

**CARACTERIZACIÓN EDÁFICA DE LOS SUELOS EN LA FINCA SAN LORENZO, PAISAJE AGROFORESTAL DE LA SIERRA DEL ROSARIO, PROVINCIA ARTEMISA.**

Maite Torres Leblanch<sup>1</sup>, Yanisbell Sánchez Rodríguez<sup>1</sup>, Alejandro González Álvarez<sup>1</sup>, Juan Carlos Cordero Acosta<sup>2</sup>, Yoania Ríos Rocafull<sup>1</sup>, Julio Rodríguez Martínez<sup>1</sup>, Amarilis Cruz Ortega<sup>1</sup>, María Esperanza Álvarez Lora<sup>1</sup>, Maritza Díaz López<sup>1</sup>, Ariam Hernández García<sup>1</sup> y María Iluminada Rodríguez García<sup>1</sup>.

**RESUMEN**

El estudio se efectuó en la Finca San Lorenzo, perteneciente a la Reserva de la Biosfera, provincia Artemisa, en la cual se presentan las laderas norte y sur, con características naturales y de manejo diferenciadas. Los indicadores evaluados fueron: materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, humedad natural e higroscópica, densidad volumétrica y de la fase sólida, porosidad total, distribución de agregados, resistencia hídrica de los agregados, textura y la retención de humedad. El comportamiento de los suelos dependió del porcentaje de materia orgánica, la incidencia de la radiación solar, la pendiente, el tipo de cultivo y la vegetación existente. Se confirmó la eficiencia de esta última para almacenar agua, capturar el carbono y proteger el suelo de la erosión. Se evidenció la conveniencia del uso de abonos orgánicos, abonos verdes y la rotación de cultivos como alternativas para mejorar las condiciones físicas y químicas de estos. Los suelos bajo condiciones de mayor intervención antrópica mostraron menor contenido de materia orgánica y mayor densidad aparente que los suelos menos perturbados y en descanso. La granulometría de los suelos y la porosidad ejercieron una influencia decisiva en el almacenamiento de agua independientemente del manejo, lo que permitió demostrar que la viabilidad del sistema de producción está fuertemente condicionada por el contenido de materia orgánica y el recurso suelo.

**Palabras clave:** estado físico, materia orgánica, suelos

**Characterization of the soils in farm of agroforestry landscape of the Sierra del Rosario, Artemisa's province.**

**ABSTRACT**

The study was conducted in San Lorenzo Farm, belonging to the Reserve of the Biosphere, province Artemisa, under the hillsides north and south. Their characteristic natural of management the soil was different. The indicators evaluate were: organic matter, pH, electric conductivity, natural humidity, hygroscopic humidity, density bulk, density of the solid phase, total porosity, distribution of aggregates, hydric resistance of the aggregates, texture and the retention of humidity. The behavior of the soils depended on the percentage of organic matter, the incidence of the solar radiation, the slope, the kind of crops type and the vegetation. It was to confirm the efficiency of this last one to store water, to capture the carbon and to protect the soil of the erosion. It was confirmed the convenience of the use of organic manure, green manures and the rotation of crops as an alternatives to improve the physical and chemical conditions of these. The soils under conditions of increased mechanical intervention showed smaller percentage of

---

<sup>1</sup>MSc. Maite Torres Leblanch, Especialista del Departamento de Manejo de Cultivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT) MINAG. Calle 188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. Email: [agroquim@inifat.co.cu](mailto:agroquim@inifat.co.cu), <sup>2</sup>Estación Ecológica Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba.

organic matter and bigger bulk density that the soils fewer perturbed and in rest. The size's aggregates and the porosity of the soils had a decisive influence in the water storage independently of the management. It was demonstrated also that the viability of the production system is strongly conditioned by the content of organic matter and the resource soil.

**Key words:** physical state, organic matter, soil

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los suelos están seriamente amenazados por un sistema de uso impuesto por las condicionantes socioeconómicas y culturales (Sarandón y Flores, 2012 y Gallegos, 2013) y la práctica de sistemas de producción inadecuados, que han acelerado los procesos de erosión y degradación de grandes zonas, lo cual ocasiona tanto la reducción de su fertilidad (Cruz *et al.*, 2014), como la modificación de sus procesos naturales. Por lo anterior, se justifica realizar estudios que permitan diagnosticar y/o evidenciar el estado físico y químico de los mismos (Aruani *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2012 y Moges *et al.*, 2013) y consecuentemente, ejecutar las medidas correctivas pertinentes o las acciones preventivas para reducir los efectos adversos de estos procesos (Willians y Reyes, 2014).

En este caso la caracterización física y la materia orgánica juegan un rol decisivo en los niveles de producción a obtener por la respuesta del recurso suelo a las prácticas asociadas en los diferentes sistemas de producción (Mogollón *et al.*, 2010; Murray *et al.*, 2014), así como, su susceptibilidad a la degradación por acciones naturales o antrópicas. Así mismo, existen regiones que están ubicadas en zonas protegidas y declaradas como Reserva de la Biosfera, las cuales deben ser manejadas de forma eficiente para que conserven un estado físico favorable.

En la ejecución de los muestreos se tuvo en cuenta que la finca se encuentra entre dos parte aguas, las

Bajo la anterior premisa se evaluó el estado físico, químico y microbiológico de los suelos de la finca San Lorenzo. La información obtenida se analizó atendiendo a indicadores que influyen en la formación de una buena estructura, lo cual permitió medir la incidencia de estos en la capacidad productiva de estos suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó se realizó en el mes de mayo del año 2015, en la finca San Lorenzo, ubicada en la Sierra del Rosario, perteneciente a la Reserva de la Biosfera, provincia Artemisa, la misma está ubicada geográficamente al noreste de la zona montañosa occidental de Cuba. Coordenadas: N 22° 48' 53.352" W-83° 5' 5.532" (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la provincia Artemisa, sus municipios y la reserva de la Biosfera Sierra del Rosario.

cuales definen dos laderas con diferente orientación (norte y sur). Las mismas presentan características

naturales y de manejo diferenciadas con distintos grados de intervención (desde inalterados hasta muchos años de agricultura), según se muestran en la Tabla 1.

Se tomaron tres muestras independientes no disturbadas de suelos de la capa arable (0-20 cm)

para las determinaciones de la humedad natural y la densidad volumétrica en los siete puntos de la finca bajo diferentes cultivos y 1 kg de suelo para el resto de los análisis físicos y químicos. En la Tabla 2 se muestran las variables y métodos utilizados.

**Tabla 1.** Datos de los muestreos realizados en la finca San Lorenzo.

| <b>Muestreo</b> | <b>Orientación de la ladera</b> | <b>Cultivos presentes en la zona</b>   |
|-----------------|---------------------------------|--|
| <b>M1</b>       | Sur                             | Café ( <i>Coffea arabica</i> L.) y piña intercalada ( <i>Ananas comosus</i> L.)  |
| <b>M2</b>       | Sur                             | Conuco con maíz ( <i>Zea mays</i> , Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz.), quimbombó ( <i>Hibiscus esculentus</i> ) y calabaza ( <i>Cucurbita maxima</i> )  |
| <b>M3</b>       | Sur                             | Caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )  |
| <b>M4</b>       | Norte                           | Café ( <i>Coffea arabica</i> L.)   |
| <b>M5</b>       | Norte                           | Frutales: plátano ( <i>Musa spp</i> ), aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill), caimito ( <i>Chrysophyllum cainito</i> ) y mamey ( <i>Pouteria sapota</i> ), zona donde se ha realizado tumba y quema |
| <b>M6</b>       | Sur                             | Vegetación primaria  |
| <b>M7</b>       | Norte                           | Monte en regeneración, vegetación arbórea (40 años en descanso)  |

**Tabla 2.** Variables y métodos utilizados por nivel de organización estructural del suelo.

| <b>Nivel de organización estructural del suelo</b> | <b>Variables</b>   | <b>Método empleado</b>                           |
|--|--|--|
| <b>Nivel de partículas</b>                         | Densidad de la fase sólida   | Picnometría                                      |
| <b>Nivel de agregados</b>                          | Composición de micro- y macroagregados, Estabilidad hídrica de agregados, Capacidad de retención de humedad de agregados | Tamizado seco y húmedo (Savvinov); Capilarímetro |
| <b>Nivel de horizonte</b>                          | Densidad de volumen, humedad natural, Porosidad  | Cilindros cortantes; Gravimetría; Cálculos       |
| <b>Nivel de partículas</b>                         | Textura  | Tabaquito  |

La curva característica de humedad se determinó a través del dispositivo capilarímetro y se utilizó para: 1) determinar la capacidad de retención de agua disponible para las plantas, 2) evaluar cambios en la estructura del suelo, ya sea por compactación, laboreo, adición de materia orgánica, etc.; 3) estimar

la distribución del tamaño de poros y otras propiedades físicas del suelo.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado; el coeficiente estructural se determinó, a partir de los datos del tamiz seco y los agregados hidroestables, a través de los datos de tamiz

húmedo, en el Laboratorio de Física Agronómica del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT) y las metodologías de Orellana y Moreno (2004); la materia orgánica por Walkley and Black (1934) y los análisis físico-químicos según las metodologías propuestas por el Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana (IS, 1988).

Los datos generados fueron sometidos a un análisis de varianza, las comparaciones múltiples se sometieron a ANOVA de clasificación simple y una estimación múltiple de medias mediante la prueba de comparación de Tukey ( $P < 0,05$ ) como significativo. Para la representación de las curvas de retención de humedad se realizaron análisis de regresión por

estimación curvilínea. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 (2004).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los principales análisis físicos y químicos realizados a los suelos en estudio. Los valores de densidad volumétrica están por debajo de  $0,90 \text{ Mg/m}^3$  (Soil Survey Staff, SSS, 2010). Esto es característico de los suelos con predominio de materiales livianos. La tendencia al aumento de la densidad volumétrica a valores superiores a éste (1-3), pudiera ser indicativo de un deterioro físico a largo plazo por compactación en el horizonte A por cultivo continuado.

**Tabla 3.** Indicadores físicos y químicos de los suelos.

Leyenda: Wn: humedad natural, W<sub>H</sub>: humedad higroscópica, D<sub>v</sub>: densidad volumétrica, ps: densidad de la fase sólida, Pt: porosidad total y MO: materia orgánica. 1: Café y piña intercalada, 2: maíz, yuca, quimbombó y calabaza, 3: caña de azúcar, 4: café tradicional y robusta, frutales, 5: frutales y café, 6: vegetación primaria, 7:

| Muestreo | Wn (%)  | W <sub>H</sub> (%) | D <sub>v</sub> (Mg/m <sup>3</sup> ) | Ps (Mg/m <sup>3</sup> ) | Pt (%)  | MO (%) | pH     | CE (ds/m) |
|----------|---------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------|--------|--------|-----------|
| M1       | 18.21c  | 2.8362c            | 0.9696a                             | 2.5940a                 | 62.61b  | 1.96d  | 4.89f  | 0.661f    |
| M2       | 18.42c  | 2.5956d            | 0.9689a                             | 2.5607ab                | 62.15b  | 1.68d  | 5.58e  | 0.079e    |
| M3       | 18.12c  | 2.1506e            | 0.9092ab                            | 2.5590ab                | 64.47ab | 1.95d  | 5.82d  | 0.565g    |
| M4       | 32.50a  | 2.5052d            | 0.8663ab                            | 2.4601c                 | 66.35ab | 4.16b  | 6.34c  | 0.798d    |
| M5       | 25.76bc | 3.1815a            | 0.7999b                             | 2.5274b                 | 68.34a  | 3.75c  | 6.76ab | 1.066b    |
| M6       | 26.25bc | 2.9993b            | 0.8228b                             | 2.5409b                 | 67.54a  | 3.76c  | 6.58b  | 0.823c    |
| M7       | 41.35a  | 3.020b             | 0.8202b                             | 2.4292c                 | 66.23ab | 4.92a  | 6.88a  | 1.255a    |

monte en regeneración. Medias con letras iguales en la columna no difieren significativamente para Tukey  $P < 0,05$ .

Cabe destacar que la diversidad de cultivos contribuyó a un mejor estado físico de los suelos, lo cual se reflejó en las densidades volumétricas (menor a  $1 \text{ Mg/m}^3$ ) y de la fase sólida (2,42-2,59  $\text{Mg/m}^3$ ). El suelo de monte en regeneración mostró

los mayores valores de humedad natural e higroscópica y materia orgánica, lo que confirma la

eficiencia de la vegetación existente para almacenar agua, capturar el carbono (Murray *et al.*, 2011) y proteger el suelo de la erosión (Martínez *et al.*, 2008). Se reafirma además que los suelos con reducida perturbación y mayores períodos de descanso tienden a tener un mejor estado físico (Jaurixje *et al.*, 2013), mayores contenidos de materia orgánica y por tanto, una capacidad inherente para recuperarse de los disturbios

provocados por los cultivos y al mismo tiempo se retroalimenten los diferentes compartimentos del sistema suelo (Mogollón *et al.*, 2015).

En el caso de los suelos (1-3) los contenidos de materia orgánica son muy bajos (menores del 2%) por efecto del manejo (Cruz-Ruiz *et al.*, 2012). El suelo 2 tiene una fuerte pendiente, lo cual pudo ser la causa de que luego de dos años en descanso mostrara el menor contenido de materia orgánica, por consiguiente las pérdidas de carbono son tan altas que a pesar del tiempo transcurrido sin intervención, el mismo no se ha recuperado.

La chapea también pudo tener un efecto negativo al desproteger al suelo y favorecer la pérdida de carbono. Indudablemente estos suelos son afectados severamente por el manejo agrícola que provoca pérdidas de materia orgánica y erosión. En estos se hace necesario realizar prácticas de mejoramiento como: sembrar perpendicular a la pendiente, sembrar abonos verdes, la rotación de cultivos; incorporar los residuos de cosecha y la aplicación de materia orgánica (Barik *et al.*, 2011, Del Águila *et al.*, 2011; Ruiz, 2011; Dube *et al.*, 2012; Olivares *et al.*, 2012; Bertuzzi *et al.*, 2012; Betencourt *et al.*, 2012; Mehta y Karnwal, 2013). Estas medidas contribuyen al mejoramiento de las condiciones físicas y químicas de los suelos, así como detectar cambios en la calidad del suelo. (Paz-Ferreiro y Fu, 2013) teniendo en cuenta las características de cada agroecosistema (García *et al.*, 2012).

La estructura es un factor esencial de calidad del suelo (Bennitende *et al.*, 2012; Khaledian *et al.*, 2013) 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 (Willians, 2014).

El análisis granulométrico (Tabla 4) indicó diferencias estadísticas entre suelos para cada fracción: El suelo 7 caracterizado por un monte en regeneración tuvo un alto porcentaje (65%) de partículas mayores de 10mm, las mismas son características de suelos sin remoción en los que mantener el suelo con cero labranza contribuye a la consolidación del estado estructural, facilitado por la mayor acumulación de materia orgánica y condiciones para la cohesión entre partículas minerales (Tognetti *et al.*, (2008).

En todos los suelos hubo una menor proporción de partículas menores de 1mm, lo cual favorece el estado físico de los mismos en cuanto al drenaje y una distribución granulométrica homogénea; por ende, todos deben mostrar una buena respuesta en cuanto a capacidad agrícola productiva, con excepción de los suelos (1-3), que por sus bajos contenidos de materia orgánica, deben manifestar una capacidad agrícola reducida y una alerta temprana de procesos de degradación. Debe resaltarse que en dichos suelos, las situaciones de uso evaluadas son muy contrastantes. (Gabioud *et al.*, 2011).

Este comportamiento observado pudo estar influenciado por la incidencia de la radiación solar, la pendiente, el tipo de cultivo, el uso agrícola continuo (Baridón *et al.*, 2012) y la vegetación existente, ésta última, ejerce un efecto sobre la agregación de las partículas del mismo, ya que produce residuos que son fuente de energía para la actividad microbiana, pues las raíces de la planta no solo contribuyen a la cantidad de residuos, sino que influyen en la formación de agregados y a su vez protege a los mismos de la acción desintegradora de la lluvia. Además los efectos de los residuos vegetales sobre la estabilidad estructural resultan dependientes de los aportes y la secuencia de cultivos en cantidad y calidad (Rotenberg *et al.*, 2007).

La estabilidad de los agregados del suelo está condicionada especialmente por la acción del agua como factor de degradación y por la cohesión en estado húmedo como factor de resistencia. Así, 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 (Duval *et al.*, 2015) 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 (Novelli *et al.*, 2010).

**Tabla 4.** Porcentaje de agregados de los suelos (en %).

| Muestreos | > 10           | 10 a 7          | 7 a 5           | 5 a 3          | 3 a 2           | 2 a 1           | 1 a 0,5        | 0,5 a 0,25     | < 0,25         |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| M1        | 16,80 <b>b</b> | 9,88 <b>ab</b>  | 10,59 <b>cd</b> | 18,13 <b>b</b> | 14,36 <b>ab</b> | 18,74 <b>ab</b> | 3,97 <b>ab</b> | 4,17 <b>b</b>  | 3,36 <b>ab</b> |
| M2        | 19,13 <b>b</b> | 7,93 <b>b</b>   | 8,24 <b>d</b>   | 13,49 <b>b</b> | 12,76 <b>b</b>  | 23,28 <b>a</b>  | 4,63 <b>a</b>  | 4,94 <b>ab</b> | 5,56 <b>a</b>  |
| M3        | 21,39 <b>b</b> | 8,23 <b>ab</b>  | 8,84 <b>d</b>   | 15,43 <b>b</b> | 13,99 <b>ab</b> | 19,24 <b>ab</b> | 3,91 <b>ab</b> | 3,81 <b>b</b>  | 4,24 <b>a</b>  |
| M4        | 14,62 <b>b</b> | 10,55 <b>ab</b> | 12,22 <b>bc</b> | 17,39 <b>b</b> | 11,80 <b>b</b>  | 17,18 <b>ab</b> | 4,56 <b>a</b>  | 6,00 <b>a</b>  | 5,69 <b>a</b>  |
| M5        | 19,74 <b>b</b> | 10,92 <b>ab</b> | 13,89 <b>ab</b> | 17,88 <b>b</b> | 10,94 <b>b</b>  | 14,51 <b>b</b>  | 3,58 <b>ab</b> | 4,18 <b>b</b>  | 4,39 <b>a</b>  |
| M6        | 9,20 <b>b</b>  | 10,66 <b>ab</b> | 15,01 <b>a</b>  | 26,10 <b>a</b> | 17,40 <b>a</b>  | 16,68 <b>b</b>  | 2,59 <b>c</b>  | 1,45 <b>c</b>  | 0,93 <b>b</b>  |
| M7        | 64,90 <b>a</b> | 12,83 <b>a</b>  | 9,30 <b>d</b>   | 6,45 <b>c</b>  | 3,49 <b>c</b>   | 1,72 <b>c</b>   | 0,61 <b>c</b>  | 0,50 <b>c</b>  | 0,40 <b>b</b>  |

Leyenda: 1: Café y piña intercalada, 2: maíz, yuca, quimbombó y calabaza, 3: caña de azúcar, 4: café tradicional y robusta, frutales, 5: frutales y café, 6: vegetación primaria, 7: monte en regeneración. Letras iguales en la columna no difieren significativamente para Tukey P<0,05

La resistencia hídrica de los agregados ante la acción destructora del agua (Figura 2) permite predecir que puede suceder ante condiciones climáticas adversas (intensas lluvias). Cabe señalar que en todos los suelos existió una tendencia al aumento de los agregados <0,25 los cuales estaban por debajo del 10 % y después de ser sometidos a la acción del agua, aumentaron su proporción (25- 45 %). Esta fracción le confiere al suelo una mala estructura, al ser inestables y con fuerte tendencia a la destrucción, igualmente afectan la capacidad de infiltración del agua ya que al ser agregados tan pequeños aumentan la cohesión e impiden la circulación del agua a través del perfil afectando el drenaje.

En el suelo bajo monte en regeneración existió un predominio de los agregados de 10 mm (64,90 %) y una baja estabilidad estructural (0,39 %) aún en

la condición inalterada (Tabla 5), lo cual se explica con el alto porcentaje de agregados mayores, siendo condicionalmente aptos para la agricultura con una fuerte cohesión interna. Así, estas presiones externas tienen efecto diferencial en función de la cohesión en húmedo del suelo debido al contenido de arcilla y materia orgánica, y son propias de suelos sin remoción.

El aumento de los mesoporos (agregados 7-3 mm) y microporos (agregados 2-0,25 mm) a costa de los macroporos (mayores a 10 mm), puede en principio, aumentar ligeramente la capacidad de retención de agua en el suelo, pero a su vez, podría tener implicaciones negativas sobre la infiltración a medio o largo plazo. Por tanto, es de vital importancia mantener un seguimiento sistemático de la estabilidad estructural de los suelos ante la acción del agua.

Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por Ospina (2009), el cual plantea que la estabilidad de la estructura, es una estimación de la capacidad del suelo para mantener la arquitectura de la fracción sólida y del espacio poroso cuando se someten a la acción de fuerzas originadas por la acción del agua o de esfuerzos mecánicos externos. Por tanto, la porosidad disminuye como consecuencia de la reducción de los macroporos (>10 mm) producida por la desintegración de la macroestructura.

La textura del suelo es otra de las características físicas importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo e influye en el movimiento del agua en el perfil, la facilidad

de manejo y la cantidad de nutrientes; además indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa. La proporción relativa de estas fracciones minerales permite obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales. (Tabla 6). Se determinó la textura a través del tacto. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Ramírez *et al.*, 2006).

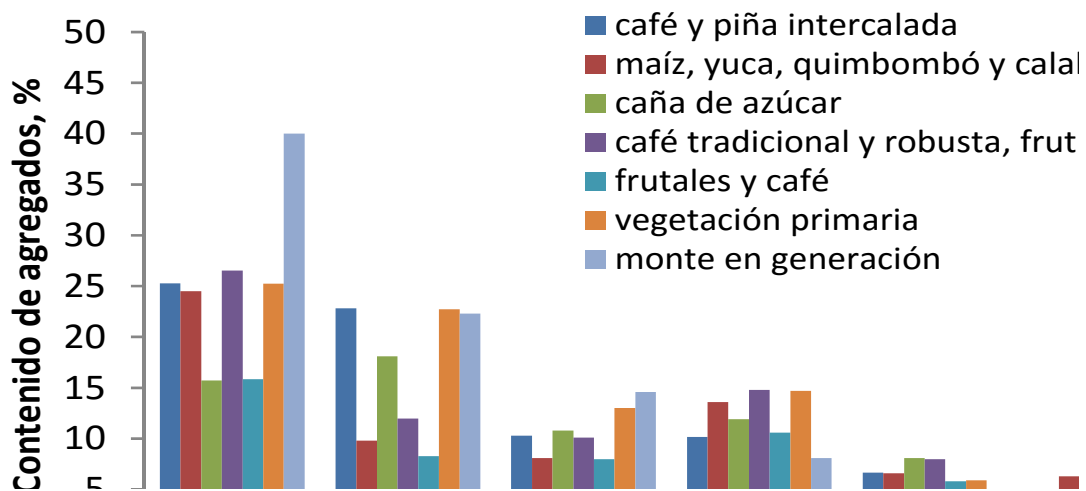


Figura 2. Resistencia hídrica de los agregados en los suelos estudiados

Tabla 5. Composición de macroagregados y agregados estables en agua, bajo diferentes condiciones (en %): Numerador, tamizado en seco; denominador, tamizado en húmedo.

**Torres et al. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA DE LOS SUELOS EN PAISAJE AGROFORESTAL**

| >10   | 10-7  | 7-5          | 5-3          | 3-2          | 2-1          | 1-05        | 0,5-0,25    | <0,25       | ∑10-0,25 | >0,25 | ∑10-0,25<br>>10+<0,25<br>5 |
|---|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------|----------------------------|
| <b>Café y piña intercalada</b>              |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 16,8  | 9,88  | <u>10,59</u> | <u>18,13</u> | <u>14,36</u> | <u>18,74</u> | <u>3,97</u> | <u>4,17</u> | <u>3,36</u> | 79,84    |       | 3,96                       |
|   |       | 25,26        | 22,84        | 10,3         | 10,17        | 6,67        | 4,58        | 20,13       |          | 79,82 |                            |
| <b>Maíz, yuca, quimbombó y calabaza</b>     |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 19,13                                       | 7,93  | <u>8,24</u>  | <u>13,49</u> | <u>12,76</u> | <u>23,28</u> | <u>4,63</u> | <u>4,94</u> | <u>5,56</u> | 75,57    |       | 3,06                       |
|   |       | 24,52        | 9,81         | 8,1          | 13,61        | 6,6         | 6,3         | 29,96       |          | 68,94 |                            |
| <b>caña de azúcar</b>                       |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 21,39                                       | 8,23  | <u>8,84</u>  | <u>15,43</u> | <u>13,99</u> | <u>19,24</u> | <u>3,91</u> | <u>3,81</u> | <u>4,24</u> | 73,45    |       | 2,86                       |
|   |       | 15,71        | 18,11        | 10,8         | 11,91        | 8,1         | 7,4         | 27,94       |          | 72,03 |                            |
| <b>café tradicional y robusta, frutales</b> |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 14,62                                       | 10,55 | <u>12,22</u> | <u>17,39</u> | <u>11,80</u> | <u>17,18</u> | <u>4,56</u> | <u>6,0</u>  | <u>5,69</u> | 79,7     |       | 3,92                       |
|   |       | 26,51        | 12,0         | 10,1         | 14,81        | 8,0         | 9,6         | 18,95       |          | 81,02 |                            |
| <b>frutales y café</b>                      |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 19,74                                       | 10,92 | <u>13,89</u> | <u>17,88</u> | <u>10,94</u> | <u>14,51</u> | <u>3,58</u> | <u>4,18</u> | <u>4,39</u> | 75,9     |       | 3,14                       |
|   |       | 15,84        | 8,3          | 8,0          | 10,6         | 5,8         | 5,1         | 45,96       |          | 53,64 |                            |
| <b>vegetación primaria</b>                  |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 9,20  | 10,66 | <u>15,01</u> | <u>26,10</u> | <u>17,4</u>  | <u>16,68</u> | <u>2,59</u> | <u>1,45</u> | <u>0,93</u> | 89,89    |       | 8,87                       |
|   |       | 25,23        | 22,71        | 13,0         | 14,7         | 5,9         | 3,8         | 14,65       |          | 85,34 |                            |
| <b>monte en regeneración</b>                |       |              |              |              |              |             |             |             |          |       |                            |
| 64,90                                       | 12,83 | <u>9,30</u>  | <u>6,45</u>  | <u>3,49</u>  | <u>1,72</u>  | <u>0,61</u> | <u>0,50</u> | <u>0,40</u> | 25,9     |       | 0,39                       |
|   |       | 40,1         | 22,3         | 14,6         | 8,1          | 2,0         | 3,6         | 9,4         |          | 90,7  |                            |

**Tabla 6.** Textura de los suelos en estudio.

| Muestreos | Cultivos                         | Textura       |
|-----------|----------------------------------|---------------|
| M1        | café y piña intercalada          | Loam medio    |
| M2        | maíz, yuca, quimbombó y calabaza | Loam medio    |
| M3        | caña de azúcar                   | Loam ligero   |
| M4        | café tradicional y robusta       | Loam medio    |
| M5        | frutales y café                  | Loam medio    |
| M6        | vegetación primaria              | Arena loamosa |
| M7        | monte en regeneración            | Arena loamosa |

En la Figura 3 se representan las curvas de retención de humedad. Se apreció una alta humedad de saturación superior al 60 % en todos los suelos estudiados; sin embargo, en casi todos los casos se produjo una disminución brusca del agua contenida en los poros a medida que el suelo se fue secando por el dominio de la fracción arena; por tanto el agua se infiltra rápidamente hacia las capas inferiores. Se destaca el suelo bajo monte en regeneración como el de mejor distribución de humedad a tensiones (100-180 cm). Su mayor porcentaje de materia orgánica pudo ser una de las causas de su mayor retención de humedad. La alta porosidad inicial de los suelos de estudio (65-95% vol.) favorecen la aireación, el movimiento del agua en los mismos y el desarrollo del sistema radicular de los cultivos (García de Souza *et al.*, 2011). Se demostró que la granulometría del suelo incidió en la capacidad de almacenamiento de agua y que la viabilidad de un sistema de producción está fuertemente condicionada por el recurso suelo y la materia orgánica.

### CONCLUSIONES

- En el caso de los suelos 1-3 los contenidos de materia orgánica fueron muy bajos (menores del 2%) por efecto del manejo, lo que permitió generar

alertas tempranas de procesos de degradación física y erosión.

- Los resultados evidenciaron las distintas características intrínsecas de los suelos, la dinámica que adquieren según el uso agrícola y logra separar diferentes mecanismos de agregación y desagregación ante al accionar del agua.
- Las características físicas, químicas y microbiológicas de los suelos en estudio dependió del porcentaje de materia orgánica, la incidencia de la radiación solar, la pendiente, el tipo de cultivo y la vegetación existente.
- En zonas estudiadas existieron diferencias entre los contenidos de materia orgánica y la concentración de diferentes grupos de microorganismos del suelo en dependencia de las prácticas agrícolas lo que indica necesidad de incorporar estrategias que permitan un menor impacto en la biodiversidad.

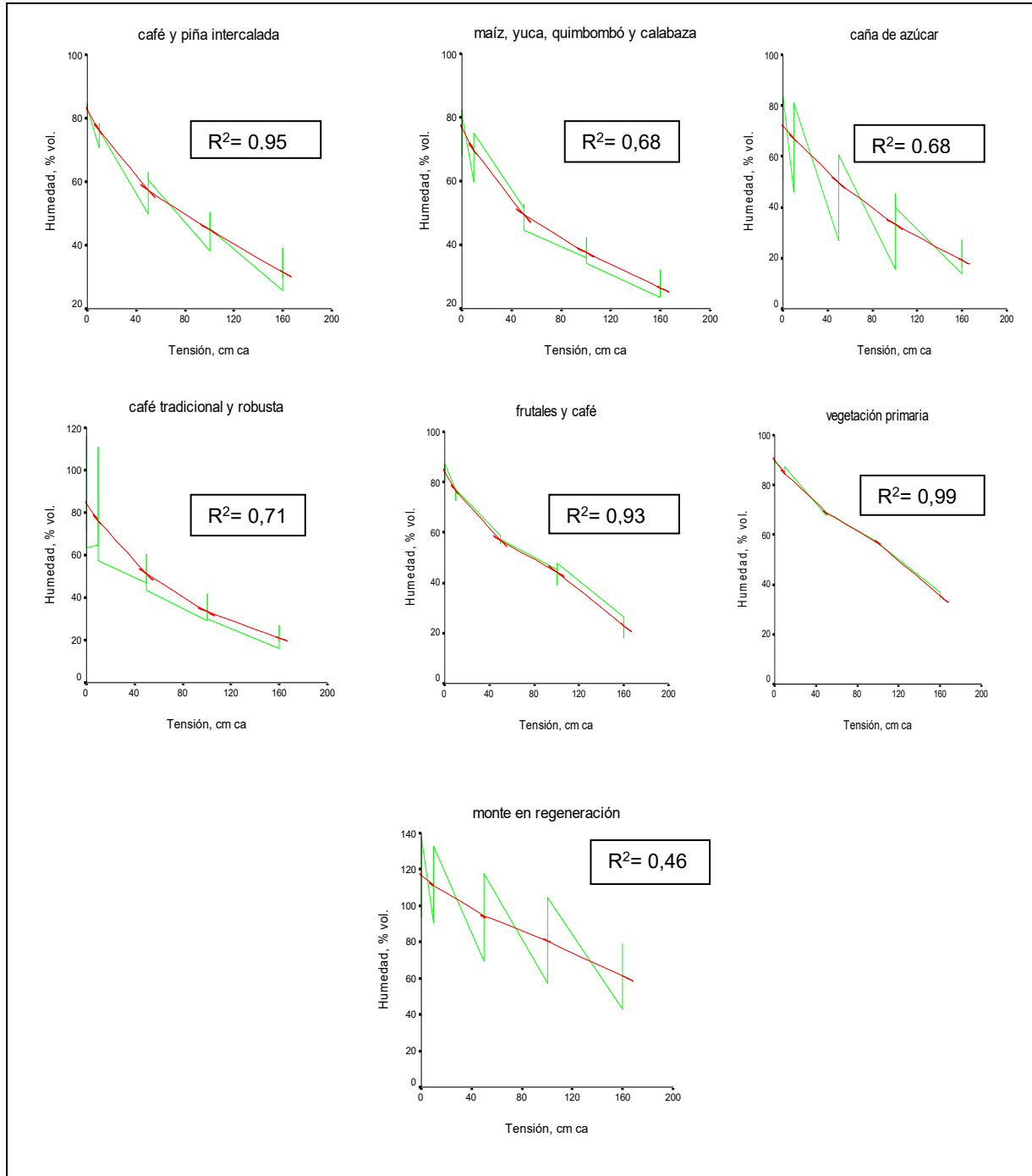


Figura 3. Curvas de retención de humedad de los suelos estudiados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aruani, M.C., Machuca, Y.; Gili, y Spera, N. (2012): Evaluación de las características físico-químicas y biológicas en dos suelos superficiales cultivados con pera (*Pirus communis* L.) cv. Williams bajo manejo convencional. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyos. Mendoza. Argentina, 44(1): 77-84.
- Baridón, E., Merani, V. y Cattani, V. (2012): Modificaciones en el carbono orgánico y la estabilidad estructural asociadas al uso del suelo en una zona subtropical de Argentina. Ciencia, 7 (25): 7-15.
- Barik, T., Gulati, J.M.L.; Garnayak, L.M. y Bastia, D.K. (2011): Production of vermicompost from agricultural wastes. Agric. Reviews, 31: 172-183.
- Bennitende, S., Benitende, M.; David, D.; Sterren, M. y Saluzzio, M. (2012): Caracterización de indicadores biológicos y bioquímicos en alfisoles, molisoles y vertisoles de Entre Ríos. Ciencias del Suelo, 30(1): 23-29.
- Bertuzzi, P., Justes, E.; Les Bas, C.; Mary, B. y Souchère, V. (2012): Effets des cultures intermédiaires sur l'érosion, les propriétés physiques du sol et le bilan carbone. Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaire: Conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques, 165-192.
- Betencourt, E., Duputel, M.; Coloma, B.; Desclaux, D. y Hinsinger, P. (2012): Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. Soil Biol. Biochem, 46: 181-190.
- Cruz, H.M., Hereaux, A.I.; Nápoles, R.M.; Oviedo, E.M.; Pérez, Y.R.; Reve, Y.C.; Rodríguez, J.C.; Rodríguez, W.C.; Rodríguez, Y.T.; Ruiz, R.P. y Turrulles, Y.T. (2014): "Los suelos cubanos", [en línea] *Ecured*. Centro de Desarrollo Territorial Holguín (ed.), Universidad de las Ciencias Informáticas, Holguín, cuba. disponible en: <http://www.ecured.cu/lossuelosencuba>.
- Cruz-Ruiz E., Cruz-Ruiz, A.; Aguilera-Gómez, L.; Norman-Mondragón, H.; Velázquez, R.; Nava-Bernal, G.; Dendooven, L. y Reyes-Reyes, B. (2012): Efecto en las características edáficas de un bosque templado, por el cambio de uso de suelo. Terra Latinoamericana, 30 (2): 189-197.
- Del Águila, J. P., la Fuente, L.J. y Vaca, P. R. (2011): Vermicomposting as a process to stabilize organic waste and sewage sludge as an application for soil. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14: 949-963.
- Dube, E.; Chiduzza, C. y Muchaonyerwa, P. (2012): Conservation agriculture effects on soil organic matter on a Haplic Cambisol after four years of maize-oat and maize-grazing vetch rotations in South Africa. Soil and Tillage Research, 123: 21-28.
- Duval M.E; J.A. Galantini, J.M; Martínez, F.M; López, L.G.W. (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.
- Gabioud, E.A.; Wilson, M.G. y Sasal, M.C. (2011): Análisis de la estabilidad de agregados por el método de *le bissonnais* en tres órdenes de suelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER, Ruta 11 km10.5 (3100) Paraná, Entre Ríos. Estación Experimental Agropecuaria INTA, Ruta 11 km 12.5 (3100) Paraná, Entre Ríos-Argentina. Ciencia del Suelo, 29 (2). ISSN 1850-2067.
- García de Souza, M., Alliaume, F.; Mancassola, V. y Dogliotti, S. (2011): "Carbono orgánico y

- propiedades físicas del suelo en predios hortícolas del sur de Uruguay”, *Agrociencia Uruguay*, 15 (1): 70-81. ISSN-2301-1548.
- García, Y.; Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012): Indicadores de calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35 (2): 125-138.
- Hernández Q; J.E; Vargas C.M; Lobo L.D. (2013): Efectos de la siembra directa sobre la estabilidad de los agregados en un inceptisol degradado bajo cultivo de arroz. XX Congreso Venezolano de la ciencia del Suelo San Juan de Los Morros. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales, 5 p.
- Instituto de Suelos (1988): Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana, 12 p.
- Jaurixje, M., Torres, D.; Mendoza, B.; Henríquez, M. y Contreras, J. (2013): Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 22 (3): 217-222.
- Khaledian, Y.; Kiani, F.; Weindorf, D. y Ebrahimi, S. (2013): Relationship of Potentially Labile Soil Organic Carbon with Soil Quality Indicators in Deforested Areas of Iran. *Soil Horizons*, 54 (4). DOI: 10.2136/sh13-04-0011.
- Madigan, M., Martinco, J.; Stahl, D. y Clarck, D. (2012): *Brock Biology of Microorganisms*. Thirteenth Edition. 1155 pp. ISBN 13: 978-8-321-64963-8.
- Martínez, E.; Fuentes, J.P. y Acevedo, E. (2008): Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del suelo y Nutrición vegetal*, 8 (1): 68-96.
- Mehta, N. y Karnwal, A. (2013): Solid waste management with the help of vermicomposting and its applications in crop improvement. *J. Biol. Earth Sci.* 3: 8-16.
- Moges, A.; Dagnachew, M. y Yimer, F. (2013): Land Use Effects on Soil Quality Indicators: A Case Study of Abo-Wonsho Southern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2013. DOI: 10.1155/2013/784989
- Mogollón, J.P.; Torres, D. y Martínez, A. (2010): Cambios e algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, Estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*, 22 (3): 217-222.
- Mogollón, J.P.S; Martínez, Alicia Elena y Torres. D.G. (2015): Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. 64 (4). <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.47115>.
- Murray Núñez, R.M; Bojórquez Serrano, J.I; Hernández Jiménez, A.; Orozco Benítez, M.G.; García Paredes, J.D.; Gómez Aguilar, R.; Ontiveros Guerra, H.M. y Aguirre Ortega, J. (2011): Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Universidad Autónoma de Nayarit. Revista Biociencias*. 1(3): 27-35.
- Murray, R.M.; Orozco, M.G.; Hernández, A.; Lemus, C. y Nájera, O. (2014): El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo 1 *Avances en Investigación Agropecuaria*. 8(1): 23-31. ISSN 0188789-0
- Novelli, L., Caviglia, O.; Wilson, M.G. y Sasal, M.C. (2010): Impacto de la frecuencia de soja sobre la agregación y el almacenaje de C en Molisoles y Vertisoles de Entre Ríos. En: *Anales del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina. 5p.
- Olivares, C. M. A., Hernández, R.A.; Vences, C.C., Jáquez, B.J.L. y Ojeda, B.D. (2012): Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y

- mejoradores de suelo. Universidad y Ciencia, 28: 27-37.
- Orellana, R. y Moreno, J.M. (2004): Manual de procedimientos técnicos para la evaluación física de sustratos orgánicos. Ed. Instituto de Investigaciones en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba. 15p.
- Ospina, A. (2009): Evaluación de la calidad física e hidrológica del suelo mediante el uso de indicadores bajo diferentes sistemas de manejo en Turén, edo Portuguesa. Trabajo de ascenso asistente, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, 112 p.
- Paz-Ferreiro, J. y Fu, S. (2013): Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. *Land Degradation & Development*. DOI: 10.1002/ldr.2262.
- Peltre, C., Christense, B.T.; Dragon, S.; Icard, C.; Kätterer, T.; Houot, S. y Roth, C. (2012): Simulation of carbon accumulation in soil after repeated application of widely different organic amendments. *Soil Biol. Biochem.*, 52: 49-60.
- Ramírez, R., Taboada, M.; y Gil, R. (2006): Efectos a largo plazo de la labranza convencional y la siembra directa sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico de la Pampa Ondulada Argentina. *Rev.Fac.Nal.Agr. (Medellín)*, 59 (1): 3237-3256.
- Rodríguez, A.U., Cairo C.P.; Torres A.P.; Dávila A.C.; Rodríguez, O.L.; Jiménez R.C. y Gattorno S.M. (2012): Selección de indicadores de calidad de los suelos hidromórficos de la provincia de Villa Clara. Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5½ Santa Clara, Cuba. CP: 54830. ISSN: 0253-5785.
- Rotenberg, D., Wells, A.J.; Chapman, E.J.; Whitfield, A.E.; Goodman, R.M.; Cooperby, L.R. (2007): Soil properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(11): 2936-2948.
- Ruíz, M. M. (2011): Taller de elaboración de lombricomposta [Recurso electrónico]. Porque tener lombrices nos beneficia a todos. Universidad Iberoamericana. México, D.F.[http://www.via.mx/web/files/Taller de Lombricomposta](http://www.via.mx/web/files/Taller_de_Lombricomposta).
- Sarandón, S.J. y Flores, C.C. (2012): La Agroecología: un paradigma emergente para el logro de un Desarrollo Rural Sustentable. In Frédéric Goulet, Danièle Magda, Nathalie Girard et Sarandón & Flores Valeria Hernández (Eds.) *L'agroécologie en Argentine et en France. Regards croisés*. Editions de L'Harmattan. Paris, France, III: 91-119.
- Soil Survey Staff (2010): Claves para la Taxonomía de Suelos. Undécima Edición, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 365p.
- SPSS 2004. Versión 12.1 para Window. Versión Estándar
- Tognetti, C., Mazzarino, M.J. y Laos, F. (2008). Compost of municipal organic waste: Effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity. *Universidad Nacional del Comahue. Soil Biology & Biochemistry*, 40: 2290–2296.
- Walkley, A. y Black, I.A. (1934): An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Sci.*37:29-38.

Willians, J. y Reyes, R. (2014). Procesos de compactación en un suelo Vertisol bajo cuatro condiciones de manejo en la llanura de Coro, estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*, 26 (1): 39-48.

Fecha aceptado: 20 de junio de 2016.

Fecha recibido: 13 de enero de 2016.

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.ausuc.co.cu>

