



CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA SUPERIOR DE LOS SUELOS EN FINCAS DEL DELTA DEL CAUTO

Characteristic of the upper layer of soils in Delta del Cauto farms

Maite Torres Leblanch^{1*}, Alfredo Socorro García², María Iluminada Rodríguez García³

¹Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Calle 188 No. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas. La Habana, Cuba. E-mail: agroquim@inifat.co.cu, torresleblanchmaite8@gmail.com

²Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: dpfisiologia@inifat.co.cu

³Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: investigacion@inifat.co.cu

RESUMEN: Una de las principales limitaciones edafológicas de los suelos de Delta del Cauto es el poco espesor del horizonte A, la baja a moderada compactación y la alta saturación; asociada a los factores formadores y su localización geográfica, que limitan su productividad. La investigación tuvo como objetivo determinar algunas características de la capa superior de los suelos en diferentes fincas, en función de establecer posibles estrategias que mejoren su productividad. Los espesores superiores de los suelos fueron neutros, pero con ciertas limitaciones. Se observó un deterioro físico en la distribución de agregados, poca presencia de agregados valiosos agrónomicamente (1-5 mm) y predominio de agregados mayores de 10 mm. Los suelos presentaron un porcentaje medio de humedad, colores desde gris oscuro a negros, contenidos de fósforo medios (fincas El Mango 1 y Guamito de 7.23 y 8.02 mg.kg⁻¹, respectivamente). En las fincas Umoa, El Mango 2, y La Sule los contenidos de fósforo fueron altos, con niveles de 14.3, 17.37 y 19.87 mg.kg⁻¹. Los valores de materia orgánica de todas las capas de suelos fueron medios y de alta fertilidad. Las principales limitantes químicas fueron la relación de bases intercambiables por el predominio del magnesio en la fracción soluble, indicativo de acumulaciones de éste en la interfase de los suelos. Estas relaciones fueron inferiores en las fincas Umoa y El Mango 1. Los contenidos de nitritos de todas las capas superiores fueron bajos (0,21-0,29 mg.kg⁻¹), y los de nitratos, extremadamente bajos (<0.33 mg.kg⁻¹).

Palabras clave: capacidad productiva, estrategias, fertilidad.

ABSTRACT: One of the main edaphological limitations of the soils of Delta del Cauto is the little thickness of A horizon, the low to moderate compaction and high saturation, associated with the forming factors and their geographical location that limit their productivity. The objective of the research was to determine the characteristics of the superior thickness of the soils in different farms, in order to establish possible strategies that improve their productivity. The upper layers of soils were neutral, but with certain limitations. A physical deterioration were observed in the distribution of aggregates, little presence of agronomically valuable aggregates (1-5 mm) and predominance of aggregates larger than 10 mm. The soils presented a medium percentage of moisture, colors from dark gray to black and medium phosphorus contents (The Mango 1 and Guamito farms of 7.23 and 8.02 mg.kg⁻¹, respectively). In Umoa, The Mango 2, and Sule farms the phosphorus contents were high with levels of 14.37, 17.37 and 19.87 mg.kg⁻¹. Values of organic matter in all the layers were medium and of high fertility. The main chemical limitations were the relationship of exchangeable bases due to the predominance of magnesium in the soluble fraction, indicative of accumulations of this at the soils interface; these ratios were lower in Umoa and The Mango 1 farms. The nitrite contents of all thicknesses were low (0.21-0.29 mg.kg⁻¹), and the nitrates, extremely low (<0.33 mg.kg⁻¹).

Key words: productive capacity, strategies, fertility.

* Correspondencia a: torresleblanchmaite8@gmail.com

Recibido: 01/07/2024

Aceptado: 29/11/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de autores: Maite Torres Leblanch: **Análisis formal. Conceptualización. Curación de datos. Investigación. Metodología. Escritura-borrador original. Escritura-revisión y edición.** Alfredo Socorro García: **Administración de proyectos. Recursos. Supervisión.** María Iluminada Rodríguez García: **Curación de datos. Investigación.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

Los suelos agrupan propiedades influenciadas y originadas por los factores formadores (biota, clima, material parental, relieve y tiempo), en función de la localización geográfica en la que se encuentren (Akinde *et al.*, 2020). En forma general, las propiedades edáficas se agrupan en 1) físicas, que describen el desarrollo estructural, el comportamiento de la porosidad, la arquitectura de las partículas y el color; 2) químicas, que condicionan el estado de la fertilidad; y 3) biológicas, que estudian la relación, comportamiento y presencia de la mesofauna y las raíces presentes. Estas propiedades medibles pueden afectar la capacidad del mismo para ejercer una de sus funciones (Castillo *et al.*, 2021).

Los indicadores físicos son propiedades asociadas con el uso eficiente del agua, los nutrientes y el uso de agroquímicos. Los químicos están relacionados con las condiciones químicas que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas y otros seres vivos. Los biológicos son aquellos organismos o procesos desarrollados por éstos que, con su presencia o abundancia, señalan cambios o estados de ciertas propiedades o procesos en el suelo (Awe *et al.*, 2020). Estos indicadores constituyen una herramienta muy útil para la toma de decisiones en el manejo y uso del suelo; mediante su integración, se obtienen Indicadores de Calidad de Suelo (ICS) y con el uso de estos parámetros se puede obtener una evaluación más precisa de la calidad del suelo (Bedolla *et al.*, 2020).

En Cuba, debido a la degradación que presentan los suelos, se requiere de un manejo integrado para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre, lograr el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. Esta situación demanda que los involucrados en la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y conservación de este recurso, de modo que se pueda lograr un equilibrio en el sistema suelo-planta-animal, que posibilite mejorar el medio ambiente, lograr producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales para el país. (González- Guillot y Alarcón-Méndez, 2020).

A pesar de que se han realizado varios estudios sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, donde se ha demostrado el papel que juegan en los agro ecosistemas las múltiples interacciones químicas y físicas entre sus constituyentes (Tandrón *et al.*, 2005), es importante ampliar la información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos a nivel local para conocer los sistemas de cultivos más adecuados bajo estas condiciones y tomar acciones a nivel de finca para la conservación o protección de este recurso (Hartemink *et al.*, 2020; Steinhoff *et al.*, 2021).

En este sentido, el proyecto Internacional COBIMAS (Introducción de nuevos métodos agrícolas que promueven la labranza de conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo recursos fito y zoogenéticos, en paisajes productivos en áreas seleccionadas de Cuba), que se desarrolla en Cuba desde 2019, tiene dentro de sus zonas de intervención el Área Protegida de Refugio de Fauna "Delta del Cauto". Dentro de sus objetivos principales está promover la intensificación sostenible de la producción agrícola (ISPA); este se basa en un enfoque eco-sistémico que promueve la labranza de conservación, donde la superficie del suelo está cubierta de los residuos (rastros) de la cosecha anterior (Verhulst *et al.*, 2015); la cual favorece la infiltración del agua de lluvia, la retención de la misma en el suelo, la disponibilidad de nutrientes para una producción más sostenible, además de la conservación del ambiente.

El éxito de este tipo de labranza está dado en el mejoramiento de la porosidad superficial y el incremento de la infiltración, la reducción de la escorrentía y la mayor disponibilidad de agua para los cultivos; así mismo, disminuye las pérdidas por evaporación, reduce la erosión, mejora la estructura del suelo y la fertilidad (Shaxson y Barber, 2005). Del mismo modo, favorece el control de malezas, plagas y el enriquecimiento de nutrientes (Salomão y Da Silva, 2021; Steinhoff *et al.*, 2021).

En la provincia de Granma el régimen de lluvia está dado por dos períodos: húmedo y seco, siendo la media anual de 1 257 mm. La temperatura media anual oscila entre 25,8 y 27, 7 °C. Este territorio cuenta con 836 400 ha de suelos, de las cuales el 13 % están afectadas por

la salinización (fundamentalmente en la Cuenca del Cauto y en la Vertiente Sur de Pilón; 108 732 ha), el 23 % por profundidad efectiva (192 372 ha), el 15 % por compactación (125 460 ha), y el 38 % se encuentran afectadas por erosión (317 832 ha); además, generalmente presentan un significativo grado de saturación y una humedad natural elevada. Se caracterizan por ser arcillosos, oscuros plásticos no gleyzados o aluviales. Existen tres polígonos en la provincia; uno de ellos, es el Polígono de Salinidad de Río Cauto que se estudió como caso de las tierras degradadas en la Cuenca del Cauto (Delegación Provincial CITMA, 2010).

En función de lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo determinar el estado actual de la capa superior de los suelos de fincas en Delta del Cauto, para adquirir conocimientos sobre su condición y proponer posibles prácticas de suelos que mejoren la productividad de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Área Protegida de Refugio de Fauna "Delta del Cauto" (APRF-DC), municipio Río Cauto, provincia de Granma. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con tres réplicas por tratamiento experimental. El muestreo de suelos se realizó el 27 de marzo del 2022, según *Hernández et al.*

(1995). Se tomó en cada punto una muestra simple (submuestra), siguiendo un recorrido en zig-zag de forma aleatoria en los primeros 30 cm de profundidad. Posteriormente, se mezcló con las muestras de los puntos sucesivos y se formó una muestra compuesta de 2-3 kg, en cada predio, las cuales fueron empacadas e identificadas y se llevaron a los laboratorios para su evaluación.

Los análisis químicos se efectuaron en el laboratorio de Suelos de Granma y el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) y los físicos en el laboratorio de Química Aplicada del Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Productos Bioactivos, perteneciente al Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), estos dos últimos en la provincia de La Habana. En la *Tabla 1*, se muestran los análisis y métodos empleados.

Los datos edáficos generados, fueron sometidos a un análisis de varianza de clasificación simple y una estimación múltiple de medias mediante la prueba de comparación de Tukey ($P \leq 0,05$). A las réplicas se le calcularon las medias, la desviación típica y el error estándar. Los gráficos de barras en Excel reflejaron las fracciones de los agregados de los suelos. Los análisis de los componentes principales permitieron categorizar los indicadores físicos, físico-químicos y químicos;

Tabla 1. Análisis y métodos empleados para determinar el estado de la capa superior de los suelos de fincas de Delta del Cauto

Análisis	Indicadores	Métodos
	Análisis físicos (INIFAT)	
Humedad natural (W_N), %		Gravimétrico (Norma Cubana 110:2011)
Distribución de agregados, %		Tamices
Color de suelo en seco		Tabla Munsell
pH (H_2O), 1:5		Potenciometría (Norma Cubana 2001:2015)
Presencia de carbonatos		Reacción al ácido clorhídrico al 10 %
	Análisis químicos (INHEM)	
Cloruros, $mg.L^{-1}$		Norma Cubana 93-14 1986
Nitratos, $mg.kg^{-1}$		Colorimetría Norma Cubana 93-10 1986
Nitritos, $mg.kg^{-1}$		Colorimetría NC 93-16 1986
	Análisis químicos (Laboratorio de Suelos Granma)	
Materia orgánica (MO), %		Colorimetría, Walkley and Black
Fósforo (P_2O_5), $mg.kg^{-1}$		Colorimetría (Método Oniani)
Calcio (Ca) $cmol (+).kg^{-1}$		Extracción con acetato de Amonio pH=7, Absorción atómica
Magnesio (Mg) $cmol (+).kg^{-1}$		Extracción con acetato de Amonio pH=7 Absorción Atómica
Ca/Mg		Cálculos
Porcentaje de saturación por bases (Valor V), $cmol (+).kg^{-1}$		Cálculos

así como, las relaciones que se establecieron entre estos. Las correlaciones bivariadas de Pearson definieron aquellas variables que resultaron altamente significativas 0,01 (**). Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las capas superiores de los suelos de esta zona mostraron pH neutros (6,66-7,17) y fue superior en la finca Umoa, este comportamiento pudo estar asociado al mayor contenido de bases (Tabla 3). La humedad natural se comportó de media a alta con valores de 23,7-41,5 %, lo cual es característico de estos suelos. En el caso de la finca Guamito este incremento pudo estar relacionado a que llovió el día antes. Los colores de los suelos fueron desde el gris muy oscuro (La Sule, 10 YR 3/1) hasta negros: fincas de Guamito y Umoa (ambos son 2,5 Y 2,5/1) y El Mango (1 y 2), 5Y 2,5/2 (Tabla 2).

La estructura es un factor esencial de calidad del suelo (Mondal y Chakraborty, 2022) y juega un rol fundamental en muchos de los procesos que ocurren en los suelos y su interacción con las plantas: la erosión, la infiltración de agua, la

exploración radicular, la aireación. Estos procesos también se favorecen con la ISPA; la cual que coincide en muchos aspectos con la Agricultura de Conservación, al promover la fertilidad natural y potenciar la respuesta de los cultivos al uso de nuevas tecnologías acordes a la ISPA (Cadena et al. 2021) y la resistencia mecánica del suelo (Beretta et al., 2019).

La distribución de los agregados en la capa superior de los suelos mostró un predominio de los agregados mayores de 10 mm entre un 50 y 80 % (Figura 1), lo cual les confirió a estas capas, limitaciones desde el punto de vista agronómico en relación con la compactación y una reducción drástica de la capacidad de infiltración del agua, el drenaje y la porosidad (Booth et al., 2020). Estos terrones tan grandes pueden afectar la siembra de cultivos de semilla botánica, si se tiene en cuenta que en esta agricultura se promueve la cero labranza o labranza mínima. Los agregados agronómicamente más valiosos solo llegaron a un 10 % (1-5 mm). Por tanto, se necesita introducir prácticas que mejoren la estructura del suelo e incrementen el horizonte A. El estado estructural de estos suelos pudo estar asociado a que son arcillosos con predominio de arcilla 2:1.

Tabla 2. Análisis físicos y físico-químicos de la capa superior de los suelos en fincas del Delta del Cauto

Finca	Humedad %	pH H ₂ O (1:5)	Color del suelo	Tabla Munsell
Finca Guamito,	41,53 a	6,96 b	Negro	2,5 Y 2,5/1
Finca Umoa	31,50 b	7,17 a	Negro	2,5 Y 2,5/1
Finca El Mango 1	25,85 bc	6,92 b	Negro	5Y 2,5/2
Finca El Mango 2	23,74 c	6,66 c	Negro	5Y 2,5/2
Finca La Sule	27,72 bc	6,72 c	Pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/1
Media	30,07	6,88		
Desviación típica	6,82	0,19		
Error de la media	±1,76	±0,04		

*Letras diferentes en la columna difieren significativamente para P≤0,05

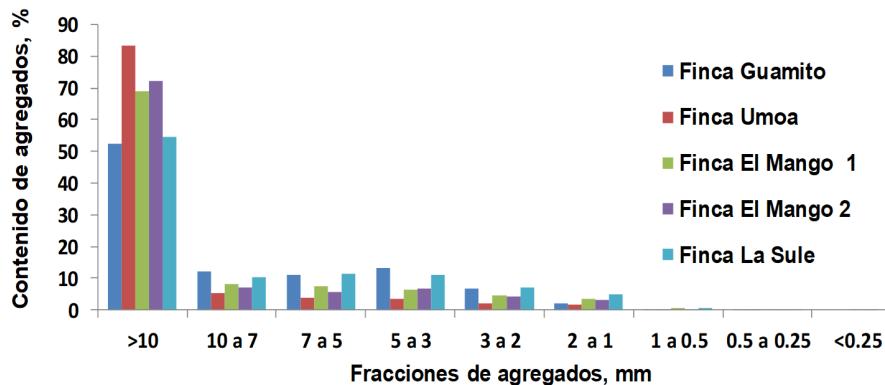


Figura 1. Distribución de agregados de la capa superior de los suelos en fincas de Delta del Cauto

Tabla 3. Análisis químicos de la capa superior de los suelos en fincas del Delta del Cauto

Fincas	Indicadores								
	Ca	Mg	BI	Ca/Mg	MO	P ₂ O ₅	Cl ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻
	mg.kg ⁻¹				%	mg.kg ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Guamito	44,88 a	8,58 b	57,81	5,23	3,36 a	8,026 d	-	<0,33	0,27 b
Umoa	28,16 b	23,71 a	55,83	1,18	2,97 ab	14,375 c	89,97	<0,33	0,44 a
El Mango 1	24,2 b	19,36 a	49,10	1,25	3,25 a	7,236 d	89,97	<0,33	0,21 c
El Mango 2	30,8 b	10,78 b	47,52	2,85	2,51 ab	17,375 b	89,97	<0,33	0,25 bc
La Sule	28,6 b	11,00 b	45,14	2,60	1,92 b	19,875 a	89,97	<0,33	0,29b
Media	31,33	14,68			2,80	13,377			0,29
Desviación típica	7,69	6,21			0,66	5,236			0,08
Error de la media	±1,98	±1,60			±0,17	±1,352			±0,02

BI: Contenido de bases intercambiables

*Letras diferentes en la columna difieren significativamente para $P \leq 0,05$

En diversos reportes de la literatura se indican los efectos adversos de las prácticas agrícolas sobre la calidad y salud del suelo (Funmilayo y Abenus, 2019). En el caso de las fincas El Mango 1 y 2, pudo haber alguna diferencia en el manejo de los suelos, que pudo haber influido de manera negativa en el comportamiento de los rendimientos de los cultivos. Este hallazgo coincide con lo reportado por Hernández y Castellanos (2022), los cuales refieren que generalmente cuando esto sucede, son alertas de problemas de manejo del suelo.

En el caso de las propiedades químicas, se conoce que las fracciones minerales de nitrógeno son predominantemente amonio y nitratos, mientras que los nitritos son rara vez detectados en el suelo, incluso su determinación es normalmente injustificada excepto en suelos neutros y alcalinos que reciben amonio o fertilizantes liberadores de amonio.

Los suelos de la zona de estudio, presentaron contenido de nitritos bajos (0,21-0,29 mg.kg⁻¹), siendo superior en Umoa y difirió del resto de los suelos (Tabla 3). Sin embargo, los contenidos de nitratos fueron muy bajos (<0,33 mg.kg⁻¹), por lo que constituyen una limitante importante, ya que no se encuentra en una forma disponible para las plantas, y la planta necesita este elemento en grandes cantidades para realizar sus funciones vitales. Los niveles de cloro fueron también bajos (89,97 mg.L⁻¹), por lo que no constituyen un problema para el normal desarrollo de los cultivos.

Molina y Meléndez (2002) refieren que el contenido de bases intercambiables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros.

Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca²⁺ y Mg²⁺. Mientras más altos son éstos, mayor es la fertilidad del suelo. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 cmol (+).kg⁻¹ se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 cmol (+).kg⁻¹ es de fertilidad media, y más de 12 cmol (+).kg⁻¹ es de alta fertilidad.

Las capas superiores de los suelos mostraron muy altos contenidos de calcio entre 24,2 y 44,88 cmol (+).kg⁻¹, destacándose Guamito con el mayor contenido y difirió del resto. El magnesio osciló entre 8,58-23 cmol (+).kg⁻¹, destacándose los suelos de Umoa y El Mango 1, sin diferencias entre ambos y difirieron significativamente de los demás, aunque las relaciones Ca/Mg fueron bajas. También la alta concentración de un elemento puede afectar en forma negativa la absorción de otro, como es el caso de las relaciones antagónicas entre Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺. La suma de bases de todos los suelos fue superior a 12 cmol (+).kg⁻¹ y osciló entre 45,14 y 57,81 cmol (+).kg⁻¹ (Tabla 3), se consideran entonces todos de alta fertilidad.

Los porcentajes de materia orgánica estuvieron sobre 3,36 % (Tabla 3), lo cual corrobora los valores reportados en la fertilidad. La Sule fue la que mostró los porcentajes más bajos y difirió significativamente de Guamito y El Mango 1. En ninguna capa superior de suelo hubo presencia de carbonatos visibles. Cabe señalar que esta sal en algunos suelos, puede disminuir los rendimientos de los cultivos, al limitar la respuesta a la fertilización e inclusive puede llegar a impedir el desarrollo de ciertas especies de interés agrario. No obstante, puede ejercer una acción positiva sobre la estructura del suelo y la actividad microbiana.

El fósforo se asimila por las plantas a través del que está presente en la materia orgánica del suelo y gracias a la fertilización. La concentración de fósforo solubilizado de forma natural, no es suficiente para cubrir la necesidad de los cultivos, así que una parte muy importante del fósforo asimilable sale de la reposición que producen las otras fuentes, del fósforo del suelo a la fracción soluble, en su mayoría, materia orgánica (Del Rey, 2019). El motor de esta reposición es el desequilibrio que el cultivo produce en el suelo a través de la extracción de fósforo. Este es un elemento importante en la fotosíntesis, estimula el desarrollo radicular, la floración, formación de la semilla y la fijación biológica del nitrógeno. Un suministro bajo de fósforo causa severos daños en el crecimiento vegetativo (INTAGRI, 2022).

Según los procedimientos internacionales de análisis de suelos (ISRIC) los valores observados en las fincas El Mango 1 y Guamito, son medios (5,5-11 mg.kg⁻¹), estos fueron de 7,23 y 8,02 mg.kg⁻¹, respectivamente. En las fincas Umoa, El Mango 2 y La Sule resultaron altos con valores de 14,37, 17,37 y 19,87 mg.kg⁻¹. El suelo de esta última mostró el mayor valor y difirió del resto; es posible que las arvenses hayan favorecido esta condición. En el caso de las fincas con valores medios de fósforo, debe tenerse en cuenta que la aplicación de fuentes orgánicas ricas en este elemento, no será significativa en un incremento de la producción agrícola. Por otro lado, en el resto de los suelos donde sus valores fueron altos, quizás por alguna fertilización o propio del tipo de suelo, debe evitarse las aplicaciones de cualquier origen con fósforo, con vistas a proteger la salud del suelo.

Cabe señalar que, aunque la fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que

existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, entre otras, que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El análisis de componentes principales de las variables físicas, físico-química y químicas de la capa superior de los suelos de las fincas de Delta del Cauto, dio como resultado dos componentes en una primera extracción que explicó el 100 % de la varianza total (Tabla 4).

Todas las variables, se posicionaron en el primer componente con un peso alto y explicaron el 78,49 % de la varianza total, a excepción del porcentaje humedad natural que se ubicó en el segundo componente y explicó 21,51 % de la varianza, con un peso fuerte. Los mayores valores se correspondieron con las propiedades químicas y físico-químicas. El pH, el magnesio, el fósforo asimilable y los nitritos se correlacionaron de forma positiva. El calcio y la materia orgánica se correlacionaron de forma negativa, por lo que a medida que se incrementaron los nitritos, el pH, el magnesio y el fósforo asimilable, disminuyeron los niveles de calcio y materia orgánica.

En el segundo componente se ubicó solo la humedad natural con un peso alto. Se interpreta entonces que todas las propiedades físico-químicas y químicas, fundamentalmente, jugaron un papel esencial en la caracterización de las capas superiores de los suelos.

El análisis de correlación de Pearson realizado a los indicadores físicos, físico-químicos y químicos de la capa superior de los suelos de fincas del Delta del Cauto, arrojó que existió una correlación positiva altamente significativa al nivel de 0,01 (***) entre el porcentaje de humedad natural y los niveles de calcio. De igual forma entre el pH y los niveles de nitritos y magnesio, ambos de forma positiva; por lo que a medida que se incrementa una de estas variables, la otra también.

Tabla 4. Componentes principales de las diferentes variables de la capa superior en suelos de fincas de Delta del Cauto

% Varianza	78,49	21,51
% acumulada	78,49	100
Matriz de Componentes Principales		
	Componente 1	Componente 2
Humedad natural	-0,563	0,827
pH	0,973	-0,231
Calcio	- 0,989	-0,149
Magnesio	0,897	-0,441
Materia orgánica	- 0,967	-0,255
Fósforo Asimilable	0,743	0,669
Nitritos	0,980	0,198

Por otra parte, se observó una correlación, pero negativa, entre el fósforo y la materia orgánica en los suelos, lo cual permite ratificar, lo observado en los componentes principales entre estas dos propiedades. Se demuestra entonces que la respuesta del suelo ante un incremento de fósforo en la capa superior a partir de la materia orgánica, no tendrá beneficios positivos en un incremento de la producción (Tabla 5).

Tabla 5. Correlación de Pearson de la capa superior de los suelos en fincas de Delta del Cauto

Variables	Materia orgánica	pH	Calcio
Humedad Natural			0,778**
Nitritos		0,647**	
Fósforo Asimilable	-0,783**		
Magnesio		0,687**	

**La correlación es significativa a nivel 0,01

De forma general, la ISPA es una opción viable para contrarrestar los efectos negativos en el manejo de las capas superiores y contrarrestar sus limitantes productivas asociadas al tipo de suelo al mantener una cobertura vegetal permanente o semi-permanente sobre la superficie del suelo, promover la utilización de abonos verdes y la rotación de cultivo. Estas prácticas generan numerosos beneficios como el incremento del horizonte A, la nutrición, la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas, y con ello la capacidad productiva de los suelos de esta zona. Es imprescindible realizar un perfil de suelo que abarque los diferentes horizontes y permitan caracterizar el suelo en todos sus estratos.

CONCLUSIONES

- Los espesores superiores de los suelos son neutros, pero con ciertas limitaciones. Se observó un deterioro físico en la distribución de agregados, poca presencia de agregados valiosos agrónomicamente (1-5 mm) y predominio de agregados mayores de 10 mm.
- Los suelos presentan un porcentaje medio de humedad, colores desde gris oscuro a negros, contenidos de fósforo de medio (entre 7.23 y 8.02 mg.kg⁻¹) a altos (entre 14.3 a 19.87 mg.kg⁻¹), los contenidos de nitritos de fueron bajos (0,21 -0,29 mg.kg⁻¹), y los de nitratos, extremadamente bajos (<0.33 mg.kg⁻¹).

- Los valores de materia orgánica de todas las capas de suelo son medios y de alta fertilidad. Las principales limitantes químicas fueron la relación de bases intercambiables por el predominio del magnesio en la fracción soluble.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Nadiel Cotarelo Góngora del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM), de La Habana; Mayle Pérez González del Laboratorio de Suelos de Granma; Juan Araujo Cabrera de la Delegación de la Agricultura de Delta del Cauto y Pedro Antonio Labrada Carreño, de la UEB Río Cauto de Flora y Fauna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinde, B.; Olakayode, A.; Oyedele, D. y Tijani, F. (2020). Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria, *Heliyon*, 6 (9) 2020, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05090>
- Awe, G.O.; Reichert J.M y Fontanella, E. (2020). Sugar-cane production in the subtropics: Seasonal changes in soil properties and crop yield in no-tillage, inverting and minimum tillage, *Soil and Tillage Research*, 196: 14-20, ISSN: 0167-1987, <http://doi.org/10.1016/j.still.2019.104447>
- Bedolla, H.I.; Negrete, R.M.L.; Medina, H.M.D.; Gámez, V.F.P.; Álvarez, B.D.; Samaniego, H.M.; Gámez, V.A.J. y Conde, B.E. (2020). Development of a soil quality index for soils under different agricultural management conditions in the Central Lowlands of Mexico: physicochemical, biological and ecophysiological indicators, *Sustainability*, 12 (22): 9754. <https://doi.org/10.3390/su12229754>
- Beretta, B.A.; Pérez, O. y Carrasco, L.L. (2019). Soil quality decrease over 13 years of agricultural production, *Nitrient Cycling in Agroecosystems*, 3 45-55, <https://doi.org/10.1007/s10705-019-09990-3>
- Booth, E.J.P.; Holden, N.M.; Fenton, O.; Bondi, G. y Forristal, P.D. (2020). Exploring the sensitivity of visual soil evaluation to traffic-induced soil compaction, *Geoderma Regional*, (20): 36-43, 2020, ISSN: 2352-0094, <http://doi.org/10.1016/j.geodors.2019.e00243>



- Cadena, J.T.; Novoa, R.S.Y.; Grandett, M.L.M.; Contrera, S.J.L. y Agamez, S.A. (2021). Caracterización físico-química de los suelos dedicados al cultivo del maíz en el Valle del Sinú, Colombia, *Revista Temas Agrarios*, 26 (1): 68-79 <https://doi.org/10.21897/rta.v26i1.2584>
- Castillo, V.X.; Etchevers, B.J.D.; Hidalgo, M.C y Aguirre, G.A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores, *Terra Latinoamericana*, 39 (1):1-12, <https://doi.10.28940/terra.v39i0.698>
- Del Rey, I. (2019). Las formas del fósforo en el suelo. Disponible en: <https://www.tiloom.com>
- Funmilayo, A.Y y Abenu, A. (2019). Evaluation of soil deterioration index under different farm management practices. En: *Lafia Region Nasarawa State-Nigeria*, *Confluence Journal of Environmental Studies*, 13 (1), 101-106, ISSN 1597-5827. Disponible en: <https://www.journal-home.com/cjes>
- González-Guillot, Y. y Alarcón-Méndez, C.O. (2020). Evaluación de las propiedades físico-químicas del suelo de un sistema de permacultura y una finca agroecológica en el municipio Santiago de Cuba, Universidad de Oriente. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(3), 125-137. Disponible en: <https://www.redalyc.org>
- Hartemink, A.E.; Zhang, Y.; Bockheim, J.G.; Curi, N.; Silva, S.H.G.; Grauer-Gray, J y Krasilnikov, P. (2020). Soil horizon variation: A review, In *Advances in Agronomy* (1st ed160:125-185), <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.003>
- Hernández, B. y Castellanos, L. (2022). Caracterización agroquímica del suelo de 15 fincas con proyección hacia la transformación agroecológica, en el municipio Santa María, Boyacá, *Revista de investigación Agraria y ambiental*, 13 (1), 15-32, ISSN-e:2145-6453 . <https://doi.org/10.22490/21456453.3683>
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosh, D.; Suárez, E.; Castro, N.; Gálvez, V., *et al.* (1995) Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos. Ministerio de Agricultura de Cuba. 95 p.
- INTAGRI (2022). Uso eficiente del fósforo en la agricultura, Nutrientes esenciales, Serie nutrición vegetal, No, 105, Artículos técnicos, Mexico, 5p. Disponible en: <https://www.intagri.com/buscador/?q=nutri-ci%C3%63n+vegetal+>
- Lince, S.L.A.; Castro, A.F. y Castaño, W.A. (2020). Estabilidad de agregados de suelos de la zona cafetera colombiana, *Revista Cenicafé*, 71 (2), 73-91, <https://doi.org/10.38141/10778/71206>
- Molina, E. y Meléndez, G. (2002). Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo. Disponible en: <https://www.infoagro.go.cr>
- Mondal, S. y Chakraborty, D. (2022). Global Meta-Analysis suggests that no-tillage favourably changes soil structure and porosity, *Geoderma* 405, 115443. Disponible en: https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://www.researchgate.net/publication/354532686_Global_metaanalysis_suggests_that_notillage_favourably_changes_soil_structure_and_porosity&ved=2ahUKEwj2sJPDtNfAhVSDABHclBB48QFnoECAoQAg&usq=A0vVaw1vwGnhRZwjKnytyjktYKpF
- Pepper, I. y Brusseau, M.L. (2019). Physical-chemical characteristics of soils and the subsurface. En: *Environmental and Pollution Science* (3rd ed, pp, 9-22), <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814719-1.00002-1>
- Salomão, F.S. y Da Silva, A.M. (2021). Predicting soil erosion and assessing quality indicators in two Brazilian Watersheds: Subsidy for territorial planning *Geocarto International* 1-20, <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1899308>
- Shaxson, F. y Barber, R. (2005). Agricultura de conservación. En: *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <https://www.fao.org> ISBN,9253049448
- Steinhoff, K.B.; Kuhn, T.K. y Burkhard, B. (2021). The impact of soil erosion on soil-related ecosystems services: Development and testing a scenario-based assessment approach, *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (S1), 274, <https://doi.org/10.1007/s10661020-08814-0>
- Tandrón, I.; Cairo, P.; Reyes, A.; Jiménez, R.; Rodríguez, O. y Abreu, I. (2005). Relaciones entre propiedades físicas y químicas en suelos Ferralíticos Rojos de montaña bajo condiciones de experimento de abonos orgánicos y fertilizantes naturales, *Centro Agrícola*, 32 (3): 75-82. Disponible en: <http://biblioteca.idict.villaclara.cuUser-Files/File/ciencia/315.pdf>
- Verhulst, N.; François, I. y Govaerts, B. (2015). Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables? Disponible en: <https://hdl.handle.net/10883/4408>