



SUELO

ARTÍCULO ORIGINAL

Reservas de carbono orgánico de un vertisol crómico bajo diferentes usos del suelo

Organic carbon stocks of a Chromic Vertisol under different soil uses

Ing. George Martín-Gutiérrez^I, Dr.C. Pablo Pablos-Reyes^{II}, Dr.C. Elio Angarica-Baró^{II}, Dr.C. Yakelín Cobo-Vidal^I, MSc. Juan Alejandro Villazón-Gómez^{III}, MSc. Adrián Serrano-Gutierrez^I, Téc. Daniel Hernández-Rojas^I

^I Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Holguín, Cuba.

^{II} Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Santiago de Cuba, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba.

^{III} Universidad de Holguín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede José de la Luz y Caballero, Holguín, Cuba.

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de diferentes tipos de utilización del suelo, sobre las reservas de carbono orgánico, en un Vertisol Crómico. En un Punto de Observación Permanente, ubicado en la localidad de Guaro, municipio Mayarí, provincia Holguín. Se tomaron muestras de suelos a la profundidad de 0-20 cm, en tres Tipos de Utilización de la Tierras (TUT), Bosque de Neem, Pasto Natural y Caña de Azúcar. Se determinó el carbono orgánico total y sus fracciones orgánicas, el carbono particulado grueso, fino y el asociado a los minerales, posterior al fraccionamiento físico granulométrico de las muestras. Las mayores reservas de carbono se encontraron en el TUT Bosque de Neem y Pasto Natural en un período de 12 años después de la reconversión, de un 67,60 y 80,20 %, respectivamente, con respecto al TUT Caña de Azúcar. Las fracciones orgánicas se vieron favorecidas de forma significativa en los TUT Bosque de Neem y Pasto Natural con respecto al TUT Caña de Azúcar.

Palabras clave: fracciones del carbono orgánico; tasa de acumulación; densidad aparente.

ABSTRACT. The objective of this work was to evaluate the effects of different types of soil use, on organic carbon reserves, in a Chromic Vertisol. At a Permanent Observation Point, located in the town of Guaro, Mayarí municipality, Holguín province. Soil samples were taken at the depth of 0-20 cm, in three Land Use Types (LUT), Neem Forest, Natural Pasture and Sugarcane. Total organic carbon and its organic fractions, coarse and fine particulate carbon and that associated with minerals were determined after the granulometric physical fractionation of the samples. The highest carbon reserves were found in the Neem Forest and Natural Pasture LUT in a period of 12 years after the reconversion, of 67,60 and 80,20%, respectively, with respect to the Sugar Cane LUT. The organic fractions were significantly favored in the Neem Forest and Natural Pasture LUTs with respect to the Sugar Cane LUT.

Keywords: organic carbon fractions; accumulation rate; apparent density.

INTRODUCCIÓN

El 95% de la producción mundial de los alimentos depende del suelo, lo que provoca la expansión y el manejo no sostenible de las tierras de cultivos y de pastoreos, provocando la degradación de los suelos. Más de 1500 millones de hectáreas de ecosistemas naturales, se han convertido a tierras de cultivos, quedando solo un

25% de la superficie terrestre en su estado natural, la cual contiene más de la mitad de las reservas mundiales de carbono y se estima una reducción por debajo de 10% para el 2050 (FAO, 2022).

El suelo es el reservorio más importante de C en la biosfera, ya que contiene tres veces más carbono que la vegetación y la

^I Autor para correspondencia: George Martín-Gutiérrez, e-mail: george.martin@inicah1.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4631-3013>

Recibido: 13/11/2022.

Aprobado: 01/09/2023.

atmósfera (Pellegrino-Cerri et al., 2021). La degradación del suelo, la pérdida de la diversidad biológica y el cambio climático son tres caras distintas del mismo desafío central (IPBES, 2022).

La contribución de la degradación del suelo al cambio climático incluye la liberación del carbono secuestrado en el suelo, las emisiones globales anuales son alrededor de 3600 a 4400 millones de toneladas de CO₂ (UNCCD, 2019). El cambio de uso de los suelos representa un 25% de las emisiones globales de carbono, y el 58% en la región de América Latina y el Caribe (Dickinson, 2019).

Los suelos en estado natural mantienen vegetación autóctona y características físicas adecuadas para el normal desarrollo de las plantas que conforman su ecosistema. Cuando el tipo de uso cambia hacia la explotación agrícola ocurre la ruptura del equilibrio, drástica modificación de sus propiedades y alteración desfavorable del crecimiento vegetal (Cairo-Cairo & Fundora-Herrera, 2005; Hernández et al., 2015; Hernández-Jiménez et al., 2006).

Las pérdidas del carbono orgánico en una amplia variedad de suelos y tipos de cultivo, varían en un rango entre un 20% y un 70% del carbono orgánico inicialmente presente, y la mayor parte de estas pérdidas ocurre en los primeros 20 años del cambio de uso de la tierra (Mogollón et al., 2015).

El carbono que permanece en el suelo es incorporado y estabilizado en los diferentes reservorios de carbono orgánico del suelo, tales como el carbono orgánico particulado o lábil, de fácil descomposición y modificada por el manejo y otro asociado a los minerales más finos nombrado humus, biológicamente resistente. Ambas tienen una distinta composición, tiempo de persistencia y funcionalidad en el suelo y en el medio ambiente (Lavalée et al., 2020; Ortega-Sastriques & Feller, 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de diferentes tipos de utilización de la tierra, sobre las reservas de carbono orgánico, en un Vertisol Crómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el punto de observación permanente (POP), montado en el año 2010 en la localidad de Guaro, municipio Mayarí, provincia Holguín sobre un suelo Vertisol Crómico cálcico y gléyico según Hernández et al. (2015), en tres tipos de utilización de la tierra, Bosque de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), Pasto Natural (*Paspalum notatum* L.) y Caña de Azúcar (*Saccharum spp.* híbrido). Los Bosques de Neem y Pasto Natural fueron reconvertidos en el 2002, ambos proceden de áreas de Caña de Azúcar.

Se realizó en el año 2015 un muestreo de suelo aleatorio estratificado con tres repeticiones en cada uno de los TUT, donde se tomaron las muestras para análisis químicos a 0-20 cm. Además, se tomaron muestras sin disturbar con cilindros de 105,35 cm³ de volumen, y se colocaron en pesafiltros, para determinar densidad aparente (DA), por el Método del Anillo (NC ISO 10272, 2003).

Se realizó un fraccionamiento físico granulométrico a las muestras por tamizado según Andriulo et al. (1990); Galantini et al. (2008), con un par de tamices, uno de 53 μm y otro de 105 μm de abertura de malla. De esta manera se obtuvo tres frac-

ciones, una gruesa (FG, 105-2000 μm) en la que se encuentra el carbono orgánico particulado grueso (COPG_{>105}), las arenas medias y gruesas; una fracción media (FM, 53-105 μm) constituida por el carbono orgánico particulado medio (COPF₅₃₋₁₀₅) y las arenas muy finas y la fracción fina (FF < 53 μm) la cual contiene el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) más limo y arcilla. El carbono orgánico se determinó por el método de Walkley-Black, según las normas cubanas NC 51 (1999).

Para el cálculo de la reserva de carbono, en los suelos sin disturbar se empleó la ecuación de Alemán-Hurtado et al., (2017); Ussiri et al., 2006) "ISBN": "978-92-5-109681-9"; "publisher": "Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO):

$$RCOS = COS \cdot DA \cdot p \cdot 10^4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$$

donde:

RCOS – reserva de carbono en Mg·ha⁻¹;

COS - carbono orgánico del suelo en % según datos determinados;

DA - densidad aparente en Mg·m⁻³;

p – espesor considerado en m.

En suelos disturbados se calculó según la metodología de Solomon et al. (2002), para comparaciones entre masas equivalentes de suelo, efectuando las correcciones por profundidad equivalente.

$$RCOS = COS \cdot DA \cdot Zc \cdot 10$$

El espesor de los suelos cultivados (Z) fue corregido (Zc), asumiendo que la densidad aparente y la profundidad de los suelos cultivados fueron originalmente los mismos a aquellos que correspondieron a los suelos naturales:

$$Zc = \left(\frac{DA \text{ del suelo del bosque}}{DA \text{ del suelo cultivado}} \right) \cdot Z$$

El cálculo de la tasa de acumulación de carbono edáfico (TACOS), se realizó según Carneiro-Amado et al., 2006) y fue obtenida mediante las diferencias de RCOS entre la situación natural y la situación actual, y los años de uso TUT.

$$TACOS \text{ (Mg C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = \left(\frac{RCOS \text{ actual} - RCOS \text{ original}}{\text{años de uso TUT}} \right)$$

Se comprobó la calidad y validación de las bases de datos, mediante la normalidad de los datos, con el uso de la prueba de Shapiro-Wilk's y para la homogeneidad de la varianza, se realizó la prueba de Bartlett. Se utilizó la prueba de comparación de medias de rango múltiple de Duncan, cuando las ANOVAS detectó diferencias significativas. El procesamiento estadístico de la información, se realizó con el empleo del programa Estadística v.8, y Microsoft Excel 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los primeros 20 cm de profundidad los contenidos de arcilla más limo alcanzaron valores de 69, 58, 85% en los TUT Bosque de Neem, Pasto Natural y Caña de Azúcar, respectivamente (Figura 1), caracterizando al suelo con una textura

arcillosa con vestigios arcillo limosa. Este suelo se caracteriza por un alto contenido de arcilla de tipo 2:1 (principalmente he-metita), lo cual tiene gran influencia en las propiedades físicas y químicas. Dando lugar a un estrecho rango de humedad del suelo entre estrés de humedad y exceso de agua (Cid-Lazo et al., 2021; Hernández et al., 2015; Soil Survey Staff & Agriculture Department, 2017).

La influencia de la textura sobre el contenido del carbono orgánico total (COT) está en dependencia de la cantidad de los materiales finos (arcilla y limo), al existir una mayor unión entre las partículas minerales y el carbono orgánico, existe una mejor protección física y biológica de la misma (Duval, 2015; Duval et al., 2016; J. Galantini et al., 2004; Quiroga & Funaro, 2004).

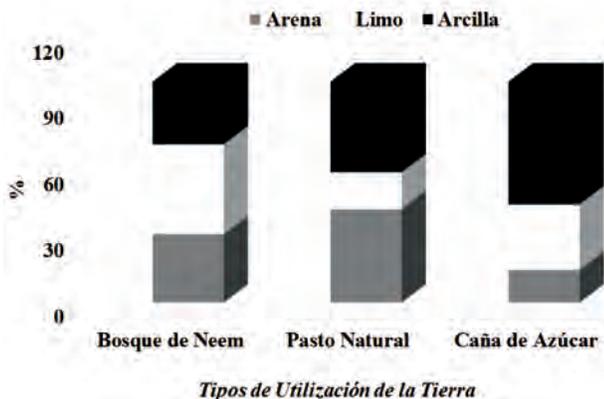


FIGURA 1. Variación de la composición mecánica en diferentes tipos de utilización de la tierra en la profundidad de 0-20 cm.

La relación entre la densidad aparente y el carbono orgánico para esta profundidad (0-20 cm), resultó lineal en comportamiento del carbono orgánico total (COT) (Figura 2), debido a que los valores no resultaron suficientes para establecer una meseta o valor máximo; presenta este menor DA nativa (1,22 g·cm⁻³), inherente a su constitución mineralógica y el incremento de sus fracciones finas, éste índice aparece después de 17,55 g·kg⁻¹ de COT resultados coincidentes con Duval (2015), en Argentina, informo para sitios de texturas medias y finas valores de COT < 26 g·kg⁻¹ en la profundidad 0-10 cm, se pueden considerar “críticos”, con aumentos importantes de la DA por un manejo inadecuado. Y añade que la adsorción de compuestos humificados aumenta por la porosidad intra-agregados que modifica el comportamiento global de los suelos frente a la compactación y a las propiedades de retención de agua.

Ferrero et al. (2018), encontraron en Córdoba, Argentina, que la DA se reduce 0,19 g·cm⁻³ a medida que el COS aumenta 16,21 g·kg⁻¹, según el uso (bosque nativo, uso agrícola y uso ganadero) y consideran la DA una variable sensible a los cambios de uso en los suelos.

De igual forma los altos valores de COS están asociados con el incremento de la agregación, menor erosión y escorrentía superficial, mejor infiltración. Se según Quiroga et al. (2016), el movimiento y la retención del agua ayudan a minorar la compactación, la capacidad de intercambio catiónico, disponibilidad de nutrientes, el vigor de los cultivos y la reducción de la presión de plagas y enfermedades en las plantas.

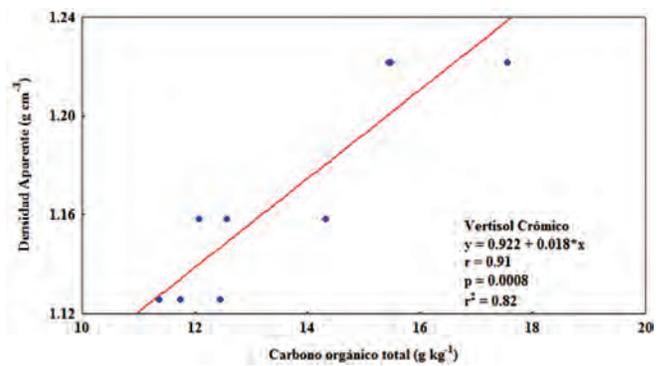


FIGURA 2. Relación entre los niveles de carbono orgánico total (COT) y la densidad aparente en la profundidad de 0-20 cm en un Vertisol Crómico.

En la Figura 3, se muestra las reservas de carbono orgánico, en el COT y la fracción carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), y si en las fracciones COPG y COPF en todos los TUT. Las mayores reservas se encontraron en los TUT no disturbados (Bosque de Neem y Pasto Natural), con respecto al TUT Caña de Azúcar, afectado por la actividad antrópica a que está sometido.

Es interesante esto debido al incremento de las reservas de carbono en el suelo en esto dos TUT después de la reconversión (Bosque de Neem y Pasto Natural), de un 67,60 y 80,20 %, respectivamente, con respecto al TUT Caña de Azúcar.

Con respecto a las fracciones, tienen igual comportamiento que lo explicado anteriormente, el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) fue significativamente superior al COPF y al COPG.

El carbono se acumula tanto en las biomásas vivas (tallos, hojas, raíces), y en la biomasa muerta (restos de vegetales, hojarasca, materia orgánica del suelo), cualquier actividad que afecte al volumen de la biomasa en la vegetación y el suelo tiene capacidad para retener o liberar carbono de la atmósfera o hacia la atmósfera (Jiménez-Torres, 2021). Siendo los suelos más arcillosos los que almacenan más COS, mientras los arenosos los que almacenan menos (Andriulo et al., 2012).

La concentración del COT y su reserva de carbono orgánico fueron sensibles al cambio de TUT. Los suelos cuando se encuentran bajo uso agrícola o ganadero, pierden considerablemente las reservas de COS, con respecto a los bosques naturales, en Córdoba, Argentina, Ferrero et al. (2018), encontraron diferencias significativas entre bosque nativo, uso agrícola y uso ganadero, perdiendo estos dos últimos un 35 y 14% de COS, respectivamente, con respecto al bosque nativo.

Osinaga et al. (2016), encontraron en Chaco Subhúmedo de Argentina, que el bosque tenía secuestrado en promedio 119,30 Mg·ha⁻¹, la pastura 87,90 Mg·ha⁻¹ y los lotes agrícolas entre 71,90 y 77,30 Mg·ha⁻¹. Que el contenido de carbono orgánico está relacionado con el aporte de carbono de la vegetación, la cobertura es mayor en el bosque debido a un mayor aporte y una mayor productividad primaria neta. Esta productividad varía entre biomás, siendo mayor en bosque que en pasturas y en éstos, a su vez, es mayor que para cultivos.

El almacenaje de carbono en el suelo, no solo depende de la cantidad de C aportado todos los años por el cultivo, sino por la calidad del mismo y de otros factores (ambientales, labores agrícolas, periodicidad de los aportes, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo), que determinan los márgenes a almacenar por el suelo (Di Gerónimo *et al.*, 2018; Lao-Olivares, 2017).

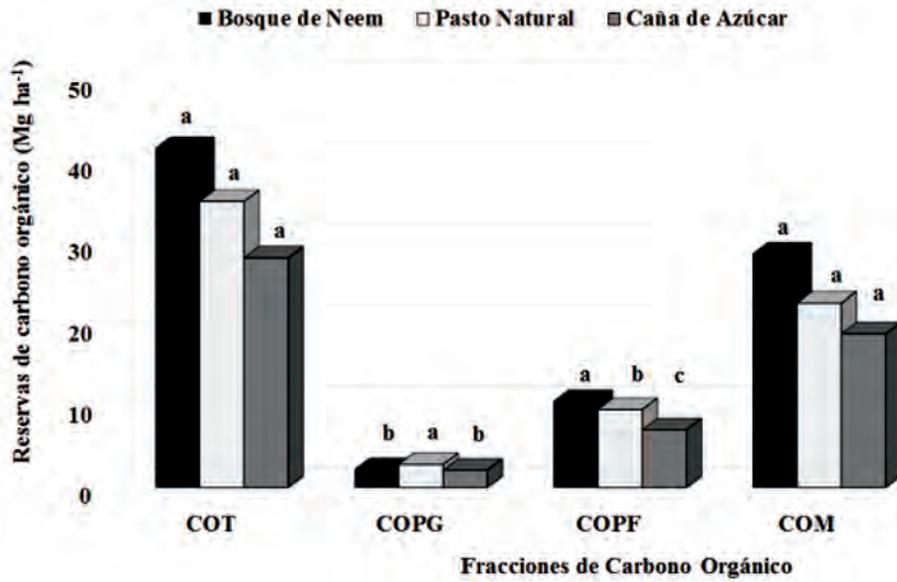


FIGURA 3. Reservas de carbono orgánico (Mg·ha⁻¹), por fracciones, en los diferentes tipos de utilización de la tierra a la profundidad de 0-20 cm en un Vertisol Crómico.

Letras diferentes en cada fracción orgánica indica diferencias significativas entre TUT ($p < 0,05$).

COT: carbono orgánico total; COPG: carbono orgánico particulado grueso; COPF: carbono orgánico particulado fino y COM:

carbono orgánico asociado a la fracción mineral.

Transcurrido cinco años de estudio, el aporte de los residuos vegetales al suelo, favorece las reservas de COT en los TUT (Figura 4). Los TUT PN y BN llevan poco tiempo de reconvertidos (12 años), las tasas de acumulación son positivas 1,36 y 0,88 Mg·ha⁻¹·año⁻¹, respectivamente, aumentando las reservas de COS, mientras que la CA tiene pérdidas de 0,32 Mg·ha⁻¹·año⁻¹, a pesar de los residuos agrícolas de cosecha (RAC), que es capaz de aportar para no generar disminuciones de las reservas de carbono, pero las malas prácticas agrícolas influyen en la degradación del COT. Desde el punto de vista de conservación de la calidad del suelo, los TUT con menos actividad antrópica (Pastos naturales).

fueron los más favorecidos.

La máxima capacidad de almacenamiento de carbono orgánico del suelo requiere de mayor incorporación de biomasa vegetal, que, en términos dinámicos, al menos el 13% del carbono orgánico del suelo total es lábil y se perderá cuando el suelo reduzca la cobertura vegetal según Paz *et al.* (2016), y se produzca cambios en los factores ambientales (Bell *et al.*, 2021).

Cuando las reservas de COS aumentan, significa que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y paralelamente disminuir las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera (Barrezueta-Unda, 2021); característica particular de los suelos bajo TUT de poca acción antrópica (Bosques y

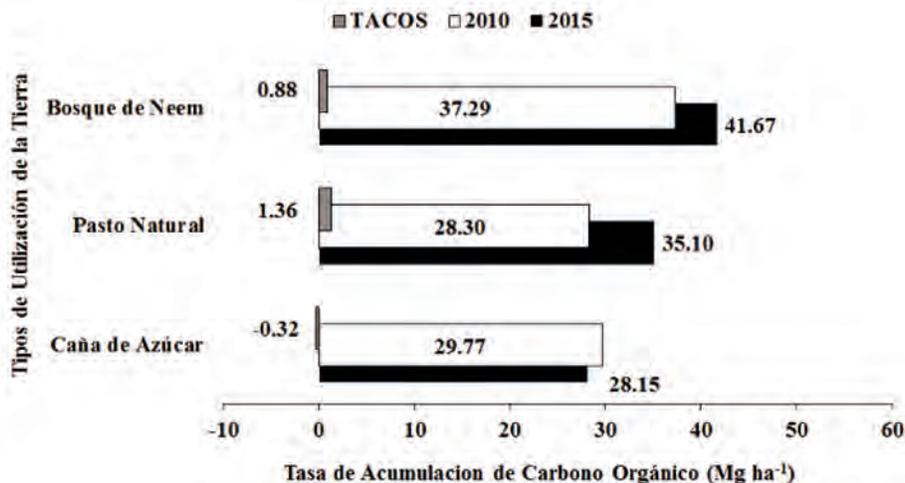


FIGURA 4. Tasa de acumulación de carbono edáfico (TACOS), en los diferentes tipos de utilización de la tierra a la profundidad

- Las mayores reservas de carbono se encontraron en el TUT Bosque de Neem y Pasto Natural en un período de 12 años después de la reconversión, de un 67,60 y 80,20%, respectivamente, con respecto al TUT Caña de Azúcar.

CONCLUSIONES

- Las fracciones orgánicas se vieron favorecidas de forma significativa en los TUT Bosque de Neem y Pasto Natural con respecto al TUT Caña de Azúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán-Hurtado, L., Fatma, R., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). *Soil organic carbon: The hidden potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, ISBN 978-92-5-109681-9.
- Andriulo, A. E., Galantini, J. A., Studdert, G., Sasal, M. C., Wilson, M., Basanta, M., Sánchez, M., Gudelj, V., Irizar, A., & Restovich, S. (2012). *Existencias de carbono orgánico edáfico bajo diferentes usos y tipos de suelo*. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo and XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata (Argentina), Mar del Plata (Argentina).
- Andriulo, A., Galantini, J., Pecorari, C., & Torioni, y E. (1990). Materia orgánica del suelo en la región pampeana. I: Un método de fraccionamiento por tamizado. *Agrochimica*, 34(5-6), 475-489, ISSN: 0002-1857.
- Barreuzeta-Unda, S. (2021). Efecto de diversos atributos topográficos sobre el carbono orgánico en varios usos del suelo. *Ciencia UNEMI*, 14(35), 43-53.
- Bell, S. M., Terrer, C., Barriocanal, C., Jackson, R. B., & Rosell-Melé, A. (2021). Soil organic carbon accumulation rates on Mediterranean abandoned agricultural lands. *Science of the Total Environment*, 759, 143-535, ISSN: 0048-9697, Publisher: Elsevier.
- Cairo-Cairo, P., & Fundora-Herrera, O. (2005). *Edafología* (primera reimpresión). Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, ISBN 959-258-336-6.
- Carneiro-Amado, T. J., Bayer, C., Conceição, P. C., Spagnollo, E., Costa de Campos, B. H., & Da Veiga, M. (2006). Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. *Journal of environmental quality*, 35(4), 1599-1607, ISSN: 0047-2425, Publisher: Wiley Online Library.
- Cid-Lazo, G., López-Seijas, T., Ahmed, F., & Herrera-Puebla, J. (2021). Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(2), 3-9, ISSN: 2306-1545, Publisher: Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.
- Di Gerónimo, P. F., Videla, C. C., & Laclau, P. (2018). Distribución de carbono y nitrógeno orgánico en fracciones granulométricas de suelos bajo pastizales, agricultura y forestaciones. *Ciencia del suelo*, 36(1), 11-22, ISSN: 1850-2067, Publisher: SciELO Argentina.
- Dickinson, D. (2019). *24000 millones de toneladas de suelo fértil se pierden cada año por la desertificación*. ONU Noticias. www.news.un.org.
- Duval, M. E. (2015). *Contenido, calidad y dinámica de las fracciones orgánicas como indicadores de calidad de suelos bajo diferentes manejos en siembra directa* [Tesis en opción al grado de Doctor en Agronomía]. Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- Duval, M. E., Galantini, J. A., Martínez, J., & Iglesias, J. O. (2016). Comparación de índices de calidad de suelos agrícolas y naturales basados en el carbono orgánico. *Ciencia del suelo*, 34(2), 197-209, ISSN: 1850-2067, Publisher: SciELO Argentina.
- FAO. (2022). *Día mundial del suelo 2022: La FAO publica el primer informe mundial sobre suelos negros*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, News and Press Release.
- Ferrero, M. R., Basanta, M., & Álvarez, C. (2018). *Stock de carbono y nitrógeno en un haplustol éntico bajo diferentes usos del suelo en Córdoba*. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán, Instituto Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María, Córdoba, Argentina, ISBN 978-987-46870-0-5, Córdoba, Argentina.
- Galantini, J. A., Iglesias, J., Landriscini, M., Suñer, L., & Minoldo, G. (2008). *Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados* (J Galantini et al. (eds.), Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina). Ediuns Bahía Blanca, Argentina.
- Galantini, J., Senesi, N., Brunetti, G., & Rosell, R. (2004). Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. *Geoderma*, 123(1-2), 143-152, ISSN: 0016-7061.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Mesa, N. A., Bosch, I. D., Rivero, L., & Camacho, E. (2015). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba.: Vol. I* (Barcaz L L). AGRINFOR, La Habana, Cuba, ISBN: 959-246-022-1.
- Hernández-Jiménez, A., Ascanio-García, M. O., Morales-Díaz, M., Bojórquez-Serrano, J., García-Calderón, N. E., & García-Paredes, J. D. (2006). *Fundamentos sobre la formación del suelo, los cambios globales y su manejo* (p. 171). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic.
- IPBES. (2022). *Informe sobre la degradación y restauración del suelo*. www.ipbes.net
- Jiménez-Torres, A. del C. (2021). La diversidad mejora el almacenamiento de carbono en los bosques tropicales. *Recimundo*, 5(3), 316-323, ISSN: 2588-073X. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(3\).sep.2021.316-323](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(3).sep.2021.316-323)
- Lao-Olivares, C. P. (2017). *Fracciones del carbono orgánico lábil en suelos de la Amazonia Peruana bajo diversos sistemas de uso* [Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Suelos]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Lavallee, J. M., Soong, J. L., & Cotrufo, M. F. (2020). Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global change biology*, 26(1), 261-273, ISSN: 1354-1013, Publisher: Wiley Online Library. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>
- Mogollón, J. P., Martínez, A., Rivas, W., Meseda, C., Muñoz, B., Marquez, E., Colmenares, M., & Campos, Y. (2015). Carbono orgánico como

Martín-Gutiérrez et al.: Reservas de carbono orgánico de un vertisol crómico bajo diferentes usos del suelo

- indicador del proceso de desertificación en suelos agrícolas al Norte de Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, 45(1), 24-30, ISSN: 2665-6558, Publisher: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- NC 51. (1999). *Calidad del Suelo. Análisis Químico. Determinación del porcentaje de Materia Orgánica* [Norma cubana]. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- NC ISO 10272. (2003). *Determinación de la densidad aparente o peso volumétrico*. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Ortega-Sastriques, F., & Feller, C. (2008). *Actualidad teórica y práctica de la materia orgánica de los suelos*. I Seminario Nacional de Manejo Ecológico del Suelo, La Habana, Cuba, La Habana, Cuba.
- Osinaga, N., Alvarez, C., Suvar, G., & Taboada, M. (2016). *¿Cómo influye la agriculturización en los stocks de carbono en el chaco subhúmedo*. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto, Córdoba, ISBN 978-987-688-173-9, Publisher: Facultad de Agronomía (UBA), Córdoba, Argentina.
- Paz, F., Covalada, S., Alemán, C., Etchevers, J., & Matus, F. (2016). Modelación simple y operativa de la distribución del carbono orgánico por fracciones físicas en los suelos. *Terra latinoamericana*, 34(3), 321-337, ISSN: 0187-5779, Publisher: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo AC.
- Pellegrino-Cerri, C. E., Cherubin, M. R., Damian, J. M., Fujita-Mello, F. C., & Lal, R. (2021). *Secuestro de carbono en el suelo mediante la adopción de prácticas de manejo sostenible: Potencial y oportunidad para los países de las Américas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ISBN: 978-92-9248-966-3.
- Quiroga, A., & Funaro, D. (2004). Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana. *Actas*, 476.
- Quiroga, A., Oderiz, A., Uhaldegaray, M., Alvarez, C., Scherger, E., Fernández, R., & Frasier, I. (2016). Influencia del manejo sobre indicadores físico-hídricos de compactación de suelos. *Semiárida Revista Facultad de Agronomía UNLPam*, 26, 21-28.
- Soil Survey Staff & Agriculture Department. (2017). *Keys to soil taxonomy* (12th Edition. United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service). Government Printing Office, Washington, D.C.
- Solomon, D., Fritzsche, F., Lehmann, J., Tekalign, M., & Zech, W. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian highlands: Evidence from natural ¹³C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 969-978, ISSN: 0361-5995, Publisher: Wiley Online Library.
- UNCCD (2019). *Land-Based Adaptation and Resilience: Powered by Nature*. https://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/Land_Base_Adaptation_ENG_Sall_web.pdf
- Ussiri, D. A. N., Lal, R., & Jacinthe, P. A. (2006). Soil properties and carbon sequestration of afforested pasture in reclaimed Minesoils of Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70(5), 1797-1806.

George Martín-Gutiérrez, Ing., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 2459 6262, e-mail: george.martin@inicahl.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4631-3013>

Pablo Pablos-Reyes, Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Santiago de Cuba, Los Coquitos, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba, teléf.: 2250 2254, e-mail: pablo.pablos@inicas.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1820-0142>

Elio Angarica-Baró, Dr.C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Santiago de Cuba, Los Coquito, Palma Soriano, Santiago de Cuba, Cuba, teléf.: 2250 2254, e-mail: elio.angarica@inicas.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7129-8372>

Yakelin Cobo-Vidal, Dr.C., Investigadora Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 24 596262, e-mail: yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9377-2397>

Juan Alejandro Villazón-Gómez, MSc., Profesor Auxiliar, Universidad de Holguín, Sede José de la Luz y Caballero, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Holguín, Cuba, Teléf.: 24 481221, e-mail: villazon@uho.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2436-0591>

Adrián Serrano-Gutiérrez, MSc., Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 24 596262, e-mail: adrian.serrano@inicahl.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3020-9396>

Daniel Hernández-Rojas, Téc., Técnico en Producción de Caña, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, Guaro s/n carretera a Mayarí, Holguín, Cuba, teléf.: 24 596262, e-mail: daniel.hernandez@inicahl.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-5214-8100>

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: George Martín-Gutiérrez y Yakelin Cobo-Vidal. **Curación de datos:** George Martín-Gutiérrez, Daniel Hernández-Rojas, Juan Alejandro Villazón-Gómez. **Análisis formal:** George Martín-Gutiérrez, Elio Angarica-Baró. **Investigación:** George Martín-Gutiérrez, Daniel Hernández-Rojas, Juan Alejandro Villazón-Gómez, Adrián Serrano-Gutiérrez, Pablo Pablos-Reyes. **Metodología:** George Martín-Gutiérrez, Pablo Pablos-Reyes, Juan Alejandro Villazón-Gómez, Elio Angarica-Baró. **Supervisión:** George Martín-Gutiérrez, Pablo Pablos-Reyes, Juan Alejandro Villazón-Gómez. **Redacción–borrador original:** George Martín-Gutiérrez y Pablo Pablos-Reyes. **Redacción–revisión y edición:** Yakelin Cobo-Vidal, Pablo Pablos-Reyes, Juan Alejandro Villazón-Gómez.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.