

Artículo científico**DIVERSIDAD ESTRUCTURAL DE LOS SUELOS EN ESCENARIOS DEL SUR DE LA RESERVA DE BIOSFERA “SIERRA DEL ROSARIO”, CUBA.**

Maite Torres Leblanch<sup>1</sup>, Yanisbell Sánchez Rodríguez<sup>1</sup>, Alejandro González Álvarez<sup>1</sup>, Amarilis Cruz Ortega<sup>1</sup>, Julio Rodríguez Martínez<sup>1</sup>, María Iluminada Rodríguez García<sup>1</sup> y Damaysa Rodríguez Arzola<sup>2</sup>

**RESUMEN**

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la diversidad estructural de los suelos a través de sus características físicas, químicas y biológicas en diferentes contextos del escenario urbano, suburbano y familiar de la región Sur de la Sierra del Rosario. Las variables evaluadas fueron humedad natural e higroscópica, densidad aparente y real, porosidad total, distribución, resistencia hídrica de los agregados, índice de estabilidad estructural, materia orgánica y respiración microbiana. Los datos se sometieron a un análisis de varianza de clasificación simple y una estimación múltiple de medias mediante la prueba de comparación de Tukey ( $P < 0,05$ ). Los suelos se caracterizaron por una porosidad inadecuada ( $< 65\%$ ). La densidad aparente se comportó por ser de media a alta y más acentuada en el pastizal. La humedad natural fue de media a baja en la mayoría de los sitios, con excepción de la finca especial de semillas con el cultivo de rábano (26,28 %), lo que puede ser indicativo de una mayor cultura agronómica en el manejo. La humedad higroscópica fue muy baja, lo que puede estar asociado al régimen de riego, el cultivo establecido y el insuficiente contenido materia orgánica; esta última, estuvo en correspondencia con los valores de respiración microbiana. Hubo una proporción homogénea de la distribución de agregados y una alta resistencia ante la acción del agua, lo cual se constató con el índice de estabilidad de medio a alto observado en los suelos.

**Palabras clave:** diversidad estructural, suelo

**Structural diversity and management of the soil in scenarios of the south of the reserve of the Rosario's Sierra, Cuba.**

**ABSTRACT**

The aim had as objective to evaluate the structural diversity of the soils through its physical, chemical and biological characteristics in different contexts of the urban scenario, suburban and family of the South region of the Rosario's Sierra. The evaluated variables were the natural and hygroscopic humidity, bulk and real densities, total porosity, distribution and resistance hydric of the aggregates, index of structural stability, organic matter and microbial breathing. The data underwent a variance analysis of simple classification and a multiple estimate of stockings by means of the test of comparison of Tukey ( $P < 0.05$ ). The soils were characterizing by an inadequate porosity (65 %). The bulk density was behaving to be of

---

MSc. Maite Torres Leblanch, Especialista del Departamento de Agricultura Urbana y Manejo Sostenible del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT), MINAG. Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail: [agroquim@inifat.co.cu](mailto:agroquim@inifat.co.cu)

stocking to high and accented in the pastorals. The natural humidity went of stocking to low in most of the places, except for the special farm of seeds with the crop of the radish (26,28 %). That can be indicative of a bigger agronomic culture in the management. The hygroscopic humidity was very low; what can be associated to the watering regime, the established crop and the insufficient contained organic matter; this last one, was in correspondence with the values of microbial breathing. There were a homogeneous proportion of the added distribution and a high resistance before the action of the water. That which was verified with the index of stability of half to high observed in the soils.

**Key words:** structural diversity, soils

### INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de los suelos junto con las malas prácticas de manejo, entre ellas la labranza intensiva, el monocultivo y la aplicación indiscriminada de agroquímicos, han provocado el deterioro y la degradación edáfica (Ikemefuna, 2015; López y Estrada, 2015; Novillo et al., 2018), así como la disminución de los rendimientos de los cultivos agrícolas.

Asimismo, el cambio de uso del suelo provoca diferentes alteraciones de los ecosistemas naturales, lo que ha llevado a la degradación y reducción de área total de hábitat con la consecuente pérdida de biodiversidad. Este se encuentra expuesto a cambios significativos en sus ambientes naturales y es el hombre el principal responsable de estos efectos y sus implicaciones para la conservación biológica y la sostenibilidad de los recursos naturales, bajo condiciones climáticas variables (Volverás et al., 2016; Weil y Brady, 2016).

“Sierra del Rosario” constituye una reserva de biosfera declarada desde 1985 (García y Castiñeiras, 2006). En esta área protegida de recursos manejados, el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), ha llevado a cabo proyectos de prospección y conservación (*in situ –ex situ*) de recursos fitogenéticos desde la década de los 90s, acciones que en la actualidad han ensanchado sus marcos teóricos gracias a la perspectiva de caracterización y conservación

de la agrobiodiversidad, término en el que el recurso suelo tiene una importancia clave como sustento de los agroecosistemas.

En tal sentido el proyecto nacional “Gestión de la calidad de suelos urbanos y sustratos para Agricultura Urbana y Suburbana” y el Proyecto Internacional “Conservación de la Biodiversidad Agrícola en Reservas de Biosfera en Cuba: conectando paisajes naturales y agrícolas para lograr los objetivos de desarrollo del milenio”, han desarrollado sinergias para realizar acciones conjuntas, teniendo en cuenta que el programa de la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar representa una plataforma común para el cumplimiento de las metas de trabajo de ambos proyectos.

La estructura es un factor esencial de calidad del suelo (Temrat *et al.*, 2019) y juega un rol fundamental en muchos procesos del suelo y su interacción con las plantas: erosión, infiltración de agua, exploración radicular, aireación y resistencia mecánica. Importante es el papel que juegan los organismos edáficos, ya que modifican la estructura física del suelo y actúan sobre el régimen del agua y la erosión, provocando una mejora en la eficiencia en la adquisición de nutrientes por parte de las plantas y su estado sanitario (Zerbino y Altier, 2015).

En correspondencia con lo anterior se evaluó la diversidad estructural de suelos, en diferentes contextos del escenario urbano, suburbano y familiar de la región sur de la “Sierra del

Rosario", a través de sus características físicas, químicas y biológicas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una expedición de trabajo, en la que fueron visitadas la finca municipal de semillas del municipio Candelaria y dos fincas campesinas ubicadas en el límite de la Sierra de Biosfera Sierra del Rosario, pertenecientes al municipio Artemisa. Desde el punto de vista geográfico, todas las unidades muestreadas se ubican en una región llana, al sur de la reserva de biosfera.

Para el estudio edáfico se tomaron tres muestras independientes no disturbadas de suelo de la capa arable (0-20 cm) para las determinaciones de la humedad natural y la densidad volumétrica y 1 kg de suelo para el resto de los análisis: humedad higroscópica, densidad real, porosidad total, distribución y resistencia hídrica de los agregados, índice de estabilidad estructural, materia orgánica y respiración microbiana.

En la Tabla 1 se muestran las variables y métodos utilizados.

**Tabla 1.** Variables y metodologías empleadas

Indicadores	
Análisis	Métodos
<b>Físicos</b>	
Humedad natural (W), %	Gravimétrico
Densidad aparente (Da), mg.m <sup>-3</sup>	Cilindros concéntricos (336 cm <sup>3</sup> )
Densidad real (Dr), mg.m <sup>-3</sup>	Picnometría (V=50 cm <sup>3</sup> )
Porosidad Total (Pt), %	Cálculos: $Pt = 1 - \frac{Dv}{Dr} \times 100$
Composición granulométrica	Tamices
Índice de estabilidad estructural (Ie) %	Método de Savinovle = $\frac{\sum \%Ag > 0,25 (Th)}{\sum \%Ag > 0,25 (Ts)}$ Ag: Agregados; Th: Tamiz húmedo y Ts: Tamiz seco
<b>Químicos</b>	
Materia orgánica (%)	Walkley y Black (1934)
pH	(IS, 1988)
Conductividad eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> )	(IS, 1988)
<b>Biológicos</b>	
Respiración microbiana (mg CO <sub>2</sub> kg. días <sup>-1</sup> )	Metodología de García <i>et al.</i> (2003)

Las unidades de muestreo y los sitios seleccionados fueron:

- **FINCA ESPECIAL DE SEMILLAS (Municipio Candelaria):**

Sitio 1: Cantero con cultivo de rábano cv. 'PS-9'

Sitio 2: Parcela con pimiento cv. 'Español -16'

- **FINCA Yolanda González**

Sitio 3: Cañada

Sitio 4: Huerto: Ají, plátano, malanga, habichuela

Sitio 5: Frutales: Mango y guayaba:

0-10 cm (muy seco el suelo)

10-20 cm (muy seco el suelo)

20-30 cm (húmedo)

- **Finca Maday Mesa**

Sitio 6: Pastizal sometido al pastoreo con ganado mayor (suelo muy seco) y con evidencias de compactación.

Los datos generados fueron sometidos a un análisis de varianza de clasificación simple y una estimación múltiple de medias mediante la prueba de comparación de Tukey ( $P < 0,05$ ). Los análisis físicos se realizaron según las metodologías propuestas por el Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana (IS, 1988). Se emplearon tres réplicas por tratamiento, se determinaron las medias y el error estándar. Se elaboraron gráficos de barras en Excel para reflejar las fracciones y la estabilidad hídrica de los agregados. A partir de un análisis de componentes principales se identificaron los indicadores determinantes en la variabilidad de los datos y se interpretaron las relaciones que se establecieron entre estos. Se consideraron aquellos indicadores con cargas factoriales mayores que 0,60. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 (2004).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las unidades de uso en los sitios evaluados presentaron diferencias notables en el nivel de compactación de los suelos, lo que está asociado a las prácticas que en ellos tienen lugar. Se destacan el huerto de cultivos varios, el

área de frutales, el perturbado por la cañada y el pastizal con ganado mayor. Los suelos mostraron una porosidad inadecuada ( $< 65\%$ ). La densidad aparente más elevada fue en el pastizal de ganado mayor ( $1,40 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), lo cual reafirmó la compactación severa del mismo debido al pastoreo excesivo.

Los resultados del suelo de la cañada están asociados a la erosión hídrica y coinciden con lo reportado por Moreira *et al.* (2014), cuando refieren que constituye el proceso de degradación de suelos más importante de las regiones tropicales (Tabla 2).

La humedad natural se caracterizó por ser moderada en la mayoría de los sitios, con excepción de la finca especial de semillas con el cultivo de pimiento (7,72 %) y el pastizal de ganado mayor consecutivamente (4,66 %), los cuales manifestaron humedades bajas, lo que pudo estar asociado al régimen de riego en el caso de la finca de semillas y el cultivo establecido (raíz pivotante) que demanda mayor cantidad de agua, en conjunto con el insuficiente contenido materia orgánica (0,24 %), que se reflejan en los altos valores de densidad aparente y real de 1,304 y  $2,5253 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  respectivamente, así como al suelo excesivamente seco en el caso del pastizal y las condiciones de secano.

La humedad higroscópica, variable que muestra el agua retenida fuertemente en los poros más pequeños, demuestra la baja capacidad de estos suelos para retener el agua, lo cual es mucho más acentuada en la finca especial de semilla con el cultivo del pimiento y el huerto de cultivos varios. Las causas estuvieron relacionadas con los bajos niveles de materia orgánica, lo que afecta la estructura de los mismos y además las exigencias hídricas de los cultivos presentes en cada sitio.

**Tabla 2.** Parámetros físicos, químicos y biológicos de los suelos

Sitio	W <sub>N</sub> %	W <sub>H</sub> %	Da mg.m <sup>-3</sup>	Dr mg.m <sup>-3</sup>	Pt %	le	pH	CE dS.m <sup>-1</sup>	MO %	RM mgCO <sub>2</sub> kg.días <sup>-1</sup>
1	26,28 <b>a</b>	1,1572 <b>d</b>	1,125 <b>c</b>	2,3949 <b>e</b>	53,03 <b>a</b>	1	7,48 <b>b</b>	0,511 <b>b</b>	2,14 <b>a</b>	265,8 <b>a</b>
2	7,72 <b>d</b>	1,3766 <b>c</b>	1,304 <b>bc</b>	2,5253 <b>c</b>	48,37 <b>ab</b>	0,8 5	7,68 <b>a</b>	0,235 <b>e</b>	0,24 <b>d</b>	51,8 <b>c</b>
3	11,05 <b>cd</b>	1,6331 <b>b</b>	1,193 <b>bc</b>	2,4952 <b>d</b>	52,15 <b>a</b>	1	7,45 <b>c</b>	0,265 <b>c</b>	0,90 <b>c</b>	185,8 <b>b</b>
4	18,92 <b>ab</b>	0,6133 <b>e</b>	1,437 <b>ab</b>	2,5270 <b>c</b>	43,13 <b>ab</b>	0,8 4	7,43 <b>d</b>	0,586 <b>a</b>	0,85 <b>c</b>	111,8 <b>c</b>
5	15,91 <b>bc</b>	1,8672 <b>a</b>	1,289 <b>bc</b>	2,5867 <b>b</b>	50,16 <b>ab</b>	0,8 5	7,45 <b>c</b>	0,245 <b>d</b>	1,47 <b>b</b>	195,8 <b>b</b>
6	4,66 <b>d</b>	0,3773 <b>f</b>	1,612 <b>a</b>	2,6382 <b>a</b>	38,88 <b>b</b>	0,8 4	7,34 <b>e</b>	0,223 <b>f</b>	1,09 <b>c</b>	203,8 <b>ab</b>
Ex	<b>±1,83</b>	<b>0,12</b>	<b>±0,04</b>	<b>±0,02</b>	<b>±1,51</b>		<b>±0,02</b>	<b>±0,03</b>	<b>±0,1</b>	<b>±17,4</b>
CV	<b>7,79</b>	<b>0,54</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>	<b>6,41</b>		<b>0,01</b>	<b>0,15</b>	<b>4</b> <b>0,61</b>	<b>73,82</b>

sitio 1: Finca especial de semillas (rábano), sitio 2: Finca especial de semillas (pimiento), sitio 3: sitio perturbado por la cañada, sitio 4: huerto de cultivos varios, sitio 5: frutales, sitio 6: pastizal con ganado mayor. W<sub>N</sub>: humedad natural, W<sub>H</sub>: humedad higroscópica, Da: densidad aparente, Dr: densidad real, Pt: porosidad total, le: índice de estabilidad estructural, CE: conductividad eléctrica, MO: materia orgánica, RM: respiración microbiana, Ex: error de la media, CV: coeficiente de variación. Medias con letras iguales en la columna no difieren significativamente para Tukey P < 0,05

El espacio poroso o porosidad del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Los macroporos no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, por tanto, son responsables del drenaje, aireación del suelo y a la vez constituyen el espacio donde se desarrollan las raíces, los microporos en cambio, retienen agua parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2016). En todos los casos los suelos mostraron una porosidad inadecuada (< 65 %), lo cual es indicativo de posibles problemas de drenaje, insuficiente aireación y necesidad inmediata de aplicar materia orgánica. En el caso de los frutales se hace necesario incorporar la

hojarasca en el ruedo para potenciar el incremento de la materia orgánica en el suelo, ya que, aunque fue el de mayor porcentaje, aún es muy bajo (inferior al 3 %).

La densidad real es generalmente constante debido a que está determinada por la mineralogía y la composición química de la fase sólida del suelo (Ramírez *et al.*, 2015). En todos los sitios mostró un dominio de la parte mineral sobre la orgánica, con valores muy superiores a la unidad (2,4-2,6 mg.m<sup>-3</sup>), por lo que predominan los hidróxidos de hierro y aluminio, lo cual corrobora la necesidad de incorporar materia orgánica en estos.

La densidad aparente es fundamental para la retención de humedad y la preservación del carbono en el suelo (Jilling *et al.*, 2018), todos los sitios mostraron valores altos, se destacó el pastizal (1,612 mg.m<sup>-3</sup>), lo que reafirma la mayor compactación del mismo con respecto al resto, aspecto que pudiera estar asociado al manejo intensivo que se realiza en el mismo por el pastoreo del ganado mayor.

Estas evidencias denotan la necesidad de mejorar la estructura de los suelos para que los cultivos muestren su potencial productivo y en especial, estimular la recuperación de estos con prácticas eficientes como la aplicación de materia orgánica (humus, compost, estiércoles), incorporación de restos de cosechas, siembra de abonos verdes, rotación de cultivos, utilización de cobertura, entre otras). Estas medidas contribuyen al mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como, detectar cambios en la calidad de este.

En la distribución de los agregados se observó una proporción homogénea de los más valiosos desde el punto de vista agronómico (2-5 mm), lo que pudiera ser la causa del índice de estabilidad moderado observado en la mayoría

de los sitios (2, 4, 5 y 6) con valores entre 0,84 - 0,85.

Los sitios 1 y 3 presentaron muy buena estabilidad, lo cual pudiera estar asociado al mayor contenido de materia orgánica que estimula la actividad microbiana y al manejo que se realiza en la finca. No obstante, los porcentajes de materia orgánica aún son deficientes, por lo que se requiere realizar la reposición de la misma después de cada cosecha.

Se manifestó una tendencia al incremento de los agregados menores de 0,25 mm (30 %) en la finca especial de semilla con el cultivo de pimiento, al exponer al suelo a la acción del agua. Esta problemática en este sitio se le debe prestar especial atención, ya que este síntoma es señal mal drenaje, insuficiente aireación y asfixia radical para los cultivos que se establezcan. Lo mismo ocurrió en el sitio correspondiente a los frutales, aunque en este último los agregados mayores de 10 mm constituyeron el 47,5 % del total. En este tipo de cultivo es lógico que esto suceda porque prácticamente no hay remoción del suelo por su condición de permanente (Figura 1).

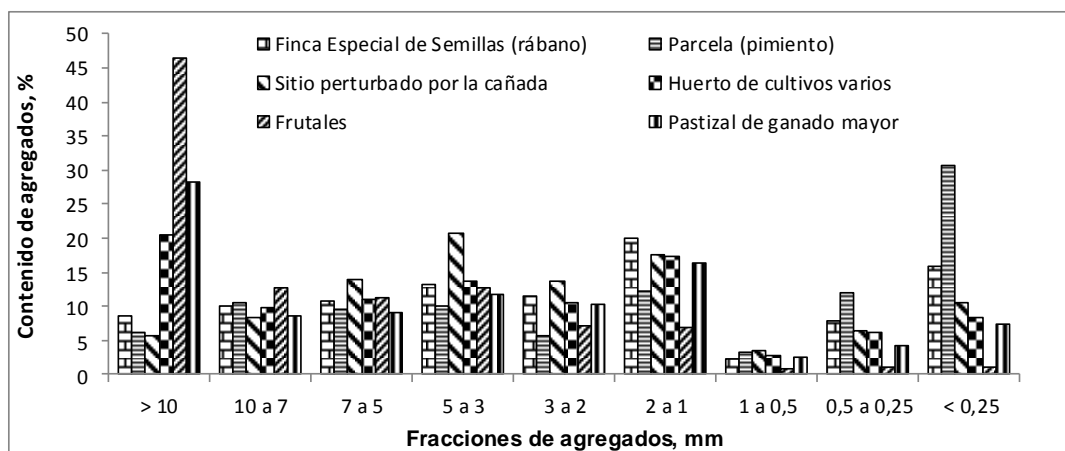


Figura 1. Distribución de los agregados en los suelos

La resistencia de los agregados a la acción del agua demostró que en el suelo correspondiente a la finca de semilla con el cultivo de pimiento hubo un promedio de un 30 % de agregados menores de 0,25 % (Figura 2), lo cual es un indicativo de erosión hídrica a corto o mediano

plazo. La distribución interna de la porosidad del suelo es un parámetro que debe ser evaluado periódicamente, sobre todo en suelos sometidos a usos intensivos. Los cambios en esta propiedad pueden ser indicativos de deterioro físico (Duval *et al.*, 2015 y Taboada *et al.*, 2015).

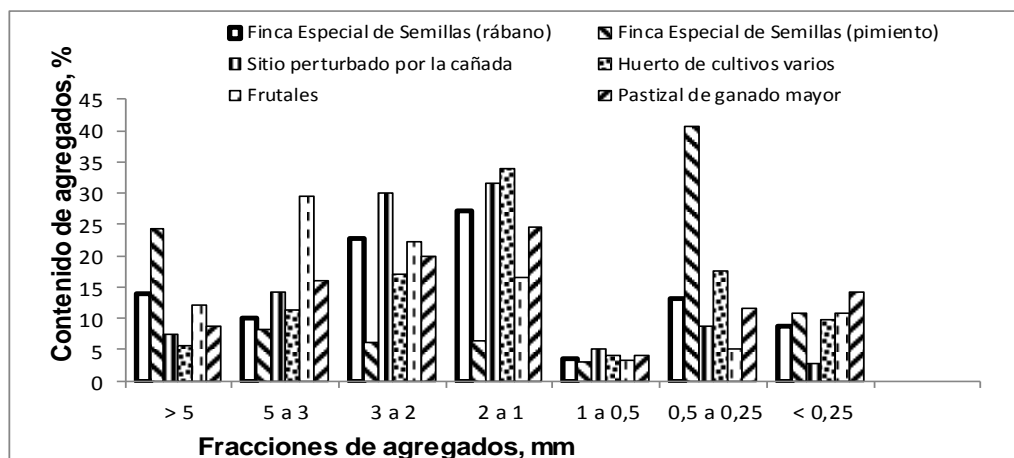


Figura 2. Resistencia hídrica de los agregados

Los resultados denotan los problemas que se pueden presentar en los mismos ante un evento de este tipo y la susceptibilidad de éstos a la erosión hídrica.

Al respecto Lopes *et al.* (2016) encontraron, que la disminución del carbono del suelo, era la causa de la disminución de la estabilidad de los agregados y de la infiltración del agua y que estos cambios en la condición física del suelo incrementaban las pérdidas del horizonte superficial del suelo por los efectos de la erosión. Además, la estabilidad de agregados del suelo, por ser una característica edáfica dinámica, es considerada un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos y se encuentra relacionada con la actividad de los coloides, el contenido orgánico, la actividad microbiana el laboreo del suelo, la secuencia y la frecuencia de cultivos en la rotación (Duval *et al.*, 2015).

Sobre esta forma de erosión influye, además, la susceptibilidad del suelo al desprendimiento, arrastre de partículas, el uso y manejo del medio edáfico (Amorim *et al.*, 2013). Este último factor es de gran importancia pues está vinculado directamente con la actividad del hombre (Jafari *et al.*, 2015; Nájera *et al.*, 2016).

El pH es el indicador principal en la disponibilidad, movilidad, solubilidad y absorción de nutrientes para las plantas (Milne *et al.*, 2015). En este caso los valores oscilaron entre 7,3 y 7,6 por lo que los suelos son clasificados como alcalinos y tienen una buena disponibilidad de nutrientes.

Los suelos se consideraron no salinos puesto que su contenido de sales fue inferior a 1 dS.m<sup>-1</sup> y son adecuados para el normal desarrollo de los cultivos. La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de la solución acuosa del suelo para transportar corriente eléctrica y es directamente

proporcional al contenido de sales disueltas o ionizadas contenidas en la solución (Doerge et al., 2015).

Los suelos presentaron muy bajos niveles de materia orgánica, lo que reafirma los problemas de manejo que se manifestaron en estas fincas, lo cual hace que los mismos sean más sensibles a la degradación, ya que la materia orgánica es un excelente indicador de la calidad del suelo y ejerce un efecto positivo en su calidad (Eyherabide et al., 2014).

Las condiciones del suelo influyen en la estructura de la comunidad microbiana, la actividad de los microorganismos, la densidad aparente, la saturación y la capacidad de retención de agua. En este caso los valores observados están muy relacionados con la degradación que experimentaron los suelos en función de los porcentajes de materia orgánica y coinciden con lo reportado por Moyano et al. (2018) y Yan et al. (2018).

Para el análisis de componentes principales se hizo una selección de aquellos indicadores que,

de acuerdo a su comportamiento, pudieran determinar la variabilidad observada. El cual mostro que dos componentes en una primera extracción explicaron el 100 % de la varianza total, es decir, que se correlacionaron significativamente (Tabla 3).

En el primer componente las variables de mayor peso fueron la humedad natural, respiración microbiana y la porosidad total de forma positiva y la densidad aparente de forma negativa.

En el segundo componente las variables de mayor peso fueron la humedad higroscópica, la densidad real y la materia orgánica. Todas se correlacionaron de forma positiva.

Este comportamiento puede explicarse ya que una buena humedad y porosidad favorecen la actividad microbiana de la fauna edáfica (Tabla 1, finca especial de semillas, cultivo rábano) y mientras mayor es la densidad aparente (compactación), menor actividad microbiana, excepto en el caso del pastizal porque la acumulación de estiércol sobre el pasto estimula la misma.

**Tabla 3.** Resultado del análisis de varianza realizado.

<b>Tabla 3. Matriz de componentes, rotación Varimax</b>		
% Varianza	58,15	41,84
% acumulada	58,15	100,00
	<b>Componentes</b>	
	<b>Relación aire/agua</b>	<b>Nutrición</b>
Humedad natural ( $W_N$ )	<b>0,995</b>	-0,096
Humedad higroscópica ( $W_H$ )	-0,103	<b>0,995</b>
Densidad aparente ( $D_a$ )	<b>-0,954</b>	-0,300
Densidad real ( $D_r$ )	-0,102	<b>0,995</b>
Porosidad total ( $P_t$ )	<b>0,903</b>	0,429
Materia orgánica ( $M_O$ )	-0,586	<b>0,810</b>
Respiración microbiana ( $R_M$ )	<b>0,995</b>	0,102



El componente uno reflejó las variables relacionadas con la relación aire/agua con un 58,15 %, lo que indica que la humedad es determinante en la actividad microbiana y la porosidad total (aire/agua) en el suelo y el componente dos con un 41,84 % correspondió a las propiedades nutricionales y la humedad fuertemente retenida en los poros más pequeños (humedad higroscópica).

### CONCLUSIONES

- ✓ Los suelos estudiados mostraron una diversidad estructural variable y desfavorable de acuerdo al manejo, por lo que se consideran sistemas degradados desde el punto de vista físico, químico y biológico.
- ✓ La finca de semillas (pimiento) y el pastizal de ganado mayor muestran las variables físicas más desfavorables asociadas al bajo contenido de materia orgánica y las exigencias hídricas del pimiento en el primero y a la compactación severa en el segundo.
- ✓ Los valores de porosidad son bajos en todos los sitios, pero existe una estabilidad moderada de los agregados ante la acción del agua. La aplicación de materia orgánica favorecería la agregación y porosidad de estos suelos y su recuperación a mediano plazo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, D.O.I.; Costa, C.M.C.; Rodrigues, S.M.D.; Aquino, J.M. y Pereira, E. (2013). Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37: 1103-1112. ISSN: 1806- 9657.
- Binyam, A. (2015). The effect of land use. Land cover change on land degradation in the highlands of Ethiopia. *J. Environ. Earth Sci.*, 5(1):1-12. <http://www.iiste.org/Journals/index.php/JEE/S/article/view/18912/19505>,
- Doerge, T., Kitchen, N.R. y Lund, E.D. (2015). Mapeo de Conductividad Eléctrica del suelo. Traducido y adaptado para Colombia por Alberto Lobo-Guerrero Sanz, LOGEMIN S.A. Fecha de consulta: 16/04/2015 en: [http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39\\_mapeo\\_conductividad\\_electrica.pdf](http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/39_mapeo_conductividad_electrica.pdf)
- Duval, M.E.; Galantini, J.A.; Martínez, J.M. y López, F.M. (2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo. *Ciencias Agronómicas RIFCA-UNR*, 25: 33-43. ISSN: 1853 – 4333.
- Eyherabide, M.; Saínz, H.; Barbieri, P. y Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo*, 32(1):13-19. ISSN: 1850- 2067.
- FAO (2015). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Propiedades del suelo. Fecha de consulta: 08/04/2015. [www.fao.org/soilsportal](http://www.fao.org/soilsportal)
- FAO (2016). Propiedades físicas del suelo. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/> [15 Junio 2017].
- García, M. y Castiñeiras, L. (2006). La diversidad agrícola en reservas de la biosfera de Cuba. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 44 pp. ISBN: 978- 959- 270- 080- 2.
- García, C.; Hernández, T.; Pascual, J.; Moreno, J.L. y Ros, M. (2003). Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y Desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En:

- García, C., Hernández, M.T. (Eds.), Investigación y Perspectivas de la Enzimología de Suelos en España. Consejo Sup. Invest. Científicas (CSIC)-CEBAS, Murcia, España, 43–92.
- Ikemefuna, P. (2015). Evaluation of agro-ecological approach to soil quality assessment for sustainable land use and management systems. *Sci. Res. Essays.*, 10 (15): 501-512.
- IS (1988): Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana. 12 pp
- Jafari, Z.; Nikkahad, G.M.; Ghasemi, M. y Jafari, E. (2015). Study aggregates stability and some physical and chemical properties of soil in Avard Watershed. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 5 (3): 71-75. ISSN: 2251- 824X.
- Jilling, A.; Keiluweit, M.; Contosta, A. R.; Frey, S.; Schimel, J.; Schneck, J.; Smith, R. G.; Tiemann, L. y Grandy, A.S. (2018). Minerals in the rhizosphere: overlooked mediators of soil nitrogen availability to plants and microbes. *Biogeochemistry*, 139,103–122. ISSN: 0009- 2819.
- López, D.M. y Estrada, M.H. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. *Bioagrociencias*, 8 (1): 3-11. ISSN: 2007- 431X.
- Lopes, E.; Cairo, P.; Colás, A. y Rodríguez, A. (2016). Relaciones entre las propiedades indicadoras de calidad, en dos subtipos de suelo pardos, en la provincia de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 43 (1): 21-28. ISSN: 0253- 5785.
- Milne, E.; Banwart, S.A.; Noellemeyer, E.; Abson, D.J.; Ballabio, C.; Bampa, F. y Black, H. (2015). Soil carbon, multiple benefits. *Environ. Dev.*, 13, 33–38. ISSN (versión digital): 1573 – 2975.
- Moreira, C.B.; Naves, S.N.; Curi, P.V. y Gomes, B. (2014). Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto nabacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38: 1565-1575. ISSN: 1806- 9657.
- Moyano, F.E.; Vasilyeva, N. y Menichetti, L. (2018). Diffusion limitations and Michaelis-Menten kinetics as drivers of combined temperature and moisture effects on carbon fluxes of mineral soils. *Biogeosciences*, 15:5031–5045, <https://doi.org/10.5194/bg-15-5031-2018>.
- Nájera, G.O.; Bojórquez, S.G.I.; Flores, F.V.; Murray, N.R.M. y González, A.G. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos Tropicales*, 37 (2): 45-55. ISSN (versión impresa): 0258- 5936.
- Novillo, D.I.E.; Carrillo, Z.M.D.; Cargua, Ch.J.E.; Navel, M.V.; Albán, S.K.E. y Morales, I.F.I. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Universidad Tecnológica Equinoccial. Temas Agrarios*, 23 (2): 177-187. ISSN: 2289- 9182.
- Ramírez, J.; Fernández, Y.; González, P.; Salazar, X.; Iglesias, J. y Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*. *Pastos y Forrajes*, 38(4): 393-402. ISSN: 0864- 0394.
- SPSS (2004). Versión 12.1 para Window. Versión Estándar.
- Taboada, C.M.M.; Rodríguez, B.M.L.; Palleiro, L. y Taboada, M.T. (2015). Soilcrusting and surface run off in agriculture all and in

- Galicia (NW Spain). Spanish Journal of Soil Science, 5 (1): 72-81. ISSN: 1538-9243.
- Temrat, A.; Ghezzehei, B.; Arnold, C.; Bogie, M. y Berhe. A.A. (2019). On the role of soil water retention characteristic on aerobic microbial respiration. School of Natural Sciences, University of California, Merced, CA 95340, USA. Biogeosciences, 16: 1187–1209. <https://doi.org/10.5194/bg-16-1187>.
- Volverás, B.M.; Amézquita-E.C. y Campos, J.M.Q. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Corpoica. Pasto, Colombia. 17(3): 361-377. ISSN: 0122-8706.
- Walkley, A. y Black, J.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic and proposed modification of chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38. ISSN: 1538- 9243.
- Weil, R.R. y Brady, N.C. (2016). The nature and properties of soils. Pearson Education. USA. ISBN: 978- 013- 325-448-8.
- Yan, Z.; Bond-Lamberty, B.; Todd-Brown, K.E.; Bailey, V.L.; Li, S.; Liu, C. y Liu, C. (2018). A moisture function of soil heterotrophic respiration that incorporates microscale processes. Nat. Commun., 9: 2562. ISSN: 2041- 1723.
- Zerbino, E. y Altier, N. (2015). La biodiversidad del suelo. Su importancia para el funcionamiento de los agroecosistemas. Suplemento tecnológico. INIA, 9 pág.

Fecha de recepción: 2 febrero 2018

Fecha de aceptación: 2 julio 2018

Agrotecnia de Cuba  
ISSN impresa: 0568-3114  
ISSN digital: 2414- 4673  
<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

