



PARTICIPACIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS EN LA ESTRUCTURA DE SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS CON DIFERENTES USOS

PARTICIPATION OF CARBOHYDRATES IN THE STRUCTURE OF RED FERRALITIC SOILS WITH DIFFERENT USES

¹INGRID REGLA SUÁREZ ANGARICA^{1*}, ²MAYELÍN ROSQUETE BASSÓ², ³DANIEL PONCE DE LEÓN³

¹Centro de Meteorología Agrícola, Instituto de Meteorología. Loma de Casablanca, La Habana, Cuba.

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad 16459, Ecuador.

³Tecnológico Nacional de México campus Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: ingrid.angarica@gmail.com

Palabras clave:	Resumen
Materia orgánica del suelo agregados del suelo manejo del suelo uso de la tierra	La presente investigación evalúa el contenido de carbohidratos en agregados de diferentes tamaños en usos de bosques regenerados, pastos, caña de azúcar y cultivos intensivos. Se toman muestras de doce sitios representativos de suelos de composición ferralítica y se les determina los contenidos de materia orgánica, carbohidratos totales y solubles en agua, en tres tamaños de agregados, empleando el método colorimétrico del fenol - Ácido sulfúrico. Se realiza el análisis físico-estructural y se determina el diámetro medio ponderado de agregación en cada sitio. Las variables evaluadas son relacionadas a través de correlaciones no paramétricas. Los resultados muestran que en suelos con una mayor intensidad de manejo el contenido de carbohidratos totales se vincula en mayor medida al contenido de materia orgánica, que en aquellos suelos más conservados y correlacionan con el diámetro medio ponderado. La cantidad de carbohidratos varía de forma general entre 15,63 y 6,46 mg de glucosa equivalente/g de suelo, y no tienen una tendencia en relación con el manejo, aunque presentan estrecha relación con los agregados menores de 2 mm. Los valores de carbohidratos solubles en agua no presentan diferencias significativas entre los usos.
Key words:	Abstract
Organic matter soil aggregates soil management land use	The present research evaluates the carbohydrate content in aggregates of different sizes in regenerated forests, pastures, sugar cane and intensive crops. Samples are taken from twelve representative sites of ferralitic soils and the contents of organic matter, total carbohydrates and water soluble carbohydrates are determined in three sizes of aggregates, using the colorimetric method of Phenol - Sulfuric Acid. The physical-structural analysis is performed and the weighted average diameter of aggregation is determined at each site. The variables evaluated are related through non-parametric correlations. The results show that in soils with a higher intensity of management, the total carbohydrate content is more closely linked to the organic matter content than in more conserved soils, and correlates with the weighted mean diameter. The amount of carbohydrates varies generally between 15.63 and 6.46 mg of glucose equivalent/g of soil, and does not show a trend in relation to management, although it is closely related to aggregates smaller than 2 mm. The values of water-soluble carbohydrates do not show significant differences between uses.

Recibido: 24 de enero de 2025

Aceptado: 07 de julio de 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución de autoría: **Conceptualización:** Ingrid Regla Suárez Angarica. **Conservación de datos:** Ingrid Regla Suárez Angarica, Daniel Ponce de León, Mayelín Rosquete Bassó. **Análisis formal:** Ingrid Regla Suárez Angarica, Daniel Ponce de León, Mayelín Rosquete Bassó.

Investigación: Mayelín Rosquete Bassó, Daniel Ponce de León- **Metodología:** Mayelín Rosquete Bassó, Daniel Ponce de León.

Supervisión: Mayelín Rosquete Bassó Daniel, Ponce de León. **Validación:** Daniel Ponce de León. **Redacción - revisión y edición:** Mayelín Rosquete Bassó, Daniel Ponce de León

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

La agricultura es uno de los renglones de mayor importancia para el desarrollo económico de algunos países. La toma de decisiones desde el punto de vista agrícola incide significativamente en el suelo, sostén de todos los organismos vivos. La poca utilización de recursos que beneficien la salud del suelo favorecen los fenómenos de degradación del mismo, esto repercute de forma negativa en los componentes bióticos y abióticos de los agroecosistemas (Febles et al., 2020)

Los suelos de Cuba como los de otros países son sometidos a la antropogénesis tropical, que muchas veces es producto de la explotación continua y desmedida a la cual se someten producto del laboreo. Los suelos de composición ferralítica son objeto de estudio en muchas investigaciones debido a alta productividad que estos poseen, constituyen un 9,15 % del total de los suelos cubanos, y un 23,6 % del área cultivable, un 70% de los mismos se encuentran en la Llanura Roja Habana - Matanzas (Santander et al., 2023). En esta región la agricultura ejerce una mayor influencia en el cambio de algunas de las propiedades de los suelos, que conlleva a la pérdida de su fertilidad (Rodríguez et al., 2020). Hoy día, estos suelos poseen una marcada degradación antrópica. Todo esto se refleja en su estado estructural y más aún en la disminución de la productividad de los mismos.

Muchos parámetros físicos, químicos y estructurales se determinan para conocer la fertilidad y el estado físico - estructural de un suelo. Dentro de los mismos se encuentran: la densidad volumétrica de un suelo, el coeficiente de infiltración, la capacidad de intercambio catiónico y la textura que está muy relacionada con la buena agregación del suelo y esta a su vez con el contenido de materia orgánica del suelo que participa en la formación de la estructura.

La materia orgánica del suelo es el principal agente aglutinante en muchos tipos de suelos. En los suelos tropicales participa en la formación de agregados de distintos tamaños, tiene influencia en las propiedades físicas y químicas, así como en las características estructurales (Álvarez y Hernández, 2023). De modo que el contenido de materia orgánica, la cantidad de nutrientes y otros parámetros físico - estructurales constituyen criterios a considerar para conocer el estado de salud de un suelo.

El tipo de cultivo y el manejo del suelo pueden incidir en el contenido, la composición y la dinámica de la materia orgánica del suelo; así como en la modificación de la estructura y el ciclo de agregación del mismo (García y Álvarez, 2021). Los bosques poseen grandes cantidades de materia orgánica que protegen al suelo. Los pastos contribuyen a una buena estructura del suelo. En aquellos suelos donde se emplee algún implemento agrícola se afecta el contenido de materia orgánica y los componentes de la misma (Peña, et al., 2020). En la actualidad existen parámetros químicos y biológicos que contribuyen

a una mejor caracterización del suelo, dentro de los cuales se encuentran los carbohidratos. Estos compuestos son componentes simples de la materia orgánica del suelo y participan en la formación de enlaces entre las partículas del suelo, además intervienen en la formación de complejos, en la retención de iones y en la actividad biológica (Cevallos, 2020). La buena estructura de los suelos está vinculada al tamaño de agregados que en estos predomina, y el límite inferior y superior de buena agregación puede variar para cada tipo de suelo; pero se relaciona con el contenido de materia orgánica y de algunos de sus componentes. No se conoce cómo varía el contenido de carbohidratos en relación con la intensidad del manejo, ni cómo influyen estos compuestos en la formación de agregados en los suelos de composición ferralítica, por ello se plantea como objetivo general: Evaluar mediante la determinación cuantitativa el contenido de carbohidratos, en diferentes tamaños de agregados en suelos Ferralíticos Rojos, en cuatro clases generales de usos de la tierra.

Materiales y Métodos

Área de estudio

En el período lluvioso de 2009, se tomaron muestras de doce sitios en suelos de composición ferralítica (Hernández et al., 2019) de la Llanura Habana-Matanzas siguiendo un protocolo de muestreo aleatorio estratificado; con cuatro clases generales de uso de la tierra (CGUT) (Figura 1.)



Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.

Figure 1. Location map of sampling sites.

Se muestrearon tres sitios por cada uso. A continuación, se mencionan y se realiza una breve descripción de los mismos.

Bosques Regenerados: Uno de los bosques se encuentra en Aguacate (Agu_Bos), con localización geográfica en 351158,95 N y 414514,09 E, tiene una baja actividad antrópica desde hace más de 100 años y posee una gran variedad de árboles frutales. El bosque que se ubica en Nazareno (SJN_Bos) a los 349211,14 N y 373436,46 E,

es uno de los sitios boscosos recientemente regenerados con una edad aproximada de 25 años, su vegetación está compuesta por árboles maderables y tiene elementos florísticos de vegetación semidecidual con un estrato herbáceo y arbustivo muy tupido, que aporta una pequeña capa de hojarasca.

El bosque de Managua (Man_Bos), se encuentra a los 346762,83 N y 369759,67 E, posee árboles maderables y tienen una vegetación del tipo semidecidual y xerófita de mogotes, que pueden alcanzar alturas de 150 metros sobre el nivel del mar, en general se muestra cierto grado de tupidez, lo que permite la total cobertura del suelo.

Pastizales: En el pastizal ubicado en el Instituto de Ciencia Animal (Win_Pas), localizado en Güines a los (341265,54 N y 393737,58 E), se aplica el sistema de Pastoreo Racional Voisin y la principal especie de pasto es la Hierba de Guinea (*Urochloa máxima* Jacq.).

Al suelo se le suministra grandes proporciones de estiércol vacuno procedente de su masa ganadera. Otro de los pastizales está ubicado en el Distrito Guayabal (SJG_Pas) en los 352725,93 N y 380688,14 E, el mismo no se encuentra distribuido en cuarterones y predomina el Pasto Estrella (*Cynodon nlemfluensis* L.). El sitio recibe poco aporte orgánico.

En el municipio Güira de Melena está ubicado uno de los pastizales (Gui_Pas) a los 336132,07 N y 345805,75 E en el cual se aplica el sistema de pastoreo extensivo debido a que no hay acuartonamiento y los pastos que predominan son el Pasto Estrella y la Hierba de Guinea.

Caña de Azúcar: El sitio de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ubicado en la UBPC “Manuel Fajardo”, del municipio Güira de Melena, que pertenece al central “Manuel Fajardo (Gui_Can), se localiza a los 335236,60 N y 351429,44 E, lleva 70 años de explotación y las variedades de cultivos que se encontraban eran la CP 52-43 y la C 86-12.

Para el riego y la fertilización se utilizaba el sistema eléctrico de enrolladores y una norma de 60 kg/ha de Urea y unos 30 kg/ha de K₂O. La caña de azúcar de San Nicolás de Bari (SNi_Can), se ubicó en la CPA “Amistad Cubano - Nicaragüense”, municipio de San Nicolás de Bari, perteneciente al central “Héctor Molina Riaño” (327668,51 N y 405687,85 E). La C 323-68 era la variedad existente y se aplica en el sitio el riego por gravedad.

Para la fertilización se suministraron las dosis siguientes: N (62,13 kg/ha), P₂O₅ (25,73 kg/ha) y K₂O (82,78 kg/ha). La caña de Aguacate (Agu_Can) se encuentra en la CPA “Héroes del Moncada”, en el municipio Madruga, perteneciente al central “Boris Luis Santa Coloma”, (350216,08 N y 413135,72 E). La C 323-68 y C 86-56 son las variedades que ocupan el área. El sistema de riego aplicado es por gravedad y la fertilización utilizada es de 50 kg/ha de Urea y 20 kg/ha de K₂O.

Cultivos Intensivos: Se realizó el muestreo en las unidades agropecuarias de los sitios de cultivos intensivos, cuyo cultivo

principal es la Papa (*Solanum tuberosum* L.), los mismos se ubican en los municipios de Batabanó, Güira de Melena y Güines, comprendidos en los territorios de las provincias de Artemisa y Mayabeque. El cultivo de Batabanó (Bat_Pap) pertenece a la Finca número nueve, de la Empresa de Cultivos Varios, municipio Batabanó, (328216,67 N y 371394,72 E).

El cultivo principal se rota con Malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.), Maíz (*Zea mays* L.), Boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En el momento del muestreo el área tenía poco tiempo de sembrada, por lo que no contaba con la cobertura adecuada. El sistema de preparación de suelo utilizado fue la labranza tradicional y se aplicó el riego con el Sistema de Aspersión Eléctrico de pivote central (máquina Cuban).

Se realizó la fertilización con la fórmula completa de NPK y con la Urea aplicaron Fertiriego, en tres o cuatro aplicaciones. El cultivo de Güira de Melena (Gui_Pap) está ubicado en la Granja Militar “Sonrisa a la Victoria”, de la Empresa Agropecuaria Oeste de La Habana, municipio Güira de Melena (326533,58 N y 347033,77 E). La rotación se realiza en lo fundamental, con los cultivos papa - boniato. El área presentaba una cobertura total en el momento del muestreo, en la misma se aplicaba un sistema de riego por Aspersión Eléctrico de pivote central, con una máquina (Balmo).

Los suelos de la fregat se prepararon con un laboreo intensivo del suelo y según los requerimientos de los cultivos se realizó solo una aplicación de la fórmula completa de NPK y una aplicación de Urea, a través del Fertiriego. El cultivo de Güines (Win_Pap) pertenece a la Finca Bauma cuatro, ubicado en la UBPC “Celia Sánchez Manduley”, municipio Güines, (329935,10 N y 392994,03 E).

Se realiza desde hace 10 años en una extensión de 40,26 ha el cultivo de la papa, donde este se rota con Boniato, Frijol y Maíz. Se utilizaba en el momento de muestreo un Sistema de Riego por Aspersión Eléctrico, de pivote central, a través de la máquina (Agrocaja) y se realizaba la preparación del suelo mediante la labranza tradicional. En la fertilización se efectúa una aplicación intensa de fórmula completa de NPK, de unos 1490 kg/ha y tres o cuatro aplicaciones con Urea usando una dosis de 298 kg/ha, a través del Fertiriego.

Información y Datos empleados.

Los análisis físicos se realizaron en el laboratorio de suelo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana y la determinación de la materia orgánica del suelo se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) por el método de Walkley y Black, 1934 (Tabla 1).

Se realizó la determinación del contenido de carbohidratos solubles en agua y totales en diferentes tamaños de agregados, ambos se determinaron en doce muestras inalteradas del horizonte A del perfil de los suelos, correspondiente a las cuatro clases generales de uso de la tierra.

Tabla 1. Métodos de determinación físicos.

Table 1. Physical determination methods.

Parámetros Físicos e Hidrofísicos		
Humedad gravimétrica	Gravimétrico	W (Kg Kg-1)
Densidad de la fase sólida	Picnómetro	Dfs (Mg m-3)
Densidad del suelo	Método del cilindro	Ds (Mg m-3)
Porosidad total	Cálculo	Pt (%)
Distribución de agregados	Tamizado en seco (Yoder, 1936). Mallas: 10;7;5;2;1;0,5;0,25mm $\sum\% \text{ Agts} > 0,25$ Tamizado en húmedo (Yoder, 1936). Mallas: 5;2;1; 0,5; 0,25mm $\sum\% \text{ Agth} > 0,25$	Ts10; Ts10_7; Ts7_5; Ts5_2; Ts2_1; Ts1_05; Ts05_025; Ts025 (g; %) Agts (%) Th4; Th4_2; Th2_1; Th1_05; Th05_025; Th025 (g) Agth (%)
Estabilidad estructural	Cálculo	Ie (u)

Para realizar el análisis de los primeros, se tomó 2 g de suelo por muestra, previamente tamizadas a 4 mm. Para la extracción se añaden 20 ml de agua destilada y caliente, a 85 °C, y se agitó en zaranda por 150 minutos (Yousefi *et al.*, 2008). El sobrenadante se centrifugó a 3000 rpm empleando una ultracentrífuga (TG 16 YINGTAI INSTRUMENT).

En el análisis de los carbohidratos totales las muestras fueron molidas empleando un rodillo de madera y posteriormente tamizadas a < 0,25 y 2 mm; después se toman 25 mg de la muestra del suelo para su estudio. La determinación del contenido de carbohidratos se realizó por el método clásico colorimétrico del fenol-sulfúrico según (Hobbie, 1998). Los patrones que se utilizaron para los análisis provienen de una solución de glucosa de concentración (1g/L). Las muestras fueron leídas en un espectrofotómetro Rayleigh Vis-723G a una longitud de onda de 570 nm, para carbohidratos solubles en agua y de 485 nm para carbohidratos totales. Este último se determinó siguiendo la metodología planteada por Safařík y Santruckova, 1992.

Análisis Estadístico

Se realizó la prueba no paramétrica de suma de rangos Kruskal-Wallis. La prueba pertenece al paquete “stats” que es parte de R Core Team, 2024 se ejecutó mediante la función `kruskal.test` (variable ~ grupo, data = data) se utiliza como grupo el uso de la tierra. De igual modo se obtuvieron las correlaciones por la correlación de rangos de Sperman-Rho mediante la función: `cor.test` (var1, var2, method="spearman", exact = T, conf.level = 0.95)

Resultados y Discusión

Como se puede observar en la tabla 2, el contenido de sales e iones intercambiables se corresponde al tipo de suelo. Es de destacar que los valores de pH oscilan desde ligeramente ácidos, en los sitios con una menor intensidad de manejo, hasta francamente básicos en aquellos sitios donde se aplica urea como parte de la fertilización.

Tabla 2. Caracterización físico- química de los suelos Ferralíticos Rojos bajo cuatro CGUT.

Table 2. Physical-chemical characterization of red ferralitic soils under four CGUT.

Hor. A	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	P (mg kg ⁻¹)	Cationes cambiabiles (cmol kg ⁻¹)				
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total
Cultivos Intensivos								
Win_pap	0-11	7,3	245,5	14,35	2,00	0,09	0,48	16,92
Gui_pap	0-14	6,9	267,0	14,95	2,03	0,08	0,63	17,69
Bat_pap	0-10	8,1	265,5	15,70	11,0	0,07	0,46	27,23
Cañas de Azúcar								
SNi_Can	0-10	7,1	36,0	15,00	7,50	0,06	0,28	22,84
Gui_Can	0-19,5	6,8	87,5	10,1	2,50	0,06	0,06	12,60
Agu_can	0-25	6,0	18,0	9,5	6,30	0,04	0,02	15,86
Pastos Cultivados								
SJN_Pas	0-24	6,9	104,00	13,70	3,75	0,08	0,05	17,58
Win_Pas	0-27	5,7	107,00	12,50	2,50	0,04	0,06	15,10
Gui_Pas	0-17	6,5	430,00	15,00	7,50	0,06	0,59	23,15
Bosques Regenerados								
Agu_Bos	0-13,15	7,7	261,00	30,20	7,30	0,06	0,66	38,22
SJN_Bos	0-11,5	7,4	384,00	20,00	5,00	0,04	0,15	25,19
Man_Bos	0-12	5,6	125,00	11,20	1,30	0,03	0,08	12,61

Estabilidad estructural. Diámetro medio ponderado

El diámetro medio ponderado (MWD) es un criterio de resistencia y adaptabilidad del suelo ante cualquier factor externo.

Se observan marcadas diferencias entre el estado estructural de los suelos de composición ferralítica con diferencias en el uso de la tierra (Figura 2). Se aprecia que en los usos bosques regenerados y pastos cultivados existe un predominio de los agregados con valores medios de MWD mayores de 4 mm, mientras que para los sitios de cultivos intensivos (Win_Pap y Gui_Pap) son menores a 2 mm. Esto indica que aquellos suelos más manejados, donde hay rotación de cultivos, existe un predominio de agregados menores de 2 mm, y no tienen un buen estado estructural; mientras en aquellos sitios donde predominan los agregados mayores de 4 mm existe un buen estado estructural, desde el punto de vista de la agregación.

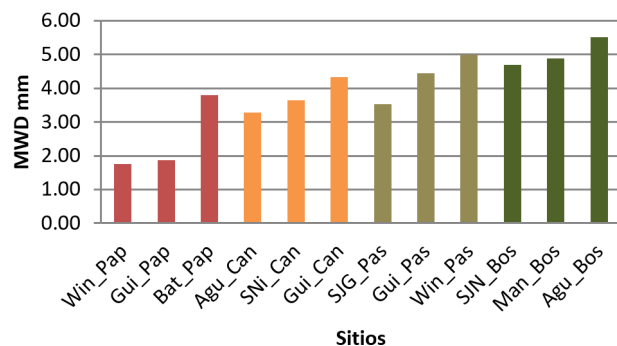


Figura 2. Diámetro medio ponderado de los agregados resistentes al agua (tamizado en húmedo) perteneciente al horizonte superficial de los sitios de muestreo.

Figure 2. Weighted average diameter of water-resistant aggregates (wet sieving) belonging to the surface horizon of the sampling sites.

Contenido de materia orgánica para cada uso de la tierra

En la Figura 3 se observa cómo varía el contenido de materia orgánica para cada uso de la tierra. Los bosques presentan los mayores valores con un 6,86 %, lo cual indica que estos sistemas hay un laboreo mínimo del suelo, en dos de ellos existe el horizonte A₀ de acumulación de la materia orgánica y se encuentra mucha diversidad en cuanto a la fauna depredadora del lugar; según los resultados encontrados por Robaina (2010) para estos mismos suelos.

Los pastos es otro de los sistemas que muestran un laboreo mínimo, con un 4,12 % de MOS (Figura 3), siendo este menor que el encontrado en bosques lo cual se explica por la degradación presente en el suelo que ocasiona la erosión producto de la lluvia y el viento, en lo fundamental.

Los suelos cultivados por caña de azúcar y cultivos intensivos (donde el principal cultivo es la papa), son los sistemas que mayor afectación tiene en cuanto

Contenido de MOS

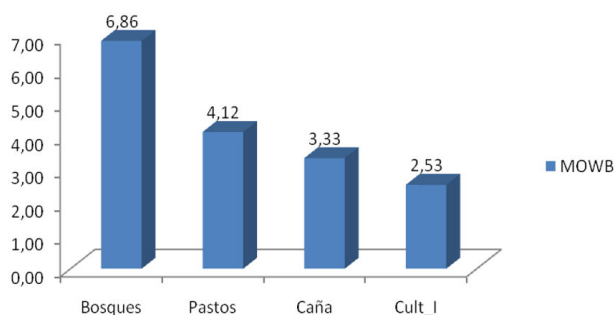


Figura 3. Contenido de materia orgánica (%) en los diferentes usos de la tierra en suelos de composición ferralítica.

Figure 3. Organic matter content (%) in different land uses in soils of ferralitic composition.

al contenido de materia orgánica, debido al manejo que reciben; por ello se le corresponden los valores de 3,33 y 2,53 %, respectivamente.

Comportamiento de los carbohidratos totales para cada sitio según el uso de la tierra

La cantidad y disponibilidad de los carbohidratos en el suelo lo hacen ser un componente muy importante de la MOS. De conjunto con las sustancias húmicas, a los carbohidratos se les consideran modelos de las fracciones estables y lábiles, respectivamente, de los *pools* de carbono orgánico.

Contenido de carbohidratos en los sitios bosques

Los Bosques son los sistemas ecológicos más conservados, donde los carbohidratos en el suelo son el resultado de las transformaciones microbianas y no directamente de los residuos de plantas.

Estos sistemas contienen las mayores cantidades de restos vegetales y la mayor diversidad de microorganismos. Los bosques de Nazareno (SJN_Bos) y Aguacate (Agu_Bos) presentan las mayores cantidades de carbohidratos de tallas entre 0,25 - 2 mm (Figura 3), esto se corresponde al hecho que el primero de los bosques tiene un estrato arbustivo muy tupido, lo cual posibilita que haya una mayor incorporación de residuos vegetales en el suelo; en el caso de Agu_Bos el suelo no forma una capa vegetal pero se encuentra en muy buen estado estructural, es vulnerable a la transformación constante de la materia orgánica.

Como se observa en la misma figura, el bosque de Managua (Man_Bos) tiene los menores valores en el contenido de carbohidratos, esto se debe a que la vegetación que existe en el lugar no permite un buen desarrollo de estos compuestos en el suelo.

El contenido de carbohidratos determinado en los agregados menores de 0,25 mm (Figura 4)

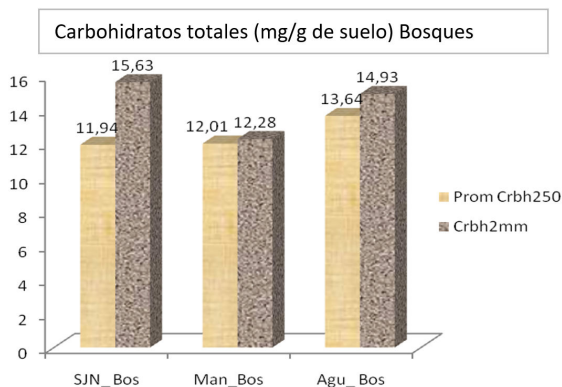


Figura 4. Total de carbohidratos en dos fracciones de agregados (mg de Glucosa equivalente /g de suelo) en el sitio bosque en los suelos de composición ferralítica.

Figure 4. Total carbohydrates in two fractions of aggregates (mg of Glucose equivalent /g of soil) in the forest site in soils of ferralitic composition.

no muestra diferencias notables entre los sitios, lo cual indica que es similar el contenido de carbohidratos que hay entre ellos.

Contenido de carbohidratos en los sitios de pastos

En la [figura 5](#) se observa que el contenido de carbohidratos en ambos tamaños de agregados para dos de los sitios de pastos (Win_Pas y SJG_Pas) no presentan grandes diferencias, no ocurre así con el contenido de carbohidrato encontrado en Gui_Pas. Esta diferencia se debe en lo fundamental a la diversidad de estratos ecológicos entre los sitios evaluados, lo que posibilita que la microflora edáfica que se desarrolla en el mismo sea afín a este tipo de cultivo.

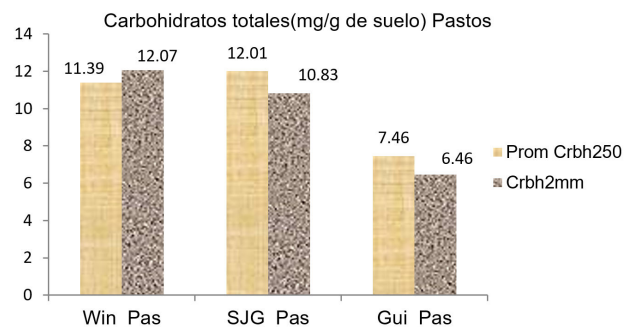


Figura 5. Total de carbohidratos en dos fracciones de agregados (mg de Glucosa equivalente / g de suelo) en el sitio pasto en los suelos de composición ferralítica.

Figure 5. Total carbohydrates in two fractions of aggregates (mg of Glucose equivalent / g of soil) in the pasture site in soils of ferralitic composition.

Contenido de carbohidratos en los sitios de caña de azúcar

El contenido de carbohidratos en Caña de Azúcar presenta valores entre 8,61 - 11,34 mg de Glucosa equivalente / g

de suelo, son lógicos para este tipo de cultivo porque la sacarosa es fácilmente degradada por los microorganismos, y de esta forma se incorpora rápidamente en el suelo. En la [Figura 6](#) se observa que el sitio de Aguacate muestra valores ligeramente inferiores al resto de los sitios, esto se debe a que en este lugar se había sembrado recientemente la caña de azúcar y el cultivo se encontraba en sus primeras fases de desarrollo.

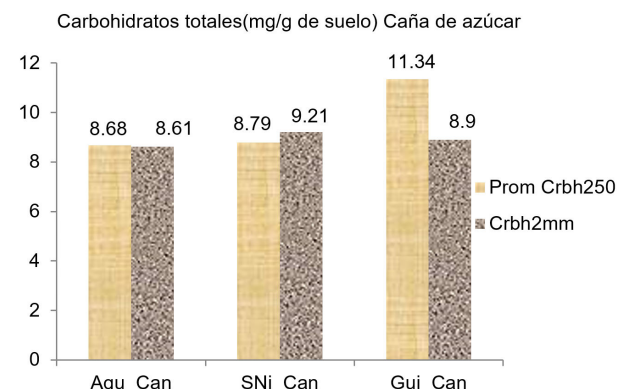


Figura 6. Total de carbohidratos en dos fracciones de agregados (mg de Glucosa equivalente /g de suelo) en el sitio caña de azúcar en los suelos de composición ferralítica.

Figure 6. Total carbohydrates in two fractions of aggregates (mg of Glucose equivalent /g of soil) in the sugarcane site in soils of ferralitic composition.

Las diferencias entre los tamaños de agregados no son apreciables, excepto en el sitio de Güira de Melena (Gui_Can), lo cual indica que en este último los carbohidratos pueden estar más involucrados en la formación de la microestructura que en el resto de los sitios.

Contenido de carbohidratos en los sitios de cultivo intensivo

En la [Figura 7](#) se muestra el contenido de carbohidratos en los suelos dedicados a cultivos intensivos, como se observa en la misma el rango de valores es variable y en dos de los sitios (Win_Pap y Bat_Pap) el mayor contenido de carbohidratos se encontró en aquellos agregados menores de 0,25 mm, esto indica que hay un mayor contenido de este componente vinculado a la microestructura; lo cual no ocurre con el sitio Gui_Pap, donde se encuentran mayoritariamente en los agregados de tamaño entre 0,25 y 2 mm. Esto indica que en este lugar los carbohidratos están más involucrados en la formación de agregados de órdenes superiores.

A pesar de ser estos los suelos con una mayor intensidad de manejo, los carbohidratos se comportan de manera similar que algunos de los otros usos de la tierra. Esto se debe a que el sistema de rotación en algunos de los sitios es papa - boniato, los cuales contienen un alto contenido de almidón, que puede ser degradado por los microorganismos amilolíticos. Resultados alcanzados por [Robaina \(2010\)](#)

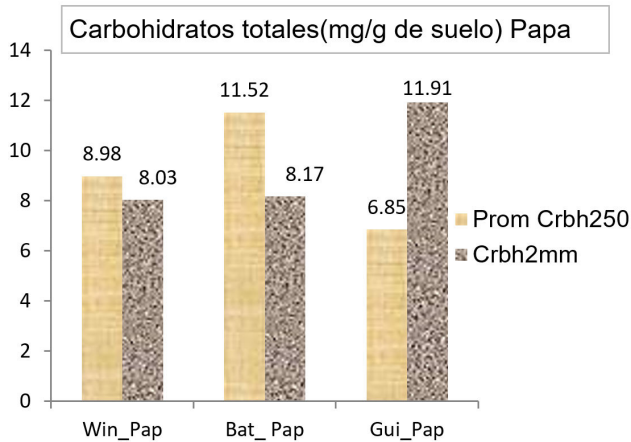


Figura 7. Total de carbohidratos en dos fracciones de agregados (mg de Glucosa equivalente /g de suelo) en el sitio papa en los suelos de composición ferralítica.

Figure 7. Total carbohydrates in two fractions of aggregates (mg of Glucose equivalent /g of soil) in the potato site in soils of ferralitic composition.

para estos mismos suelos corroboran lo antes planteado, pues indican que no existen diferencias significativas en cuanto al número de microorganismos amilolíticos entre los usos de la tierra, para estos mismos suelos.

Comportamiento de los carbohidratos en dependencia de la CGUT

Los carbohidratos evaluados en dos fracciones de tamaños de agregados (menores de 0,25 mm y entre 0,25 - 2 mm) para los diferentes usos de la tierra se muestran en la **Figura 8**. Entre las dos fracciones evaluadas no existen diferencias

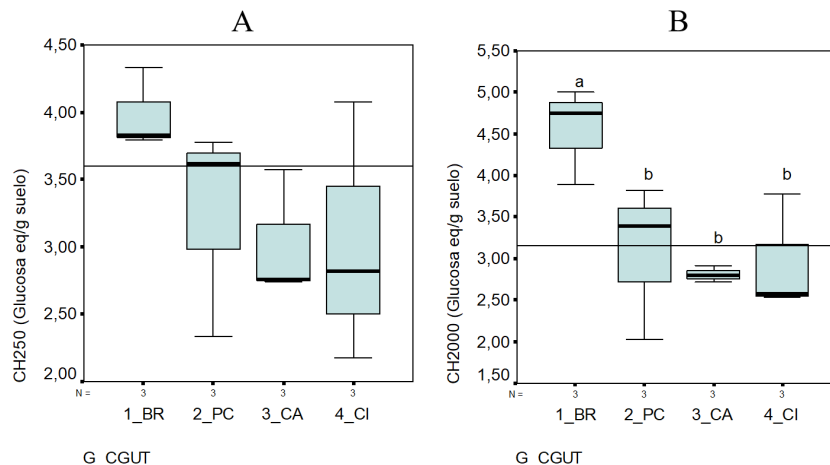
en el contenido de estos compuestos. Se muestran valores alrededor de 3 mg de Glucosa equivalente/ g de suelo en el contenido de carbohidratos de la fracción menor de 0,25 mm; en la misma no existen diferencias significativas entre los cuatro usos de la tierra. Sin embargo, en la fracción menor de 2 mm, los valores están en un rango de 2 a 4,55 mg de glucosa equivalente/ g de suelo, y existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la mediana del uso Bosque y las medianas del resto de los usos.

Esto se debe a que la intensificación del manejo trae como consecuencia una reducción en la actividad microbiana y por ende una afectación en los polisacáridos vinculados a la macroagregación; de modo que al ser los bosques los sistemas más conservados presentan los mayores valores de las medianas de carbohidratos reportados para estos suelos, no ocurre así en los usos caña de azúcar y cultivos intensivos, donde los valores de las medianas se encuentran por debajo de la mediana general.

Relación carbohidratos con MWD

Los polisacáridos segregados por los microorganismos ayudan al equilibrio de los agregados del suelo, logran la resistencia a la desecación y contribuyen a mejorar la estructura del suelo.

En la **Tabla 3** se muestra como los carbohidratos de 0,25 mm y entre 0,25 - 2 mm se relacionan con los agregados estables en agua, presentando una relación positiva con el MWD ($p < 0.05$), mucho mejor que con el carbono orgánico del suelo. Esto coincide con los resultados alcanzados por (Martins, Angers, & Cora, 2013), los cuales plantean que estos compuestos son indicadores tempranos de la buena estructuración de los suelos.



a - Letras diferentes indican significación asintótica bilateral menor o igual 0,05 de una prueba No Paramétrica para dos muestras independientes de Mann-Whitney.

— Mediana general del conjunto total de datos.

Figura 8. Contenidos de carbohidratos por tamaño de agregados. A. < 0,25mm (CH250) y B. < 2 mm (CH2000) del horizonte superficial para cada CGUT.

Figure 8. Carbohydrate contents by aggregate size. A. < 0.25mm (CH250) and B. < 2 mm (CH2000) of the surface horizon for each CGUT.

Tabla 3. Relación entre los carbohidratos totales (0,25 y 2 mm) - MOS - parámetros físico estructurales en suelos de composición ferralítica con diferentes usos de la tierra.

Table 3. Relationship between total carbohydrates (0.25 and 2 mm) - MOS - physical structural parameters in soils of ferralitic composition with different land uses.

	CH250	CH2000
MO _{WB}	,608*(12)	,587*(12)
Ds_Sat	-,655*(12)	-,746**(12)
Pt_Sat		
Macrop		
Mesop		
Th4		
Th2_1		
Th1_05		
Th05_025		
Th025	-,615*(12)	
MWD	,657*(12)	

También correlacionan con la Ds_Sat de forma negativa para ambas fracciones de tamaño de agregados siendo significativa para las fracciones de 25 mm y muy significativa con las fracciones de 2 mm ($p < 0.01$). De manera, que serán los suelos con mayores densidades, los que menor contenidos de carbohidratos tengan y el hecho de que correlacionen mejor con los de 2 mm se sustenta en que estos tienen una mayor densidad para una misma cantidad de suelo.

Los carbohidratos muestran una relación positiva (de ambas fracciones de tamaño) con la materia orgánica, lo cual verifica que la concentración de los mismos es similar a la tendencia del carbono orgánico. La correlación que este componente de la MOS presenta con los agregados estables en agua de 0,25 mm verifica que los mismos se encuentran en los microagregados en la mayor parte de los usos que tiene una mayor intensidad de manejo. Esto indica que los carbohidratos pueden ser un parámetro apropiado para valorar la fertilidad del suelo y el estado de degradación del mismo.

Los resultados obtenidos en carbohidratos totales concuerdan con los obtenidos por Martins, et al., (2013), que encontró una relación entre la materia orgánica y en especial los carbohidratos, con la formación de agregados, en oxisols, donde los agentes cementantes predominantes son los óxidos.

Contenido de carbohidratos en agregados de tallas entre 2 y 4 mm

Según Yousefi, et al., (2008), los carbohidratos extraídos en agua caliente pueden ser un indicador adecuado para mostrar la calidad de un suelo, particularmente en relación con la agregación del suelo, pues cambian más rápidamente que el carbono orgánico, dado a los diferentes procesos biológicos que ocurren en el suelo.

Los valores de carbohidratos en agua caliente oscilan entre $0,3$ y $1,6 \cdot 10^{-4}$ mg de glucosa equivalente / g de suelo, estos coinciden por lo reportado por Yousefi, et al., (2008), para este tipo de compuesto. En general, el contenido de carbohidratos dentro de los agregados de tallas entre 2 y 4 mm, que fueron extraídos en agua caliente, no presenta diferencias significativas globales para los diferentes usos de la tierra (Figura 9), según la prueba de Kruskal R Team, (2014).

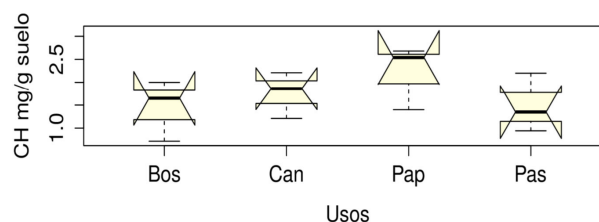


Figura 9. Variación del contenido de carbohidratos en agregados de cuatro mm para diferentes usos de la tierra (observaciones por grupo $n = 3$).

Figure 9. Variation of carbohydrate content in four mm aggregates for different land uses (observations per group $n = 3$).

No obstante, se aprecia el predominio de estos para el grupo de cultivos intensivos (Pap), esto se debe a las condiciones que tenían algunos de estos sitios en el momento de muestreo, pues los restos de cosecha del cultivo principal y algunos de los que con este se rotan, son proveedores de carbohidratos al suelo. En general, los resultados no coinciden con lo planteado por Martins, et al. (2013), los cuales dicen que el contenido de estos compuestos se modifica cuando hay un cambio de uso de la tierra, en un mismo suelo.

Los resultados se deben, en lo fundamental, a que en este estudio no se tomó el número total de agregados entre 2 y 4 mm y en todos los casos se tomó la fracción estructural más estable, para la determinación de carbohidratos, por lo que, en la misma cantidad de agregados, el contenido de carbohidratos para cada uso de la tierra es similar.

Los valores indican que dentro del ciclo de agregación, los agregados entre 2 y 4 mm son cuantitativamente semejantes, y no dependen del uso de la tierra, para un mismo tipo de suelo y en un mismo período de tiempo. Estos carbohidratos son aquellos que llegan al suelo a través de la descomposición de restos de plantas y como deshecho de los microorganismos. Su composición, en general, es sencilla y van a formar enlaces entre agregados mediante interacciones del tipo Van der Waals.

Relación carbohidratos de talla entre 2 y 4 mm con parámetros físicos - estructurales.

Aunque se puede alegar que los carbohidratos solubles en agua forman parte de la estructura de estos suelos para cada uso de la tierra y los mismos intervienen en la formación de enlaces covalente; el contenido de carbohidratos solubles en agua en agregados entre 2 y 4 mm, no presenta relación

estadística con el MWD y la MOS. Sin embargo, podemos afirmar que estos compuestos se encuentran formando parte de la materia orgánica que une los microagregados del suelo para llegar a formar la macroestructura (Martins, et al., 2013).

Conclusiones

Los carbohidratos forman parte de la macroestructura de los suelos Ferralíticos Rojos bajo cuatro clases generales de uso de la tierra.

1. El contenido de carbohidratos se comporta de manera semejante entre los usos de la tierra Pastos Cultivados, Caña de Azúcar y Cultivos Intensivos; sin embargo, en el uso Bosques Regenerados se obtienen los mayores valores en su contenido.
2. Los carbohidratos resultan ser un parámetro apropiado para medir la calidad de un suelo siendo indicadores de la degradación estructural en los suelos de composición ferralítica.
3. Los carbohidratos forman parte de la estructura de estos suelos y resultan ser un parámetro apropiado para medir su calidad. Las mayores relaciones entre estructura y contenido de carbohidratos se encontraron en los agregados de tamaño entre 0,25 y 2 mm, esto permite diferenciar los suelos con buena estructuración.

Bibliografía

- Álvarez, J. y Hernández, C. (2023). La materia orgánica del suelo y su manejo. Universidad de Matanzas, 2-3.
- Cevallos Chacón, E. A. (2020). ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS VEGETALES EN LA FINCA TÓALA LEÓN EN LA COMUNIDAD JOÁ-JIPIJAPA (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- Febles-González, J. M., Febles-Díaz, J. M., Amaral-Sobrinho, N. M., Zonta, E., & Maura-Santiago, A. V. (2020). Mitos, realidades e incertidumbres sobre la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 41(3).
- García, M. y Álvarez, B., (2021). Preservación del medio natural en los Reales Sitios de entorno de Madrid. *Investigaciones Geográficas (España)*, (76), 221-242.
- Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., & Speck, N. C. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos tropicales*, 40(1).
- Hobbie, S.E., 1998: Chloroform fumigation direct extraction (CFDE) protocol for microbial biomass carbon and nitrogen (<http://www.stanford.edu/group/Vitousek/>).
- Martins, M. R., Angers, D. A., & Corá, J. E. (2013). Non-labile plant C contributes to long-lasting macroaggregation of an Oxisol. *Soil Biology and Biochemistry*, 58, 153-158.
- Peña, E., Carrión, M., Companioni, N., Rodríguez, G., Martínez, F. (2020). Manual técnico para la producción de abonos orgánicos. Ministerio de la Agricultura. La Habana, 5-6.
- Robaina, N. (2010). Caracterización de las comunidades de la biota edáfica en los suelos de composición Ferralítica de la Llanura Roja de La Habana bajo diferentes usos de la tierra (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. San José de las Lajas, Cuba: Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana).
- R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria.
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M., & Quezada Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398.
- Safařík, I. V. O., & Šantrůčková, H. (1992). Direct determination of total soil carbohydrate content. *Plant and Soil*, 143(1), 109-114.
- Santander-Mendoza, S., Jorrín, L. G., & Durán-Alvarez, J. L. (2023). Validación del método de Evaluación Visual de Suelos en Ferralíticos Rojos cubanos. *Ingeniería Agrícola*, 13(2).
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Yoder, R.E. (1936). A direct method of aggregates analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses". *Journal of the American Society of Agronomy*, 28: 337-351.
- Yousefi, M., Hajabbasi, M., & Shariatmadari, H. (2008). Cropping system effects on carbohydrate content and water-stable aggregates in a calcareous soil of Central Iran. *Soil and Tillage Research*, 101(1-2), 57-61.