

19

Recibido: mayo, 2023 Aprobado: junio, 2023 Publicado: agosto, 2023

PROPIEDADES FÍSICAS Y COMPONENTES DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LA FINCA MARIPA, CUMANAYAGUA, CIENFUEGOS

PROPERTIES PHYSICS AND SOIL FERTILITY COMPONENTS ON THE MARIPA FARM, MUNICIPALITY CUMANAYAGUA, CIENFUEGOS PROVINCE

Yusbiel José León Valdívies¹

Email: yusbielleon@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8017-7681>

Lázaro Jesús Ojeda Quintana²

Email: lazaroojq@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2340-2876>

Adrian Aquila Martínez¹

Email: adrian.aguila2003@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8267-4650>

Yanoris Bernal Carrazana³

E-mail: ybernal@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8706-2946>

¹Productor Finca Maripa, Granja Urbana, Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos, Cuba.

³Unidad Científico Tecnológica de Base Suelos, Barajagua, Cienfuegos. Instituto de Suelos.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

León Valdívies, Y. J., Ojeda Quintana, L. J., Aquila Martínez, A., Bernal Carrazana, Y. (2023). Propiedades físicas y componentes de la fertilidad del suelo en la Finca Maripa, Cumanayagua, Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(2), 141-149. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar análisis físicos, químicos y biológicos al suelo en la Finca familiar Maripa. Se identificaron los campos (tratamientos) y se adecuaron a un diseño experimental en Bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro réplicas. Los datos se procesaron estadísticamente, mediante un ANOVA de clasificación simple. Independientemente de las diferencias estadísticas que pudieran existir, los suelos en los sitios estudiados presentaron gran similitud. Las observaciones arrojaron un suelo no plástico, erosionado, con un predominio alto de arena, coeficiente de permeabilidad excelente, factor de estructura y estabilidad de los agregados malos y baja porosidad, con peso específico mayormente mediano y densidad aparente alta, que indica un predominio de compactación del suelo. El pH de ligero a medianamente ácido, contenido de materia orgánica y reserva de carbono en el suelo muy bajo, al igual que el fósforo asimilable. Se concluye que los suelos de la finca presentan un marcado deterioro de sus principales componentes físicos, químicos y biológicos que pueden afectar su fertilidad. Se recomienda aplicar un programa integral de mejoramiento del suelo a corto y mediano plazo para facilitar una recuperación paulatina de su productividad.

Palabras clave:

Propiedades químicas y físicas del suelo, fertilidad, manejo, erosión.

ABSTRACT

The objective of this work was to carry out physical, agrochemical and biological analysis of the soil in the Maripa family farm. The fields (treatments) were identified and adapted to an experimental design in randomized blocks with nine treatments and four replicates. The data was statistically processed, using a simple classification ANOVA. Regardless of the statistical differences that may exist, the soils in the studied sites presented great similarity. The observations showed a non-plastic, eroded soil, with a high predominance of sand, excellent coefficient of permeability, structure factor and stability of bad aggregates, and low porosity. The specific weight mostly medium, a high apparent density, which indicates a predominance of soil compaction. The pH is light to moderately acidic, the organic matter content and the carbon reserve in the soil are very low, as is the assimilable phosphorus. It is concluded that the soils of the farm present a marked deterioration of its main physical and chemical components that can affect its fertility. It is recommended to apply a comprehensive soil improvement program to improve these indicators in the short and medium term and facilitate a gradual recovery of its productivity.

Keywords:

Chemical and physical properties of the soil, fertility, management, erosion.

INTRODUCCIÓN

Cuba invierte alrededor de 2 000 millones de dólares en la importación de alimentos cada año (ONEI, 2018). Ante el complejo escenario actual, el Estado cubano apuesta por la producción local de alimentos como condición esencial para el desarrollo. Alcanzar la soberanía alimentaria y nutricional constituye un asunto estratégico para Cuba (Pérez et al., 2021).

El año 2015 fue declarado por la Asamblea General de Naciones Unidas como Año Internacional de los Suelos y coincidentemente, se cumplió el 50 Aniversario de la fundación del Instituto de Suelos de Cuba. Como quiera que el suelo es un recurso natural principal, y conociendo su estrecha relación con la producción de alimentos, el cambio climático y la prioridad que el gobierno cubano da a alcanzar la Seguridad Alimentaria resulta fundamental prestarle la máxima atención. La degradación de los suelos constituye el principal problema ambiental de Cuba, el país priorizó el establecimiento de programas dirigidos a la conservación y mejoramiento de los suelos (Muñiz, 2015).

En Cuba se viene trabajando en el diagnóstico de la degradación de los suelos, para lograr la sostenibilidad de los mismos mediante investigaciones a mediano y largo plazo, sobre la base de los llamados sectores y parcelas de referencia (Hernández et al., 2006a).

Estudios sobre la degradación del suelo por procesos erosivos en la Región Central de Cuba comenzaron en la década del 80 con investigaciones desarrolladas por la Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) de Suelos, Barajagua, Cumanayagua, Cienfuegos. Se pudo constatar las causas antropogénicas en la aceleración de este proceso degradativo y además su incidencia desfavorable en propiedades físico-químicas del suelo y rendimientos agrícolas de las cosechas, entre otras (Hernández et al., 2018).

El aumento en la intensidad del uso de los suelos es un factor del cambio global de importancia en la degradación de los agroecosistemas que pone en riesgo su uso sustentable y afecta la pérdida de los servicios ecosistémicos provistos por los suelos (Nicosia et al., 2020).

El recurso natural suelo en Cuba muestra un alto grado de deterioro, observándose incidencias de varios factores limitantes, incluso en una misma área, entre ellos: 43 % de los suelos está afectado por erosión fuerte a media (3,0 millones de hectáreas); 40 % por mal drenaje (2,7 millones de hectáreas); 70 % por bajo contenido de materia orgánica (4,7 millones de hectáreas); 37 % por baja retención de humedad (2,5 millones de hectáreas); 24 % por compactación (1,6 millones de hectáreas); 15 % por salinidad y sodicidad (1,0 millón de hectáreas); 12 % por pedregosidad (1,0 millón de hectáreas) y 10 % por acidez, pH en KCL \leq 4,6, con 0,7 millones de hectáreas comprometidas (CITMA, 2020).

En la actualidad las transformaciones en la agricultura cubana apuntan cada vez más a nuevos usufructuarios de la tierra, en función de perfeccionar el modelo de gestión

agropecuaria, para disponer de un sistema agroalimentario sostenible. Dentro de ellos, el incremento de fincas familiares y huertos caseros es cada vez más frecuente. Esta modalidad de fincas se considera una de las actividades agrícolas más antiguas; ha evolucionado a través de generaciones con una intensificación progresiva del uso del suelo (Kumar y Nair, 2004).

Galhena et al., (2013) alegan que la concepción de estas fincas está en la estrecha combinación de árboles, arbustos y cultivos anuales, también asociados con animales, para garantizar la seguridad alimentaria y económica familiar, y además la comercialización de sus productos, el intercambio de conocimientos y la cohesión con la comunidad. Por lo que, resulta primordial la asesoría a los emprendedores que asumen la producción agropecuaria bajo esta modalidad en función de garantizar un uso más eficiente del suelo y sus bienes y servicios.

El objetivo del presente trabajo fue realizar análisis químicos, físicos y biológicos del suelo en la Finca familiar Maripa para identificar los principales componentes de su fertilidad, y de esta forma facilitar a su equipo de trabajo criterios técnicos que les permitan establecer un manejo adecuado del suelo para lograr una mejor protección del mismo e incrementar los rendimientos agrícolas de sus principales cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Maripa, perteneciente a la UBPC Agricultura Urbana del municipio de Cumanayagua, provincia. Posee una superficie de 5,40 ha, de ellas 3,40 ha dedicadas a cultivos varios y 2,00 ha para pastos y forrajes. La pluviometría se caracteriza por un período lluvioso (mayo-octubre) y menos lluvioso (noviembre-abril), con un promedio anual de precipitaciones superior a los 1400 mm.

Para el análisis químico-físico y biológico del suelo se identificaron los campos, los cuales conformaron una Unidad experimental por independiente:

1. Campo 1: Entrada
2. Campo 1a: El Molino
3. Campo 2: La Barrera
4. Campo 2a: El Tanque
5. Campo 3: La Arboleda
6. Campo 4: La Ventana
7. Campo 4a: Casa Vieja
8. Campo 5. Taza de oro
9. Área en barbecho



Figura 1. Vista de la finca. Campos en preparación de suelo y cultivo de girasol

El suelo del área de estudio se clasifica como un tipo genético de suelo Pardo Grisáceo, Subtipo erogénico. Las características que definen a estos suelos como tipo genético, diferenciándolos de los otros suelos del tipo Pardo es su nivel más bajo de fertilidad, sobre todo por la textura ligera, menor capacidad de retención de nutrientes y humedad, así como una reacción del suelo más ácida. Los Subtipos se establecen sobre a base de la presencia de horizonte mullido, características arénicas, humificación, presencia de nódulos ferruginosos y la evolución agrogénica o erogénica (Hernández et al., 2015).

El área se caracteriza por una pendiente del terreno ondulada estimada en un 32 %. La sensación al tacto del suelo en todos los casos resultó áspera, con predominio mayor de fracción de arena y muy escasa presencia de partículas finas (limo y arcilla), lo que podría indicar un suelo franco-arenoso, que coincide con Hernández et al., (2015), al referir que las variedades de estos suelos por su textura presentan un predominio de textura franco arenoso y arenoso francosa. Mostró un horizonte mullido y la presencia escasa de nódulos ferruginosos.



Figura 2. Corte del suelo, trazas de nódulos ferruginosos y terrones

La toma de muestras se realizó en cada campo el 16 de julio del 2022 por el método del Entramado al azar, en forma de zigzag (IGAC, 2006). Se conformaron 4 muestras compuestas por campo, a una profundidad entre 0 y 20 cm que constituyeron las repeticiones. Los análisis

Se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Análisis físicos e hidrofísicos:

- Coeficiente de permeabilidad (Log 10k), por el método de Henin et al., (1958).
- Factor de estructura (% FE), según Vageler & Alten (1931).

- Agregados Estables (% AE), por Henin et al., (1958).
- Límite Superior de Plasticidad (% hbss LSP), por el método del Cono de Balancín de Vasiliev (Atterberg, 1911).
- Peso específico del suelo o densidad real (g/cm³ Pe), según el método del pignómetro, mediante ebullición (NRAG 370, 1980).
- Densidad aparente del suelo (g/cm³ Da), por el método del cilindro (NRAG 370, 1980).
- Humedad (% hbss), por gravimetría en la estufa a 105 °C hasta llevar peso constante (NC 110, 2001).
- Porosidad total (Pt), por cálculos $Pt = (1 - (da/Pe)) * 100$

Análisis químicos:

- pH (KCl), por el método potenciométrico, usando la relación de suelo: solución 1:2,5 (NC ISO-10390, 1999).
- P asimilable (mg 100 g de suelo P₂O₅), método de Olsen et al. (1954).
- Conductividad Eléctrica (µS/cm CE), mediante el método del conductímetro, usando la relación de suelo: solución 1:5. Se calcula por la fórmula Cond. Elect. a 25 °C = Cond. Elect. T X ft (NC ISO-112, 2001).

Análisis biológicos:

- Materia Orgánica (% MO), por el método colorimétrico de Walkley y Black por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado (NC ISO-51, 1999).
- Reserva de carbono del suelo (mg. ha⁻¹ RC) a una profundidad de 0 a 20 cm: Se calculó el Carbono orgánico en el suelo, a partir de la ecuación de Kass (Bojórquez-Serrano et al., 2015):
 $\% \text{ COS} = \frac{\% \text{ MO}}{1,724}$; posteriormente se cuantificó la RC, por la fórmula:
 $\text{RC (mg/ha}^{-1}\text{)} = \% \text{ COS} * \text{Da} * \text{Ps}$ (Hernández et al., 2013), donde:

RC: Reserva de carbono orgánico en el suelo (mg/ha⁻¹)

% COS: porcentaje de carbono orgánico en el suelo

Da: densidad aparente (g/cm³)

Ps: profundidad del suelo (cm).

Análisis estadístico

Todos los caracteres cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza por lo cual se procedió a efectuar un ANOVA. Para la discriminación de medias se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$), en los casos en que el ANOVA resultó significativo. Como herramienta de uso, el programa estadístico SPSS (versión 15.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 muestra el pH y la materia orgánica del suelo. Independientemente de las diferencias estadísticas que puedan existir, los suelos de los sitios estudiados presentan gran similitud, un pH entre ligera y medianamente

ácido, de acuerdo a la clasificación de MINAG, (1984) y ácido (entre 5 y 5,5), según Martín (2011). Señalar el Campo 1a El Molino con un valor de 6,77, que lo ubica en tipo neutro, de acuerdo a los autores anteriormente mencionados.

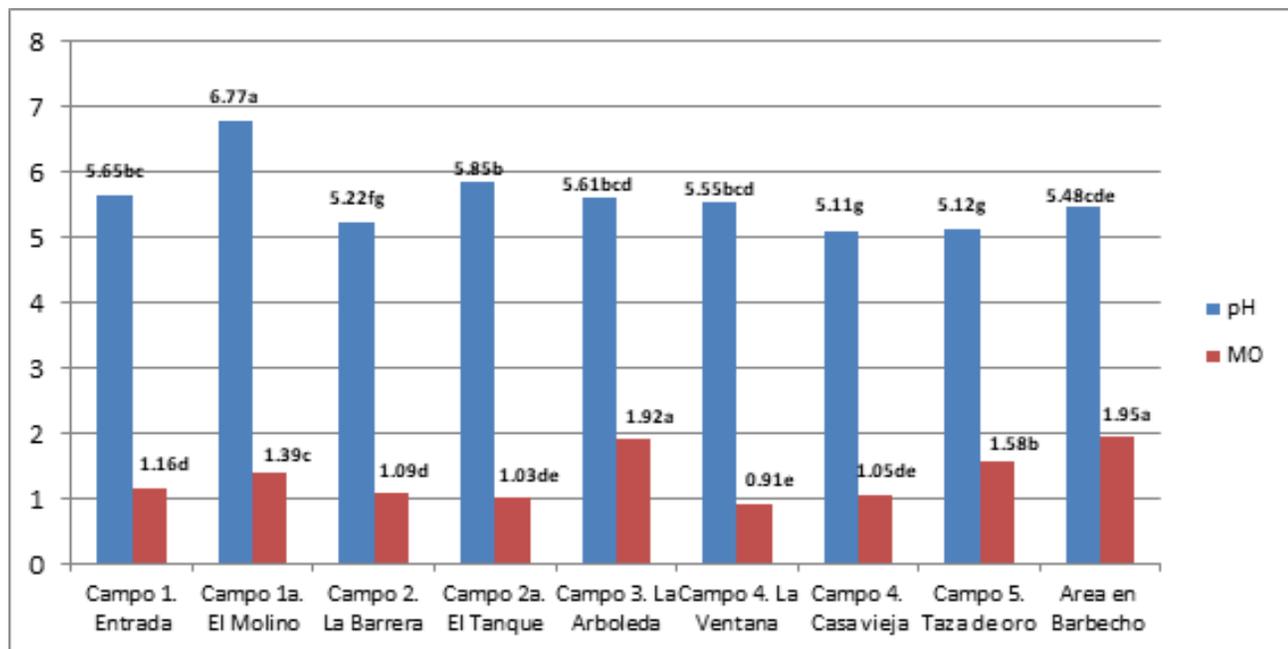


Figura 3. Contenido de materia orgánica del suelo y valor del pH

ES±: 0,5104*-0,4003*

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey (P≤0,05)

El pH 6,77 del Campo 1a, El Molino difirió estadísticamente de forma absoluta con el resto de los tratamientos. No resulta común encontrar este pH en un suelo Pardo Grisáceo erogénico; los productores refieren que en esta área se ha aplicado compost y materia orgánica descompuesta en campañas anteriores, además de incorporar rastrojos post cosecha de cultivos varios, lo que pudiera influir de forma paulatina en la corrección del pH. Similar tendencia encontró Hernández et al., (2015) al evaluar efecto de medidas de mejoramiento y conservación de suelo en la región central de Cuba en áreas bajo distintos usos.

El contenido de materia orgánica estuvo muy bajo, según Martín (2011) que ubica valores inferiores a 1,5 % en esta categoría. En la misma se incluyeron todos los tratamientos, excepto los campos La Arboleda, Taza de oro y el área en Barbecho, los que resultaron bajos, de acuerdo con MINAG, (1984), con un < 2 % de materia orgánica.

Resulta evidente la pobreza de los suelos en cuanto a materia orgánica, atribuida, no solamente a la procedencia erogénica, sino también a una limitada aplicación de medidas de mejoramiento del suelo (dígase abonos verdes, rotación y asociación de cultivos, enmiendas orgánicas, así como un limitado trabajo de conservación en las áreas con mayor pendiente y riesgos de erosión hídrica, lo que

puede traer consigo pérdida de materia orgánica del suelo por arrastres y escorrentías). Estos resultados han sido corroborados por Hernández et al., (2015) al comparar la influencia de diferentes sistemas de cultivo y medidas de conservación sobre las pérdidas de suelo.

La materia orgánica (MO), es un factor clave en la capacidad de los suelos para mantener la productividad biológica, la calidad ambiental y la salud de las plantas (Mao et al., 2014); y junto con el carbono orgánico (CO), son de los mayores componentes del suelo y la principal fuente energética de microorganismos (Boul et al., 2011), lo que pudiera sugerir para estas condiciones una disminución de la actividad microbiana del suelo.

De manera general, en observaciones visuales realizadas durante los muestreos, se hallaron en el suelo algunos ejemplares de la macrofauna, tales como coleópteros, hormigas y lombrices de tierra, pero en todos los casos con escasa presencia. La fauna edáfica tiene un rol relevante en la provisión de la descomposición de la materia orgánica, la actividad microbiológica y el ciclado de nutrientes. Las prácticas agrícolas intensivas pueden afectar la misma y modificar su composición y riqueza (Nicosia et al., 2020).

Según Schindelbeck et al., (2008), un 5.4 % de MO en suelo se considera excelente, 2.3 % es bajo, mientras que

suelos con menos de 1%, se clasifican con baja fertilidad (USDA, 2006). En este particular se incluye el campo La Ventana, que muestra una carencia marcada de materia orgánica. A criterio de los productores este campo no ha tenido un tratamiento diferente del resto en cuanto a su preparación y al tipo de cultivo que se ha plantado, y sin embargo el contenido de materia orgánica es muy bajo.

La Figura 4 refleja la reserva de carbono (RC) en el suelo, la misma muestra una relación proporcional con el contenido de materia orgánica. Se aprecian en el campo La Arboleda y el Área en Barbecho los mayores valores de reserva de carbono. Este comportamiento pudiera atribuirse a que en La Arboleda hay presencia de árboles (que aportan hojarasca al suelo), además de cultivos permanentes (café), y el Área en Barbecho mantiene el suelo cubierto con pastos, lo que permite una mejor protección ante los factores bióticos. En el resto de los

campos, un uso continuado, sin manejo adecuado pudiera deteriorar aun sus propiedades agroquímicas.

León et al., (2005) al estudiar manejo agroecológico de un suelo Pardo, encontró que algunas de las claves indispensables para preservar y mejorar la fertilidad de suelos son mantenerlo cubierto y con presencia de árboles.

El Carbono orgánico del suelo (COS) es el principal componente de la materia orgánica con un rol trascendental en el mantenimiento de la calidad de los suelos, y de conjunto con la biomasa microbiana juegan un papel muy importante en el ciclo de los nutrientes (Galantini & Suñer, 2008). Por otra parte, el carbono orgánico del suelo es importante ya que como parte de la materia orgánica influye en las propiedades del suelo como la estructura, la capacidad de intercambio catiónico, la densidad aparente, la porosidad y la infiltración.

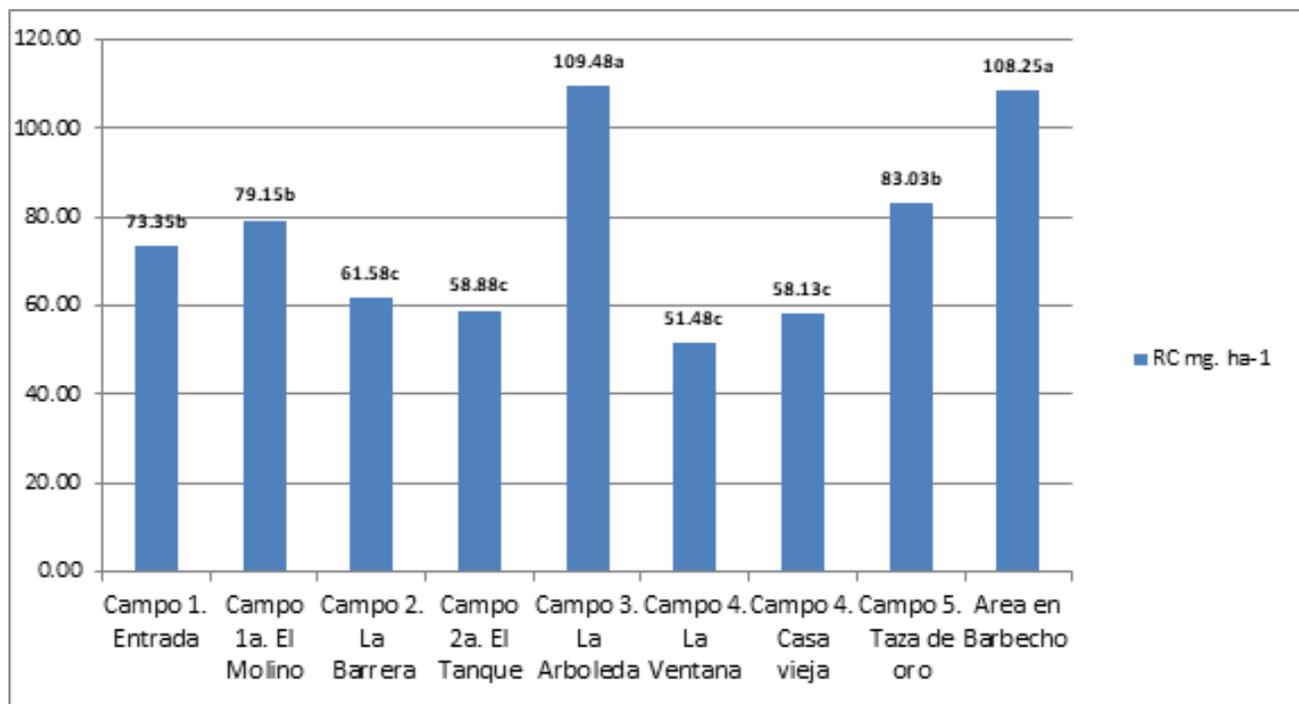


Figura 4. Reserva de carbono orgánico en el suelo
 ES±: 5.003*
 Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey (P≤0,05)

Si bien los indicadores físicos, químicos y biológicos no determinan por separado la calidad del suelo, la mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica es el principal indicador, e indudablemente que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Duval et al., 2013). A tenor con este criterio, los suelos de la finca Maripa se han comportado como pocos productivos y requieren de un programa de manejo integral para alcanzar una mejor productividad en el tiempo.



Figura 5. Campos La Arboleda y La Barrera

En la Tabla 1 se observa el contenido de fósforo asimilable (P) y la conductividad eléctrica (CE). La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo; mostró en este caso un suelo no salino (< de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), según la NRAG 564, lo que favorece el esquema productivo concebido en la finca, que plantea incrementar las áreas con frutales, cultivos varios, pastos, forrajes y especies de plantas proteicas regionalizadas a estas condiciones de suelo.

De acuerdo a Olsen (1954), el fósforo asimilable resultó bajo en todos los tratamientos (< 0,50 mg/100g de suelo). La disponibilidad del fósforo proviene directamente de las reservas del suelo, la producción agrícola va extrayendo esas reservas, hasta volver al fósforo un factor limitante. Corroborar este particular pudiera evaluarse en condiciones de macetas en la propia finca mediante un estudio de niveles críticos del suelo, lo que permitiría determinar las carencias nutricionales y aportar criterios para un sistema de manejo del suelo más cercano a la realidad.

Tabla 1. Fósforo asimilable y conductividad eléctrica del suelo

Tratamientos	P asimilable (mg. 100g suelo)	CE ($\mu\text{S}.\text{cm}$)
1. Campo 1. Entrada	0.181e	63.36b
2. Campo 1a. El Molino	0.21de	75.25a
3. Campo 2. La Barrera	0.391bc	57.99c
4. Campo 2a. El Tanque	0.304cd	63.24c
5. Campo 3. La Arboleda	0.312c	57.99c
6. Campo 4. La Ventana	0.435b	33.12d
7. Campo 4. Casa vieja	0.332c	28.28d
8. Campo 5. Taza de oro	0.550a	60.56bc
9. Área en barbecho	0.550a	26.28e
ES \pm :	0.1397	3, 1210

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey ($P \leq 0,05$)

Al no existir ninguna otra fuente dentro del sistema, el fósforo debe ser repuesto (Vandermeer, 2011). Lo anterior apunta a la necesidad de suplir la deficiencia de P_2O_5 fuentes orgánicas, también el uso de microorganismos como las micorrizas que pueden captar el fósforo a una mayor profundidad del suelo, bacterias solubilizadoras de fosfatos, o la combinación acertada del fósforo mineral con las variantes anteriores.

En la Tabla 2 se aprecian algunas propiedades físicas del suelo. De acuerdo a Cairo y Reyes (2007), la estabilidad de los agregados es regular (entre 40 y 55 %) en todos los tratamientos, menos en La Barrera que con 56,44 % resultó adecuado. El factor de estructura es malo (< 55 %) y el Coeficiente de permeabilidad es excelente (entre 2.00 y 2.50). Respecto al límite superior de plasticidad resultó < de 50 % hbss, lo que indica un suelo no plástico, según Cairo y Reyes (2007).

Resulta importante identificar, que una estabilidad de los agregados regular como la que muestran todos los tratamientos indica que en este tipo de suelo los granos de arena son relativamente grandes y se mantienen unidos débilmente, lo que conlleva a que el bajo contenido de arcilla forme una estructura interna de baja capacidad, que puede limitar la retención de agua y la preparación del suelo. Lo anteriormente descrito se corresponde con el factor de estructura catalogado como malo en todas las variantes evaluadas.

Tabla 2. Propiedades físicas del suelo (a)

Tratamientos	Agregados estables (EA %)	Factor de estructura (FE %)	Coeficiente de permeabilidad (Log 10k)	Límite Superior de plasticidad (% hbss)
1. Campo 1. Entrada	47.91cd	49.00a	2.48c	22.42bc
2. Campo 1a. El Molino	45.01de	43.77b	2.74ab	23.37ab
3. Campo 2. La Barrera	56.44a	40.51c	2.56c	22.43bc
4. Campo 2a. El Tanque	53.91ab	42.31bc	2.15e	24.13a
5. Campo 3. La Arboleda	50.91bc	41.42bc	2.73b	22.71abc
6. Campo 4. La Ventana	43.64e	41.82bc	2.24de	21.63c
7. Campo 4. Casa vieja	45.99de	32.74d	2.30de	21.33c
8. Campo 5. Taza de oro	38.97f	43.74b	2.46c	22.02bc
9. Área en barbecho	49.82c	47.22a	2.96a	22.36bc
ES \pm :	5.6022	4.3551	0.2816	1.2075

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey ($P \leq 0,05$)

En la Tabla 3 se indican los valores del peso específico o densidad real, densidad aparente y porosidad total. De acuerdo con Martín (2011), los valores de peso específico entre 2,40 y 2,60 se corresponden con medianos (tratamientos 1, 2, 3, 5, 6 y 8) y entre 2.61 y 2.80 alto (tratamientos 4, 7 y 9). En general, la densidad real de los suelos que no poseen cantidades anormales de minerales pesados, oscila alrededor de 2,65 si los contenidos de materia orgánica no superan el 1% (De Leenheer, 1967; De Boodt, 1965), citados por Font, 2008.

La densidad aparente resultó mayor de 1.60 $\text{g}.\text{cm}^3$ en todos los tratamientos, menos en el campo Taza de oro (tratamiento 8), con 1,52 $\text{g}.\text{cm}^3$, valor que difirió del resto. Señalar, que en el tratamiento 1 (campo Entrada) la misma tuvo el valor más alto, con 1,83 $\text{g}.\text{cm}^3$, con diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de los demás, que no difirieron

entre sí (2, 3, 4, 5, 6, 7 y 9). Martín (2011) refiere que valores de Da superiores a 1,60 g.cm³ se consideran muy altos y entre 1,46 y 1,60 g.cm³ alta. En ambos casos la misma indica la presencia de suelos muy compactados, con elementos que pueden perturbar sus componentes químicos, físicos y biológicos e incidir negativamente en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas y el rendimiento.

La Da es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo; a medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la densidad aparente y viceversa. Este comportamiento se aprecia en el trabajo, al encontrar muy bajo contenido de materia orgánica y resultar en una densidad aparente alta. En suelos arenosos es mayor la Da y puede variar entre 1,2 y 1,6 g. cm³ (Espinoso et al., 2011).

Tabla 3. Propiedades físicas del suelo (b)

Tratamientos	Peso específico (g. cm ³)	Densidad aparente (g. cm ³)	Porosidad total (%)	Humedad (% hbss)
1. Campo 1. Entrada	2.55bcd	1.83a	28,38d	10,11f
2. Campo 1a. El Molino	2.52cd	1.65b	36,23bcd	10,11f
3. Campo 2. La Barrera	2.56bc	1.63b	37,76bc	7,16g
4. Campo 2a. El Tanque	2.65ab	1.65b	35,06bcd	10,69e
5. Campo 3. La Arboleda	2.53cd	1.67b	39,61cd	13,77d
6. Campo 4. La Ventana	2.46d	1.65b	37,56bcd	15, 83a
7. Campo 4. Casa vieja	2.62bc	1.65b	37,56bcd	15, 83 ^a
8. Campo 5. Taza de oro	2.53cd	1.52c	39,85b	14,77c
9. Área en barbecho	2.75a	1.61b	41, 57a	14,82b
ES±:	0.1042	0.8671	6,9221	2,9703

Fuente: Elaboración propia

Letras distintas en la misma columna difieren entre sí, Tukey (P≤0,05)

Cairo y Fundora (1995), correlacionan un contenido de materia orgánica de la capa arable del suelo menor que 3

% con una densidad real o peso específico comúnmente entre 2,6-2,7 g/cm³, mientras que la densidad aparente muy alta, con valores > 1,60 g cm³, que muestra un suelo compactado.

Muscolo et al. (2014) plantearon que cuando la Da aumenta, la compactación del suelo es mayor y puede afectar la retención de humedad y limitar el crecimiento de las raíces, ya que la Da se modifica por las partículas sólidas y el espacio poroso, el cual a la vez es condicionante de la materia orgánica, por lo que la Da y la MO son inversamente proporcionales. En suelos de textura fina la Da varía entre 1,0 y 1,2 g cm³, mientras que en suelos arenosos puede ser mayor: entre 1,02 y 1,62 g cm³. Se estiman valores de compactación ya con umbrales de densidad aparente superiores a 1,34 mg m³.

Otro aspecto de gran interés físico es la porosidad del suelo, a medida que disminuye el tamaño de poros las fuerzas de retención del agua aumentan. De esta manera, se ven afectados el drenaje, la aireación, la disponibilidad de agua y el crecimiento de las raíces.

Un suelo arenoso tiene una capacidad de infiltración mucho mayor que un arcilloso, puesto que deja más espacios libres entre sus partículas, pero no necesariamente tiene más agua disponible, ya que las partículas de tipo arcilla tienen mayor capacidad de retención hídrica. En las condiciones del presente trabajo la porosidad total del suelo, resultó muy baja (< 40 %), según Cairo y Fundora (1995) y Martín (2011), que refiere además que las arenas tienen una porosidad total menor que las arcillas y los suelos orgánicos.

Hernández et al., (2018), en los años 2016-2018 realizaron un diagnóstico de la degradación del suelo Pardo grisáceo en la finca Eliecer, de la UBPC Victoriano Brito, municipio de Cumanayagua y reportaron un pH ácido, contenido de fósforo y materia orgánica bajos, así como la densidad aparente alta, elementos que confirmaron la pobre calidad del suelo, y que coinciden con los resultados encontrados en la finca Maripa con similar tipo de suelo.

De manera general los resultados del estudio realizado en la finca Maripa pueden concordar con Hernández et al., (2006b) y León et al., (2005), al considerar que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, presentan características propias en condiciones naturales; sin embargo, estas características cambian bruscamente con la acción antropogénica en un periodo corto de tiempo, dando lugar a los Cambios Globales en los Suelos (CGS), debido principalmente a la destrucción de microagregados por la mineralización y pérdida de la materia orgánica.

CONCLUSIONES

Se constató la presencia de un suelo Pardo grisáceo de tipo erogénico, no plástico, con una pendiente general estimada en 32 %, baja profundidad efectiva y un marcado proceso de erosión hídrica con pérdidas de la capa

arable por escorrentías y fallas en medidas de conservación del suelo.

El diagnóstico de los indicadores físicos, químicos, y biológicos del suelo arrojó que el mismo presenta una baja fertilidad natural con algunos factores limitantes como la estabilidad de los agregados, el factor de estructura, baja porosidad total, densidad aparente alta que refleja compactación, un pH medianamente ácido, muy bajo contenido de materia orgánica, reserva de carbono y fósforo asimilable, además de limitada presencia de macrofauna en el suelo.

Se requiere implementar un manejo integral de conservación y mejoramiento del suelo por cada área productiva de la finca, en dependencia del uso concebido, que permita mejorar los indicadores agroquímicos, físicos y biológicos del suelo y propiciar una recuperación paulatina de su productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Atterberg, A. (1911). "Die Plastizität der Tone". *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, 1: 10–43.
- Boul, S. W., R. J. Southars, R. C. Graham, and P. A. McDaniel. (2011). *Soil genesis and classification*. Wiley-Blackwell. Ames, IA, USA. Print ISBN: 9780813807690.
- Bojórquez, J. I.; Castillo, Lucía A.; Hernández, A.; García, J. D. & Madueño, A. (2015) Cambios en las reservas de carbono orgánico del suelo bajo diferentes coberturas. *Cultivos Tropicales*. 36 (4):63-69.
- Cairo, P & Fundora, O. (1995): Algunas propiedades del suelo y estructura del suelo. *Edafología*, pp. 153-227.
- Cairo, P.; A. Reyes (2007) Manual de Edafología. Facultad Agropecuaria. UCLV, Santa Clara, Villa Clara, Cuba
- CITMA (2020). Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), 10 p.
- Duval, M. e.; Galantini, J. A.; Iglesias, J. O.; Canelo, Silvia; Martínez, J. M.; Walle, L. et al. (2013). Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131:11-19.
- Espinosa R., Andrade L., Rivera O., & Romero D. (2011) Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, vol. 53-54, pp. 77-78.
- Font, Lisbeth. (2008). Estimación de la calidad del suelo: Criterios físicos, químicos y biológicos. [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas]. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Galantini, J. A & L Suñer. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agricoltura* Vol XXV (1): 41-55.
- Galhena, D. H, R. Freed, & Maredia, K. M (2013). Home gardens: A promising approach to enhance household food security and wellbeing. *Agric. Food Sec.* 2: 8. DOI: 10.1186/2048-7010-2-8.
- Henin, S., G. Monnier, S. Henin, Combeau. A. (1958). Méthodpour l'étude de la stabilité structureale des sols. *Ann. Agron.*, 1: 73-92.
- Hernández A, Morell F, Ascanio M. O, Borges Y, Morales M, Yong A. (2006a) Cambios globales de los suelos ferralíticos rojos lixiviados (Nitisoles Ródicos Eútricos) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales*, 27(2):41–50.
- Hernández, A.; Ascanio, O.; Morales Marisol; Bojórquez, J. I.; García, Norma y García, J. D. (2006b) El suelo; fundamentos de su formación, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad de Nayarit, México, 255 p. ISBN: 968-833-072., Tepic, Nayarit.
- Hernández, A.; Morales, Marisol; Cabrera, A.; Ascanio, M. O.; Borges, Yenía; Vargas, Dania et al. (2013). Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 34 (3):45-51.
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. & Castro, N. (2015) Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Ediciones INCA, Instituto de Suelos. Cuba. 91 p.
- Hernández Rodríguez, C.E, Bernal Carrazana, Y., Ríos C., P. Muñoz Medina y O. González. (2015). Evaluación de manejo conservacionista en suelo Pardo Grisáceo. *Revista Centro Agrícola*, 42(3): 25-33; julio-septiembre. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.0.
- Hernández, C. E., Bernal Carrazana, Y., Ojeda Quintana, L. J., & Vega, M. (2018). Prácticas de conservación de suelos en la Finca Eliecer del municipio Cumanayagua, Cuba. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 112-120.
- IGAC. (2006) Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 27pp.
- Kumar, B. M. & Nair, P. K. (2004). The enigma of tropical homegardens. *Agrofor. Syst.* 61: 135-152.
- León Quesada, G., Hernández Rodríguez, C.E., Peña Valenti, F. y Bernal Carrazana, Y. (2005). Efecto de los sistemas de manejo sobre el estado físico de un suelo Pardo – Grisáceo del Escambray. *Revista Centro Agrícola*, Año 32 No 1. Universidad Central de las Villas Martha Abreu.
- MINAG. (1984) Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos: Editorial Científico Técnica.
- Martín, N. (2011) Tablas de interpretación de suelos, Ed. UNAH, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba.

- Muscolo, Adele; Panuccio, María R.; Mallamaci, C. & Sirdari, María (2014) Biological indicators to assess short-term soil quality changes in forest ecosystems. *Ecol. Indic.* 45:416-423.
- Mao, Y., S. Sang, S. Liu, & J. Jia. (2014). Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on sitespecific land uses in Xuzhou, China. *CR Biol.* 337: 332-337. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2014.02.008>
- Muñiz, O. (2015) 50 Aniversario del Instituto de Suelos de Cuba. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. Vol.5, No.2:1-9.
- Nicosia, S., Falco, L. B., Castro, R., Sandler, R.V. & Covie-lla, C. E. (2020) Estructura de la comunidad de la meso-fauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso. *Cienc. Suelo* (Argentina) 38 (1): 72-80.
- NRAG 370. Suelos. (1980) Densidad aparente o peso vo-lumétrico: Ministerio de la Agricultura.
- NC ISO-10390. (1999) Calidad del suelo. Determinación de pH.: Oficina Nacional de Normalización.
- NC ISO-51. (1999) Determinación de materia orgánica en suelo. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC 110. (2001) Calidad del suelo. Determinación de la hu-medad del suelo. La Habana: Oficina Nacional de Nor-malización.
- NC ISO-112. (2001) Conductividad eléctrica: Oficina Na-cional de Normalización.
- Olsen, S.R., Cole, C.V. & Watanabe, F.S. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with So-dium Bicarbonate. USDA Circular No. 939, US Govern-ment Printing Office, Washington DC.
- ONEI (2018). Anuario Estadístico de Cuba, 2018.
- Pérez, N. & Caballero, R (coord.). (2021). Agroecología en Cuba - Iniciativas y evidencias innovadoras esca-lables. La Habana, FAO, MINAG y ACTAF. <https://doi.org/10.4060/cb6166es>.
- Schindelbeck, R. R., H. M. Van Es, G. S. Abawi, D. Was-mannia AuropunctataWolfe, T. L. Whitlow, B. K. Gugino, O. J. Idowu, & B. N. MoebiusClune. (2008). Compre-hensive assessment of soil quality for landscape and urban management. *Lands. Urban Plan.* 88: 73-80. doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.08.006.
- USDA, United States Department of Agriculture. (2006). Urban watershed forestry manual. Part 3. Urban tree planting guide. Third in a three-part manual series on using trees to protect and restore urban watersheds. Prepared by the Center for Watershed Protection. New-town Square, PA, USA.
- Vageler, P., Alten, F. (1931). Böden des Ni lund Gash. I. Ein Beitrag zur Kenntnis arider Irrigationsböden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 21(1): 47 – 57.
- Vandermeer, J. (2011). *The Ecology of Agroecosystems*. by Jones and Barlett Publishers. Massachussets, USA, 67pp.