



CARBONO LÁBIL COMO UN INDICADOR DE CAMBIOS EN DOS SUELOS BAJO DIFERENTES USOS

The labile Carbon as indicator of changes in two soils under different uses

Milagros Ginebra Aguilar¹✉, Mirelys Rodríguez Alfaro¹,
Bernardo Calero Martín¹, Daniel Ponce de León² y Lisbet Font Vila³

ABSTRACT. The soil organic matter is an essential component in the reserve and carbon cycle. The carbon in the soil is incorporated to the continuous contribution of organic material in natural conditions, however, the land's practice generates the organic carbon decrease while sustainable practices of land use contributes to its capture and accumulation. A frequent practice for evaluating changes of the organic matter quality under different managements is the determination of labile fractions of soil organic carbon. The content of Labile Soil Organic Carbon (COS_L) was compared on the soil layer 0-20 cm of a soil Ferralítico Rojo Típico from Ciego de Ávila with a Ferrítico Rojo Oscuro from Camagüey were undergone to three uses of the soil: Without exploitation, diversified and intensive crop cultivation. COS_L extraction was performed by oxidation with potassium permanganate ($0,02 \text{ mg L}^{-1}$) and the determination was made by colorimetry. Independently the use, the content of COS_L is higher on the Ferralítico soil than on the Ferrítico one but in both the contents decreased in the areas under intensive cultivation in relation to the ones without any exploitation. In addition to this, in the diversified systems, based on Lands Sustainable Management, this indicator tends to recover. These results suggest the inclusion of the determination of the COS_L , as an alert indicator on how the soil's uses affect the quality of them.

Key words: organic matter, soil, fertility, biological properties

RESUMEN. La materia orgánica en el suelo es un componente clave en la reserva y ciclo del carbono. En condiciones naturales el carbono se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico; sin embargo, existen prácticas de uso de la tierra que generan una disminución del carbono orgánico en el tiempo, a la vez hay prácticas de uso sostenible que favorecen su captura y acumulación. La determinación de fracciones lábiles de carbono orgánico del suelo, constituye una práctica frecuente para evaluar cambios en la calidad de la materia orgánica bajo distintos manejos. Se comparó el contenido de carbono lábil (COS_L) en la capa 0-20 cm de un suelo Ferralítico Rojo Típico con el de un Ferrítico Rojo Oscuro Típico, sometidos a tres usos del suelo (sin explotación, cultivo diversificado y cultivo intensivo). La extracción del COS_L se realizó por oxidación con permanganato de potasio a $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ y las determinaciones se hicieron colorimétricamente. Se encontró que independientemente del uso, el contenido de COS_L fue superior en el suelo Ferralítico que en el Ferrítico y que para ambos suelos los contenidos disminuyeron en las áreas bajo cultivo intensivo con relación a las áreas sin explotación; además, en el sistema diversificado, donde se aplican principios de Manejo Sostenible de Tierras, este indicador tiende a recuperarse. Estos resultados sugieren la inclusión de la determinación del COS_L , como indicador de alerta del efecto de los usos del suelo sobre su calidad.

Palabras clave: materia orgánica, suelo, fertilidad, propiedades biológicas

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años las emisiones de CO_2 hacia la atmósfera se han incrementado, lo que ha estado condicionado, entre otros factores, por el paso de

los ecosistemas naturales a sistemas de producción agrícola (1).

En los suelos se encuentran tres formas básicas de carbono: elemental, inorgánico y orgánico. El carbono orgánico es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo (2, 3), la que constituye un importante reservorio o fuente emisora de carbono hacia la atmósfera, influyendo por tanto en el ciclo global de este elemento (1).

En condiciones naturales, el carbono de la materia orgánica se incorpora al suelo a través del aporte

¹ Instituto de Suelos, Autopista Costa-Costa, km 8½., Apdo. 8022, CP 10 800, Capdevila, Boyeros, La Habana. Cuba.

² Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. Cuba.

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey. Cuba.

✉ investigacion12@isuelos.co.cu

continuo de material orgánico, principalmente de origen vegetal (3). En este caso el flujo de carbono orgánico del suelo es influenciado por el clima, tipo de suelo, cobertura vegetal existente, entre otros factores (4, 5). Sin embargo, en ecosistemas bajo explotación agropecuaria, a los factores mencionados, se le suma con particular relevancia, la influencia de los diferentes usos de la tierra a que se encuentran sometidos (4, 6).

La materia orgánica del suelo, bajo manejos conservacionistas, se incrementa, relacionándose positivamente con la conservación de la estructura de los suelos (7), el ciclo de nutrientes y el secuestro de carbono (1, 8, 9). El manejo agrícola intensivo promueve la degradación del suelo y la liberación de carbono hacia la atmósfera con la consecuente pérdida de nutrientes y disminución de la fertilidad (2, 10).

La mayor parte del carbono orgánico presente en los suelos está en formas recalcitrantes o humificadas (11). Desde el punto de vista productivo y de la calidad del suelo, el carbono orgánico total presente en la materia orgánica, es menos susceptible a los efectos de las prácticas agronómicas a corto plazo, donde toma mayor importancia la razón de descomposición (12, 13). La cuantificación de fracciones más sensibles de carbono orgánico en el suelo podría proveer mejor información de los efectos a los cambios de manejo (2, 14), ya que estas fracciones son usadas por los microorganismos del suelo para su actividad metabólica y la transformación a compuestos más complejos (10).

La sensibilidad de las fracciones de carbono orgánico lábil o activo del suelo (COS_L), a los cambios de manejo del suelo a corto plazo, puede estar dada por su estrecha relación con el carbono orgánico total, el carbono de la biomasa microbiana y la materia orgánica particulada, lo que indica la posibilidad de su determinación para medir la calidad del suelo (11, 15).

La oxidación con permanganato de potasio ($KMnO_4$), puede separar el carbono orgánico en activo y poco activo (16). La cantidad de carbono obtenida por la oxidación de suelo con $KMnO_4$ a bajas concentraciones es considerada como un recurso efectivo en la cuantificación del COS_L (11, 17, 18), esta fracción además se relaciona estrechamente con propiedades biológicas, físicas y químicas de diferentes tipos de suelos (16).

En el trabajo se evalúa el efecto de tres usos del suelo (sin explotación, cultivo diversificado y cultivo intensivo) en dos tipos de suelos, un Ferráltico Rojo Típico en la provincia de Ciego de Ávila y un Ferrítico Oscuro Rojo Típico en la provincia de Camagüey, sobre la concentración de COS_L .

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó entre los años 2011 y 2013, en el Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura con apoyo de La Unidad de Ciencia y Técnica de Base de Suelos en Camagüey. Las áreas de estudio se localizaron en dos Empresas de Cultivos Varios, una en el municipio Sierra de Cubitas, perteneciente a la cuenca hidrográfica "La Guanaja", al norte de la provincia de Camagüey y la otra en el municipio Ciego de Ávila, perteneciente a la cuenca hidrográfica "Limpiolargo", en la provincia Ciego de Ávila.

Los suelos estudiados fueron un Ferrítico Rojo Oscuro Típico, en la provincia de Camagüey y un Ferráltico Rojo Típico en Ciego de Ávila, según la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (19).

Se seleccionaron tres usos para cada tipo de suelo (Tabla I).

Tabla I. Combinación de los tipos de suelo y sus usos en las variantes estudiadas.

Variante	Usos del suelo	Descripción
Camagüey. Tipo de suelo: Ferrítico Rojo Oscuro Típico		
S1M1	Sin explotación	Vegetación espontánea: mamey (<i>Calocarpum sapota</i>), roble blanco (<i>Tabebuia angustata</i>), sigua (<i>Nectanda coriacea</i>), guano cana (<i>Saval parviflora</i>),
S1M2	Cultivos intensivos	Cultivado de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) (variedad Romano Nacional). Aplicación de 1,34 t ha ⁻¹ de fórmula completa (9-13-17) y 0,22 t ha ⁻¹ de urea.
S1M3	Cultivos diversificados	Plantaciones de plátano (<i>Musa sp.</i>), naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>), tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>), boniato (<i>Ipomoea batatas</i>). Aplicación de abonos orgánicos (<i>compost</i> de estiércol vacuno), rotación e intercalamiento de cultivos.
Ciego de Ávila. Tipo de suelo: Ferráltico Rojo Típico		
S2M1	Sin explotación	Vegetación espontánea: ateje blanco (<i>Cordia Galeottiana</i>), paraná (<i>Panicum purpurascens</i>), guinea cimarrona (<i>Panicum ghiesbreghtii</i>), marabú (<i>Dichrostachys cinerea</i>).
S2M2	Cultivos Intensivos	Cultivado de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) (variedad Aida). Aplicación de 1,41 t ha ⁻¹ de fórmula completa (9-13-17) y 0,22 t ha ⁻¹ de urea.
S2M3	Cultivos diversificados	Plantaciones de café (<i>Coffea arabica</i>), plátano (<i>Musa sp.</i>), cebolla (<i>Allium cepa</i>), frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i>). Aplicación de abonos orgánicos (<i>compost</i> de estiércol vacuno), rotación e intercalamiento de cultivos.

El muestreo de suelo se realizó por el método de entramado al azar de puntos en forma longitudinal (20), y se estudió un área de 1 ha para cada una de las variantes. Se tomaron 10 muestras compuestas a una profundidad de 0 a 20 cm, a la misma vez para cada una de las variantes, en el momento de la cosecha del cultivo de la papa.

DETERMINACIÓN DE CARBONO LÁBIL

Las determinaciones de COS_L se realizaron en los laboratorios del Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura, tomando como referencia la metodología colorimétrica de oxidación con permanganato de potasio (11).

A 5 g de las muestras de suelo tamizadas por 1 mm y conservados a temperatura ambiente, se le añadió una solución de permanganato de potasio (KMnO_4) a una concentración de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, con pH 7,2. Se agitó en una zaranda orbital por 15 minutos a 200 rpm y luego se centrifugó por cinco minutos a 3000 rpm. Posteriormente se filtró el líquido sobrenadante con papel de filtro semirrápido, se tomó una alícuota de 0,5 mL y se diluyó en 25 mL de agua destilada. Se trabajó con tres réplicas por muestras de suelo. Las determinaciones se realizaron en un espectrofotómetro ultravioleta-visible (T-160) a una longitud de onda de 565 nm.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se asumió un comportamiento no lineal de las variables y se desarrollaron análisis estadísticos no paramétricos, dadas las restricciones en el diseño experimental.

Se realizó un análisis de varianza no paramétrico con dos factores: A, tipo de suelo y B, uso del suelo; se consideraron dos niveles para el factor A y tres niveles para el factor B y se analizó la interacción entre los factores. La variable respuesta fue el COS_L . Se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis, como criterio de diferencia entre las medianas con un 95 % de confiabilidad, la salida gráfica de esta prueba muestra gráficos de cajas y bigotes que ilustran la agrupación de los valores de COS_L analizados, destacando en línea oscura la mediana de la población de datos. Para definir si el COS_L , mostraba diferencias significativas entre cada uno de los pares de muestras independientes, conformados por las seis combinaciones de suelo y uso, se empleó la prueba U de Mann-Whitney.

El procesamiento se realizó mediante el paquete R Stats (21), compilación R 2.14.1 sobre Ubuntu 12.04.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VALORES DE CARBONO ORGÁNICO LÁBIL DEL SUELO, PARA CADA COMBINACIÓN DE TIPO Y USO DE SUELO

Los valores de COS_L y su dispersión para cada una de las variantes, se muestran en la Tabla II.

Tabla II. Carbono orgánico lábil de suelo para cada variante en estudio.

Variante	COS_L ($X \pm s$) ($\text{mg C kg suelo}^{-1}$)
S1M1	448,01 \pm 43,02
S1M2	226,14 \pm 43,99
S1M3	362,32 \pm 30,19
S2M1	546,72 \pm 36,31
S2M2	371,62 \pm 22,96
S2M3	405,52 \pm 31,67

($X \pm s$) = (media \pm desviación estándar) (n=10).

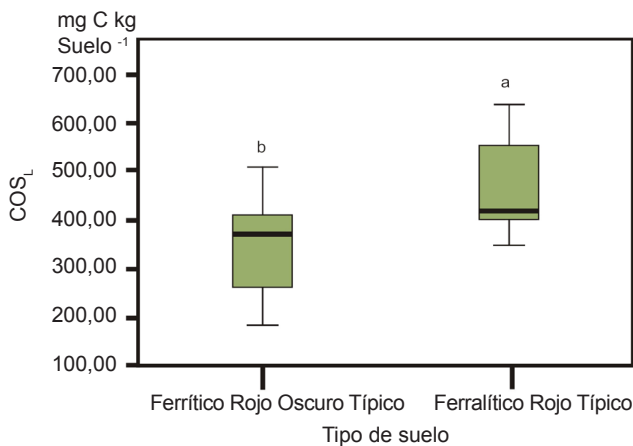
S1M1, Ferrítico Rojo Oscuro - Sin explotación; S1M2, Ferrítico Rojo Oscuro – Cultivo Intensivo; S1M3, Ferrítico Rojo Oscuro – Cultivo Diversificado; S2M1, Ferralítico Rojo Típico - Sin explotación; S2M2, Ferralítico Rojo Típico - Cultivo Intensivo; S2M3, Ferralítico Rojo Típico - Cultivo Diversificado.

Los valores de COS_L se encuentran dentro de los rangos encontrados por otros autores, utilizando la misma metodología, para diferentes escenarios edafoclimáticos (11, 22, 23, 24, 25). Estos autores plantean la eficiencia de la determinación del COS_L , a partir de la oxidación con permanganato de potasio y refieren la coincidencia que muestran sus resultados, con otros indicadores de calidad en el suelo.

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO LÁBIL SEGÚN EL TIPO DE SUELO

Los suelos Ferríticos y Ferralíticos presentan muchas similitudes, ya que poseen un desarrollo avanzado en su génesis, son profundos y el color rojo predomina en su perfil; sin embargo, presentan propiedades químicas, físicas y biológicas que permiten separarlos (26) y condicionan las diferencias encontradas en los valores de COS_L , obtenidos en cada tipo de suelo.

Los valores de COS_L en el suelo Ferrítico fueron inferiores a los obtenidos en el Ferralítico, independientemente del uso del suelo a que fueron sometidos (Figura 1); lo que se relaciona, con la menor fertilidad del suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico, con respecto a la del Ferralítico Rojo Típico (10). Este hecho coincide con varios autores quienes encontraron que el COS_L se asocia a la fertilidad (27).



Letras diferentes, entre tipos de suelo, independientemente del uso del suelo, representan diferencias significativas para un 95 % de probabilidades. n=60.

Figura 1. Contenido de carbono orgánico lábil para cada suelo estudiado.

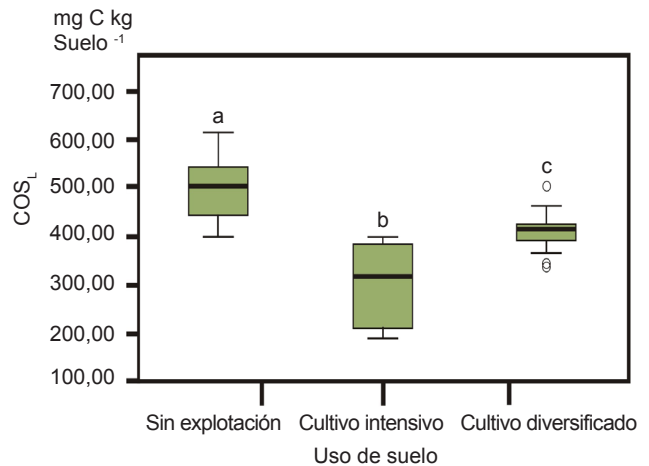
Los bajos contenidos de COS_L de los suelos Ferríticos, resultan coherentes con el fuerte proceso de intemperismo que ha provocado un lavado casi total de las bases del suelo, dejando una alta cantidad de óxido de hierro III (Fe_2O_3) y condicionando su baja fertilidad. Este resultado, se asocia además con las características físicas de estos dos tipos de suelos, donde los suelos Ferríticos presentan un gran empobrecimiento de arcillas, con altos contenidos de perdigones de hierro, mientras que los Ferralíticos cuentan con una buena estructuración que tiende a la formación de agregados estables (26).

Por otra parte, los mayores niveles de COS_L , en el suelo Ferralítico en comparación con el Ferrítico, están influenciados por el contenido de materia orgánica presente en estos suelos, determinados por la cantidad y calidad de biomasa que se incorpora (28). Por lo general los suelos Ferríticos presentan una baja calidad biológica (10, 26), lo que hace que el proceso de mineralización de la materia orgánica, estrechamente vinculado a la actividad de los microorganismos se dificulte (23), con la consecuente disminución del COS_L . Este proceso se encuentra estrechamente asociado a que la rizodeposición de las especies involucradas afecta la calidad de la biota edáfica ya dependiente de otros factores edáficos, sobre todo en manejos que involucran especies muy diferentes de las nativas (9), como es el caso de las variantes S1M2 y S1M3.

Es importante destacar que las formas de material orgánico más encontradas en los suelos Ferríticos son las huminas, mientras que en los suelos Ferralíticos son los compuestos húmicos poco polimerizados y de baja estabilidad al ataque microbiano (10), algunos de los cuales son susceptibles de ser oxidados con $KMnO_4$.

INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO SOBRE EL CARBONO ORGÁNICO LÁBIL

Se encontraron diferencias significativas en los contenidos de COS_L , entre los tres usos analizados, independientemente del tipo de suelo donde se encontraban establecidos (Figura 2).



Letras diferentes, entre usos del suelo representan diferencias significativas para un 95 % de probabilidades. Independientemente del tipo de suelo n=60.

Figura 2. Influencia del uso del suelo sobre los contenidos del carbono orgánico lábil del suelo.

En el área utilizada como referencia, suelos sin explotación, se alcanzan los mayores contenidos de COS_L (Figura 2) lo cual coincide con lo planteado por otros autores (6, 29). La principal causa de la pérdida de carbono orgánico en los suelos es el paso de ecosistemas conservados a agroecosistemas, lo cual se puede medir a partir de la presencia de COS_L , al constituir esta una fracción sensible a los cambios provocados por el uso de la tierra, y su estrecha relación con las propiedades físicas, químicas y biológicas, que determinan la capacidad productiva de los suelos (30, 31).

Los valores de COS_L en las áreas de cultivos diversificados, independientemente del tipo de suelo, fueron mayores que en las de cultivos intensivos (Figura 2), las variaciones del COS_L dependen de la intensidad de la explotación del suelo y de las medidas aplicadas para su conservación (32). En este sentido se destaca que la especialización de los sistemas agrícolas provoca una pérdida considerable de COS_L , lo cual ha sido referido por varios autores (6, 29).

En investigaciones recientes se ha demostrado que el COS_L , se relaciona con el contenido de materiales orgánicos añadidos al suelo (15, 33), lo que podría explicar los altos contenidos de esta fracción registrados en áreas de cultivos diversificados, donde se aplica compost de estiércol vacuno, en comparación con las variantes de cultivos intensivos, donde la fertilización es solamente mineral (Figura 2).

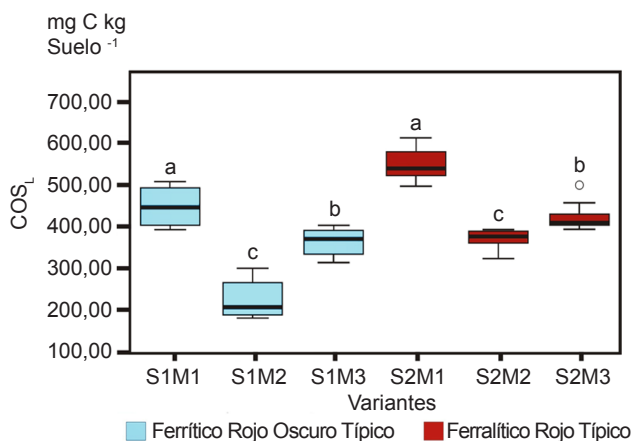
La fertilización mineral y orgánica provoca cambios en los contenidos de COS_L , aunque los incrementos más significativos de esta fracción de carbono en el suelo se aprecian en la combinación de fertilizantes orgánicos y minerales (25).

De manera general, estos resultados ratifican que el uso del suelo en cultivo intensivo de papa, sin aplicación de abonos orgánicos ni otras prácticas de conservación del suelo, puede ser causa de la disminución de los contenidos de COS_L . Otros usos más conservacionistas como el de cultivos diversificados, favorecen las cantidades de COS_L (34). Estos resultados sugieren que este indicador es sensitivo para evaluar los cambios producto de la utilización del suelo (18).

EFFECTO DE LA COMBINACIÓN DEL USO Y EL TIPO DE SUELO, SOBRE EL CARBONO ORGÁNICO LÁBIL DE SUELO

Al analizar la interacción entre el tipo de suelo y su uso, se encuentran diferencias significativas entre cada variante, para cada suelo en estudio (Figura 3).

Al comparar los contenidos de COS_L en las variantes estudiadas, para cada tipo de suelo, se observa que los contenidos de COS_L en suelos con cultivos diversificados (S1M2 y S2M2), son mayores que en los suelos donde se cultiva de forma intensiva (S1M3 y S2M3). Este resultado puede estar asociado a la aplicación de principios de manejo sostenible de la tierra, los cuales no inciden con igual intensidad sobre ambos suelos.



Letras diferentes, entre columnas, para cada tipo de suelo, representan diferencias significativas para un 95 % de probabilidades. n=20. S1M1, Ferrítico Rojo Oscuro - Sin explotación; S1M2, Ferrítico Rojo Oscuro - Cultivo Intensivo; S1M3, Ferrítico Rojo Oscuro - Cultivo Diversificado; S2M1, Ferralítico Rojo Típico - Sin explotación; S2M2, Ferralítico Rojo Típico - Cultivo Intensivo; S2M3, Ferralítico Rojo Típico - Cultivo Diversificado.

Figura 3. Influencia del uso, en cada tipo de suelo, sobre los contenidos de carbono orgánico lábil.

La recuperación del suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico fue superior a la del Ferralítico Rojo Típico (Figura 3). Este fenómeno se intensificó, en función de que en los suelos frágiles, desde el punto de vista ecosistémico, la explotación continuada con especies exóticas implica un daño mayor, como también una recuperación más lenta cuando se restablecen las especies nativas (35).

La variación de los contenidos de COS_L a las prácticas de manejo en la variante de uso de cultivos diversificados, coincide con autores que refieren el rápido incremento de la fertilidad del suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico, con aplicación de abonos orgánicos, lo cual se puede constatar por el aumento de las producciones. Este aumento de fertilidad se hace más notorio debido a la baja fertilidad natural de estos suelos (26). La menor recuperación del COS_L en el suelo Ferralítico Rojo Típico, frente a similares prácticas de manejo en otros suelos, resulta consecuencia de un proceso histórico de su sobre explotación (26, 36, 37). En estos suelos se manifiesta un aumento progresivo de su densidad aparente, relacionada estrechamente con la pérdida de COS . Por otra parte, debido a su continua roturación y cultivo, estos suelos han sido expuestos a una pérdida sustancial y es difícil recuperar sus contenidos del humus (9, 26).

CONCLUSIÓN

Los contenidos del carbono orgánico lábil, resultan sensibles como indicador de cambios en el suelo generados por la implementación de diferentes usos del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Lal, R. "Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security", *Science*, vol. 304, no. 5677, 6 de noviembre de 2004, pp. 1623-1627, ISSN 0036-8075, 1095-9203, DOI 10.1126/science.1097396, [PMID: 15192216].
- Martínez H, E.; E, F.; Pablo, J. y Acevedo H, E. "Carbono orgánico y propiedades del suelo", *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, vol. 8, no. 1, enero de 2008, pp. 68-96, ISSN 0718-2791, DOI 10.4067/S0718-27912008000100006.
- Nadeu, E.; Boix-Fayos, C.; de Vente, J.; López, J. y Martínez-Mena, M. "Movilización de carbono orgánico por distintos procesos erosivos en la conexión ladera-cauce", *Pirineos*, vol. 165, 2010, pp. 157-177, ISSN 1988-4281.
- Metay, A.; Moreira, J.A.A.; Bernoux, M.; Boyer, T.; Douzet, J.-M.; Feigl, B.; Feller, C.; Maraux, F.; Oliver, R. y Scopel, E. "Storage and forms of organic carbon in a no-tillage under cover crops system on clayey Oxisol in dryland rice production (Cerrados, Brazil)", *Soil and Tillage Research*, vol. 94, no. 1, mayo de 2007, pp. 122-132, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2006.07.009.

5. Calegari, A.; Hargrove, W.L.; Rheinheimer, D.D.S.; Ralisch, R.; Tessier, D.; de Tourdonnet, S. y de Fatima Guimarães, M. "Impact of Long-Term No-Tillage and Cropping System Management on Soil Organic Carbon in an Oxisol: A Model for Sustainability", *Agronomy Journal*, vol. 100, no. 4, 2008, p. 1013, ISSN 1435-0645, DOI 10.2134/agronj2007.0121.
6. García de Souza, M.; Alliaume, F.; Mancassola, V. y Dogliotti, S. "Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo en predios hortícolas del sur de Uruguay", *Agrociencia Uruguay*, vol. 15, no. 1, junio de 2011, pp. 70-81, ISSN 2301-1548.
7. Six, J. y Paustian, K. "Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 68, enero de 2014, pp. A4-A9, ISSN 0038-0717, DOI 10.1016/j.soilbio.2013.06.014.
8. Tivet, F.; de Moraes Sá, J.C.; Lal, R.; Borszowski, P.R.; Briedis, C.; Santos, J.B. dos.; Sá, M.F.M.; da Cruz Hartman, D.; Eurich, G.; Farias, A.; Bouzinac, S. y Séguy, L. "Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil", *Geoderma*, vol. 209-210, noviembre de 2013, pp. 214-225, ISSN 0016-7061, DOI 10.1016/j.geoderma.2013.06.008.
9. Tivet, F.; de Moraes Sá, J.C.; Lal, R.; Briedis, C.; Borszowski, P.R.; Santos, J.B. dos.; Farias, A.; Eurich, G.; Hartman, D. da C.; Nadolny Junior, M.; Bouzinac, S. y Séguy, L. "Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil", *Soil and Tillage Research*, vol. 126, enero de 2013, pp. 203-218, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2012.09.004.
10. Ortega, S.F. *La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba*, edit. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba, 1982, p. 126.
11. Weil, R.R.; Islam, K.R.; Stine, M.A.; Gruver, J.B. y Samson-Liebig, S.E. "Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use", *American Journal of Alternative Agriculture*, vol. 18, no. 01, marzo de 2003, pp. 3-17, ISSN 1478-5498, DOI 10.1079/AJAA200228.
12. Li, D.; Schädel, C.; Haddix, M.L.; Paul, E.A.; Conant, R.; Li, J.; Zhou, J. y Luo, Y. "Differential responses of soil organic carbon fractions to warming: Results from an analysis with data assimilation", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 67, diciembre de 2013, pp. 24-30, ISSN 0038-0717, DOI 10.1016/j.soilbio.2013.07.008.
13. Martins, M.R.; Angers, D.A. y Corá, J.E. "Non-labile plant C contributes to long-lasting macroaggregation of an Oxisol", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 58, marzo de 2013, pp. 153-158, ISSN 0038-0717, DOI 10.1016/j.soilbio.2012.11.011.
14. Campitelli, P.; Aoki, A.; Gudelj, O.; Rubenacker, A. y Sereno, R. "Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba", *Ciencia del suelo*, vol. 28, no. 2, diciembre de 2010, pp. 223-231, ISSN 1850-2067.
15. Dou, F.; Wright, A.L. y Hons, F.M. "Sensitivity of Labile Soil Organic Carbon to Tillage in Wheat-Based Cropping Systems", *Soil Science Society of America Journal*, vol. 72, no. 5, 2008, p. 1445, ISSN 1435-0661, DOI 10.2136/sssaj2007.0230.
16. Zhang, G.; Cao, Z. y Hu, C. "Soil organic carbon fractionation methods and their applications in farmland ecosystem research: a review", *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, vol. 22, no. 7, julio de 2011, pp. 1921-1930, ISSN 1001-9332, [PMID: 22007474].
17. Blair, G.; Lefroy, R. y Lisle, L. "Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems", *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 46, no. 7, 1 de enero de 1995, pp. 1459-1466, ISSN 0004-9409, DOI 10.1071/AR951459.
18. Stiles, C.A.; Hammer, R.D.; Johnson, M.G.; Ferguson, R.; Galbraith, J.; O'Geen, T.; Arriaga, J.; Shaw, J.; Falen, A.; McDaniel, P. y Miles, R. "Validation Testing of a Portable Kit for Measuring an Active Soil Carbon Fraction", *Soil Science Society of America Journal*, vol. 75, no. 6, 2011, p. 2330, ISSN 0361-5995, DOI 10.2136/sssaj2010.0350.
19. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, p. 93, ISBN 978-959-7023-77-7.
20. Oficina Nacional de Normalización *Calidad del Suelo-Muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo*, La Habana, Cuba, no. 10381-1, p. 18, 2009.
21. R. Statistical Package R: *A language and environment for statistical computing* [en línea], edit. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2009, ISBN 3-900051-07-0, [Consultado: 21 de marzo de 2015], Disponible en: <<http://www.R-project.org/>>.
22. Meleró, S.; Madejón, E.; Herencia, J.F. y Ruiz, J.C. "Effect of Implementing Organic Farming on Chemical and Biochemical Properties of an Irrigated Loam Soil", *Agronomy Journal*, vol. 100, no. 1, 2008, p. 136, ISSN 1435-0645, DOI 10.2134/agronj2007.0087.
23. Chen, H.; Hou, R.; Gong, Y.; Li, H.; Fan, M. y Kuzyakov, Y. "Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China", *Soil and Tillage Research*, vol. 106, no. 1, diciembre de 2009, pp. 85-94, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2009.09.009.
24. Kolář, L.; Vaněk, V.; Kužel, S.; Peterka, J.; Borová-Batt, J. y Pezlarová, J. "Relationships between quality and quantity of soil labile fraction of the soil carbon in Cambisols after liming during a 5-year period", *Plant, Soil and Environment*, vol. 57, no. 5, 2011, pp. 193-200, ISSN 1805-9368.
25. Liang, Q.; Chen, H.; Gong, Y.; Fan, M.; Yang, H.; Lal, R. y Kuzyakov, Y. "Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain", *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 92, no. 1, 2 de noviembre de 2011, pp. 21-33, ISSN 1385-1314, 1573-0867, DOI 10.1007/s10705-011-9469-6.
26. Instituto de Suelos (Academia de Ciencias de Cuba) *Genesis y clasificación de los suelos de Cuba: texto explicativo del Mapa genético de los suelos de Cuba, escala 1 : 250.000*, edit. Academia de ciencias, 1973, p. 316.

27. Sarkhot, D.V.; Grunwald, S.; Ge, Y. y Morgan, C.L.S. "Comparison and detection of total and available soil carbon fractions using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy", *Geoderma*, vol. 164, no. 1-2, 15 de agosto de 2011, pp. 22-32, ISSN 0016-7061, DOI 10.1016/j.geoderma.2011.05.006.
28. Hernández, A. "Características de los suelos del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. I. Suelos Alíticos, Ferríticos y Ferralíticos", *Cultivos Tropicales*, vol. 25, no. 1, 2013, pp. 45-53, ISSN 0258-5936.
29. de Moraes Sá, J.C.; Tivet, F.; Lal, R.; Briedis, C.; Hartman, D.C.; Santos, J.Z. dos. y Santos, J.B. dos. "Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol", *Soil and Tillage Research*, vol. 136, marzo de 2014, pp. 38-50, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2013.09.010.
30. Ramos, M.E.; Benítez, E.; García, P.A. y Robles, A.B. "Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality", *Applied Soil Ecology*, vol. 44, no. 1, enero de 2010, pp. 6-14, ISSN 0929-1393, DOI 10.1016/j.apsoil.2009.08.005.
31. Pellegrino, E.; Di Bene, C.; Tozzini, C. y Bonari, E. "Impact on soil quality of a 10-year-old short-rotation coppice poplar stand compared with intensive agricultural and uncultivated systems in a Mediterranean area", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 140, no. 1-2, 30 de enero de 2011, pp. 245-254, ISSN 0167-8809, DOI 10.1016/j.agee.2010.12.011.
32. Junior, P.R. da R.; Donagemma, G.K.; Andrade, F.V.; Passos, R.R.; Balieiro, F. de C.; Mendonça, E. de S. y Ruiz, H.A. "Can Soil Organic Carbon Pools Indicate the Degradation Levels of Pastures in the Atlantic Forest Biome?", *Journal of Agricultural Science*, vol. 6, no. 1, 13 de diciembre de 2013, p. p84, ISSN 1916-9760, DOI 10.5539/jas.v6n1p84.
33. Urquiza Rodríguez, M.N.; Alemán García, C.; Flores Valdés, L.; Paula Ricardo, M. y Aguilar Pantoja, Y. *Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierras*, edit. CIGEA, La Habana, Cuba, 2011, p. 67, ISBN 978-959-278-027-7.
34. Pramod, J.; Arpan, D.; Brij, L.L.; Biswas, A.K.; Singh, M.; Reddy, K.S. y Rao, A.S. "Soil Carbon Pools, Mineralization and Fluxes Associated with Land Use Change in Vertisols of Central India", *National Academy Science Letters*, vol. 35, no. 6, 3 de noviembre de 2012, pp. 475-483, ISSN 0250-541X, 2250-1754, DOI 10.1007/s40009-012-0082-2.
35. Bini, D.; Santos, C.A. dos.; do Carmo, K.B.; Kishino, N.; Andrade, G.; Zangaro, W. y Nogueira, M.A. "Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil", *European Journal of Soil Biology*, vol. 55, marzo de 2013, pp. 117-123, ISSN 1164-5563, DOI 10.1016/j.ejsobi.2012.12.010.
36. Hernández Jiménez, A.; Borges Benítez, Y.; Martínez Cruz, M.; Rodríguez Cabello, J. y Marentes Amaya, FL. "Presencia de propiedades vérticas en los suelos fersialíticos de la antigua provincia La Habana", *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 1, marzo de 2011, pp. 63-74, ISSN 0258-5936.
37. Hernández Jiménez, A.; Cabrera Rodríguez, A.; Borges Benítez, Y.; Vargas Blandino, D.; Bernal Fundora, A.; Morales Díaz, M. y Ascanio García, M.O. "Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana", *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 3, septiembre de 2013, pp. 45-51, ISSN 0258-5936.

Recibido: 5 de marzo de 2014

Aceptado: 3 de julio de 2014

¿Cómo citar?

Ginebra Aguilar, Milagros; Rodríguez Alfaro, Mirelys; Calero Martín, Bernardo; Ponce de León, Daniel y Font Vila, Lisbet. Carbono lábil como un indicador de cambios en dos suelos bajo diferentes usos. [en línea]. *Cultivos Tropicales*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 64-70. ISSN 1819-4087. [Consultado: ____]. Disponible en: <----->.