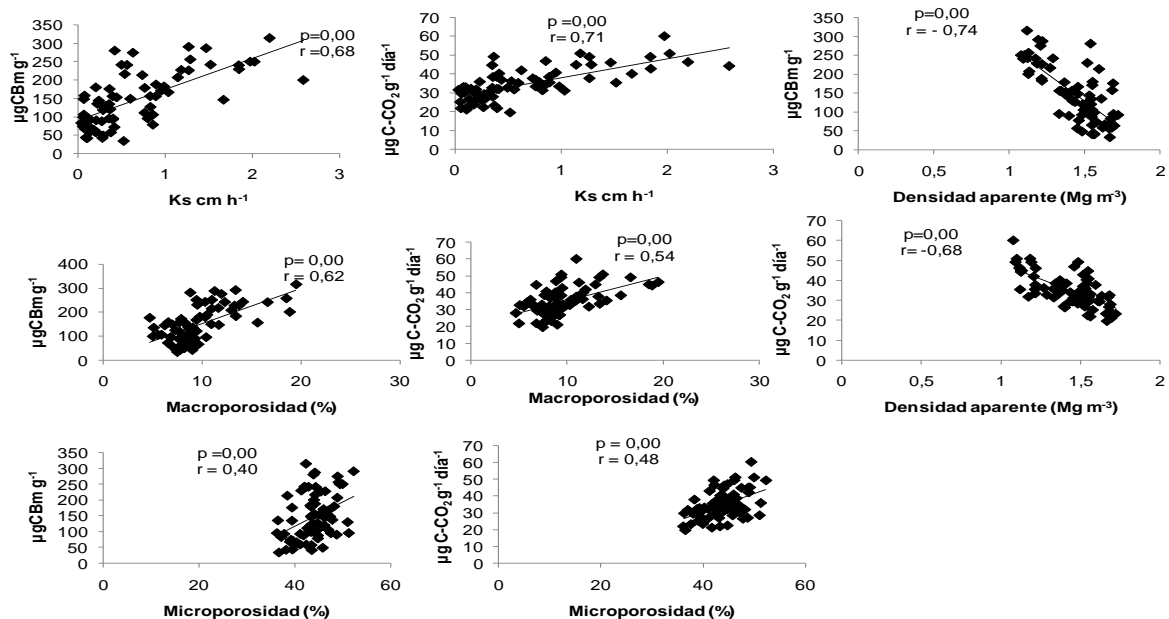


Figura 4. Correlación entre atributos físicos y biológicos en un suelo venezolano bajo labranza convencional (LC) y siembra directa (SD).

La adición de materia orgánica incrementa el número de macro y microporos, debido a que la acción floculante de los compuestos orgánicos resulta en una mayor formación de agregados estables, lo cual provee estructura al suelo, lo que explica el decrecimiento de la densidad aparente y el incremento de la porosidad (Wang *et al.* 2014). El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo crea condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos, por lo que una correlación positiva entre el CBm y la respiración basal y los atributos físicos Ks, fa y fw también fueron encontrados, situación inversa se observó con la da.

CONCLUSIONES

El contenido y distribución de carbono orgánico fue influenciado por la posición fisiográfica, la acumulación del mismo en la capa superficial mejoró las propiedades físicas del suelo, a través del incremento de la capacidad de aireación y flujo de agua en el suelo. El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, favoreció las condiciones para el desarrollo de los microorganismos, por tanto se encontró una correlación positiva entre las

propiedades físicas (porosidad, macroporosidad y conductividad hidráulica) y los atributos biológicos evaluados (carbono orgánico, carbono de la biomasa microbiana y respiración basal).

BIBLIOGRAFÍA

ABID M, LAL R (2008) Tillage and drainage impact on soil quality: I. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. *Soil and Tillage Research*. 100, 89–98.

ALEF K (1995) Soil respiration. In: Alef, K.; P. Nannipieri. (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. Harcourt Brace & company, Publishers. pp. 214-217.

ANDERSON J, DOMSCH K (1978) A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* 10:215-221.

BABUJIA L, HUNGRIA M, FRANCHINI J, BROOKES P (2010) Microbial biomass and

- activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry* 42, 2172–2181.
- BADALUCCO L, RAO M, COLOMBO C, PALUMBO G, LAUDICINA V, GIANFREDA L (2010) Reversing agriculture from intensive to sustainable improves soil quality in a semiarid South Italian soil. *Biology and Fertility of Soils*. 46, 481–489.
- BENJAMIN J, MIKHA M, VIGIL M (2008) Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semiarid climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:1357-1362.
- BOTHA P B (2013) The effects of long-term tillage practices on selected soil properties in the Swartland wheat production area of the Western Cape. Tesis of Master. Stellenbosch University. 175 p.
- CANO M F, GRANADOS F, YEPES W (1974) Estudio agrológico tipo reconocimiento del Estado Portuguesa. Sector la Chaconera – Río Portuguesa. Caño Turén. Proyecto MAC – CENIAP – FUDECO – Gobernación. Ministerio de Agricultura y Tierras. 115 p.
- CANTERO-MARTÍNEZ C, WESTFALL D G, SHERROD L A, PETERSON G A (2006) Long-term, residue dynamics in no-till cropping systems under semiarid conditions. *Journal of Soil and Water Conservation*, 61: 84-95.
- CANTÚ M, BECKER A, BEDANO, SCHIAVO H (2007) Evaluación de la Calidad de Suelos Mediante el Uso de Indicadores e Índices en la Pampa Argentina. *Ci. Suelo (Argentina)* 25(2): 173-178.
- DU PREEZ C, VAN HUYSTEEEN C, MNKENI P (2011) Land use and soil organic matter in South Africa 2: A review on the influence of arable crop production. *S. Afri. J. Sci.* 107(5/6): 1-8.
- GÁSPERI R, GRATEROL L (1973) Estudio de Suelos semidetallado. Unidad Agrícola de Turén. Primer avance. MOP. Dirección General de Recursos Hidráulicos. 54 p.
- FAN R, ZHANG R, YANG R, LIANG A, SHUXIAJ, XUEWN C (2013) Effects of tillage management on infiltration and preferential flow in a black soil, Northeast China. *Chinese Geographical Science* 23 (3):312-320
- HAMZA M, AL-ADAWI S, AL-HINAI K (2011) Effect of combined soil water and external load on soil compaction. *Soil Research*, 49: 135–142.
- HE J, LI H, RASAILY R, WANGA Q, CAIA G, SUA Y, QIAOA X, LIUC L (2011) Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. *Soil and Tillage Research* 113, 48–54.
- HUGGINS D R, REGANOLD J P (2008) No-till: The quiet revolution. *Sci. Am.* 299: 70-77.
- INFOSTAT (2002) InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat. Fac. Cs. Agr. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- JI B, ZHAO, MU X, LIU K, LI C (2013) Effects of tillage on soil physical properties and root growth of maize in loam and clay in central China. *Plant Soil Environ* 59 (7):295–302.
- MARTINEZ E, FUENTES J, SILVA P, VALLE S, ACEVEDO E (2008) Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. *Soil and Tillage Research*. 99, 232–244.
- MORELL F, LAMPURLANE J, ALVARO-FUENTES J, CANTERO-MARTINEZ C (2011) Yield and water use efficiency of barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem: Long-term effects of tillage and N fertilization. *Soil & Tillage Research*. 117, 76–84.
- MOUSSA-MACHRAOUI B, ERROUISSI F, BEN-HAMMOUDA M, NOUIRA, S (2010) Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil and Tillage Research*. 106, 247–253.
- NATH N, KRISHNA B (2014) Influence of soil texture and total organic matter content on soil hydraulic conductivity of some selected Tea growing soils in Dibrugarh district of Assam, India. *Int. Res. J. Chem.* 1 (1): 2-9.
- OGBAN, P I, BABALOLA, O (2009) Characteristics, classification and management of inland valley bottom soils for crop production in subhumid southwestern Nigeria. *Agro-Science* 8: 1-13.
- OSPINA, A, FLORENTINO, A, VELÁZQUEZ L, ARAUJO, D (2011) Respuesta de las propiedades físicas del suelo después de 11 años

- de manejo bajo siembra directa y rotación de cultivos en Turén, estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Fac. Agr. (UCV)* 37(2): 75-85.
- PÉREZ M, FLORENTINO A (2013) Intervalo de agua menos limitante en función de propiedades del suelo *Venesuelos* 21:43-60
- PLA I (1983) Metodología para la caracterización Física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales, *Rev. Fac. Agron. Alcance* N° 32. Maracay (Venezuela). 90 p.
- PULIDO M, LOBO D, LOZANO Z (2009) Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrocienc*, Vol. 43 (3): 221-230.
- PULIDO M, LOBO D, GABRIELS D, REY J, SLEUTEL S, DE NEVE S (2011) Abstract Proceedings of the 6th International Congress of European Society for Soil Conservation Innovative Strategies and Policies for Soil Conservation. Thessaloniki. p 46.
- SALVO L, HERNÁNDEZ J, ERNST O (2010) Distribution of soil organic carbon indifferent size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems. *Soil and Tillage Research* 109, 116–122.
- SASAL M, ANDRIULO A, TABOADA M (2006) Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil and Tillage Research*. 87, 9–18.
- URICH S, TISCHER S, HOFMANN B, CHRISTEN O (2010) Biological soil properties in a long-term tillage trial in Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 000:1-7.
- WALKLEY A, BLACK A (1934) An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration meted. *Soil. Sci* 37: 29-38.
- WANG L, SUN X, LI S, ZHANG T, ZHANG W, ZHAI P (2014) Application of organic amendments to a Coastal Saline in North China: Effects on soil physical and chemical properties and tree grown. *Plos One* 9 (2): 1-9.
- WATTS D, TORBERT H, FENG Y, PRIOR, S (2010) Soil microbial community dynamics as influenced by composted dairy manure, soil properties, and landscape position. *Soil Sci.* 175(10):474-486
- WUDDIVIRA M, CAMPS-ROACH G (2007) Effects of organic matter and calcium on soil structural stability. *European Journal of Soil Science* 58 (3):722-727