

CARBONO ORGÁNICO LÁBIL Y CALIDAD DE UN SUELO FERRÍTICO ROJO OSCURO TÍPICO Y UN FERRALÍTICO ROJO TÍPICO

Milagros Ginebra Aguilar⁽¹⁾, Mirelys Rodríguez Alfaro⁽¹⁾, Bernardo Calero Martín⁽¹⁾, Daniel Ponce de León⁽²⁾, Lisbet Font Vila⁽³⁾, Yulaidis Aguilar Pantoja⁽¹⁾ y Amanda de la C. Leal⁽¹⁾

1- Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba

2- Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Mayabeque, Cuba

3- Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

Introducción

Garantizar suelos de calidad permite que estos puedan realizar varias funciones claves en el ecosistema, maximizando su capacidad dentro de las limitantes de sus características inherentes y las condiciones climáticas (Font *et al.*, 2012). En la actualidad, en el mundo se trabaja en identificar indicadores que logran integrar procesos, bajo diferentes usos (Doran y Parkin, 1994 y Campitelli *et al.*, 2010). En Cuba, se realizan varios estudios para evaluar la calidad del suelo. En este sentido, Font *et al.* (2009) estableció un Sistema de Evaluación y Monitoreo de la Calidad del Suelo (SEMCAS). La materia orgánica del suelo constituye el indicador más reportado en la literatura y resulta indispensable para hacer estudios globales (Ortega, 1982), sin embargo, desde el punto de vista productivo, el COS total, es menos sensible a los efectos de las prácticas agronómicas a corto plazo, (Li *et al.*, 2013 y Rocha *et al.*, 2014), por lo que resulta necesaria la cuantificación de fracciones más móviles de carbono orgánico (Campitelli *et al.*, 2010). Aunque resulta complejo definir la composición del COS_L, se reporta que está formado por aminoácidos, carbohidratos, una fracción de la biomasa microbiana y otros compuestos orgánicos simples, constituyendo la fracción del carbono orgánico total químicamente de fácil degradación y físicamente accesible a los microorganismos del suelo (Zou *et al.*, 2005). El COS_L, además de ser influenciado por el clima, tipo del suelo, cobertura vegetal, responde a variaciones en las propiedades provocadas por el uso en los diferentes tipos de suelo (Jain y Sinh, 2014). En este sentido, y partiendo de las diferencias de fertilidad y productividad existentes entre los suelos Ferríticos y Ferralíticos (Ortega, 1982 y Hernández *et al.*, 2004), se evalúa la funcionalidad del COS_L como indicador comparativo de la calidad de estos suelos, ante diferentes condiciones de uso.

Materiales y Métodos

Localización y descripción de las áreas de estudio

El trabajo se realizó en el Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura. Los suelos utilizados fueron un Ferrítico Rojo Oscuro Típico, de la provincia de Camagüey y un Ferralítico Rojo Típico de Ciego de Ávila, tomando como referencia para su clasificación la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), figura 1.

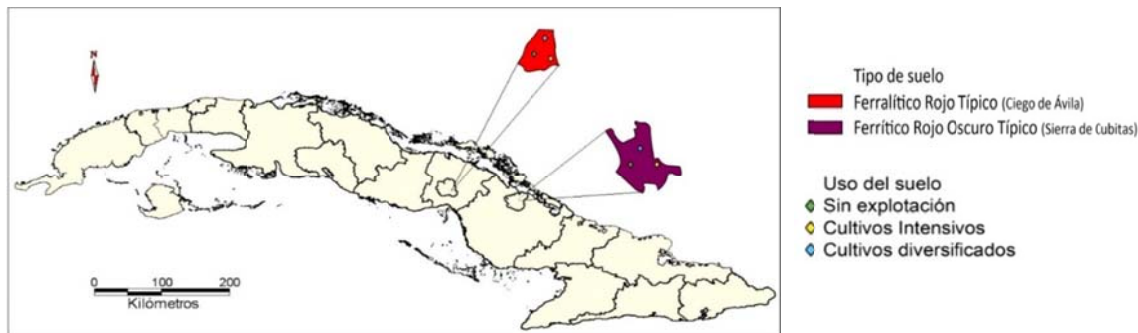


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios en estudio.

Diseño experimental

El muestreo de suelo se realizó por el método de entramado al azar de puntos en forma longitudinal, según la Norma Cubana No 10381-1 (2009). Se tomaron 10 muestras compuestas a una profundidad de 0 a 20 cm, a la misma vez para cada una de las variantes. Se seleccionaron tres usos en cada tipo de suelo, de cada una de las variantes se tomó como área de estudio una hectárea. Las combinaciones suelo-uso se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Uso para cada tipo de suelo estudiado

S1M1	Ferrítico explotación	Rojo	Oscuro	Típico/ Sin	S2M1	Ferralítico explotación	Rojo	Típico/ Sin
S1M2	Ferrítico Intensivos	Rojo	Oscuro	Típico/ Cultivos	S2M2	Ferralítico Intensivos	Rojo	Típico/ Cultivos
S1M3	Ferrítico diversificados	Rojo	Oscuro	Típico/ Cultivos	S2M3	Ferralítico diversificados	Rojo	Típico/ Cultivos

Métodos analíticos para determinar los indicadores de calidad de suelo

Las determinaciones de los indicadores de calidad se realizaron por Font, 2009, según las metodologías analíticas establecidas y los valores resultantes se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de los indicadores de calidad determinados por Font, 2009.

Indicadores	Variantes $X \pm s$					
	S1M1	S1M2	S1M3	S2M1	S2M2	S2M3
Hy (%)	4.15 ±0.44	3.19±0.1 9	3.16±0.2 9	6.55±0.2 7	4.88±0.2 6	4.40±0.3 1
dr (g·cm ⁻³)	2.98±0.07	3.00±0.0 5	2.95±0.0 6	2.58±0.0 3	2.62±0.0 5	2.62±0.0 4
pH (KCl)	6.19 ±0.26	5.58±0.2 3	5.97±0.4 2	7.00±0.2 4	6.94±0.3 0	7.14±0.1 7
CIC cmol(+):kg ⁻¹	12.75±2.1 3	10.6±0.4 5	13.3±2.7 4	21.6±1.2 3	17.5±1.3 5	20.6±1.8 6
MO (%)	4.79±0.63	3.27±0.1 6	4.08±0.7 2	5.41±0.3 2	3.71±0.4 9	5.46±0.3 4
RB(mg CO ₂ : 100 g de suelo seco ⁻¹)	28.8±11.4 1	19.7±6.9 4	25.5±3.5 0	26.4±5.8 5	25.0±8.8 0	22.8±4.1 9
CN (mg de NO ₃ :kg ⁻¹)	8.90±0.87	6.49±2.1 3	12.3±1.2 9	12.33±1. 9	9.83±0.9 4	17.5±1.1 3

Índice de calidad de suelo

La Tabla 3 muestra los valores del ICS obtenidos a partir del SEMCAS.

Tabla 3. Valores del ICS para cada variante (Font, 2008)

Variante	ICS ($X \pm s$)
S1M1	0.46 ± 0.05
S1M2	0.38 ± 0.02
S1M3	0.44 ± 0.03
S2M1	0.59 ± 0.04
S2M2	0.49 ± 0.05
S2M3	0.53 ± 0.02

($X \pm s$) = (Media ± Desviación Estándar) (Número de muestras=10).

Metodología analítica para la determinación del carbono orgánico lábil de suelo

Las determinaciones de COS_L se realizaron tomando como referencia la metodología de Weil *et al.* (2003). Se trabajó con 5g de suelo por réplicas, la extracción se realizó con una solución de KMnO_4 de concentración 0.02 mg.L^{-1} . Las determinaciones se hicieron por colorimetría a 565 nm de longitud de onda. Los resultados se expresaron en $\text{mg de C}\cdot\text{kg de suelo seco}^{-1}$

Análisis estadístico

Se empleó el software estadístico IBM-SPSS 20 para el procesamiento de los datos. Se desarrollaron análisis estadísticos no paramétricos. Para establecer el grado de asociación del COS_L con los indicadores y el ICS se empleó el coeficiente de correlación Rho de Spearman, se fijó un valor mínimo de significación de un 95 % de probabilidades. Se realizó un análisis de varianza no paramétrico con dos factores (A: tipo de suelo y B: usos del suelo). Se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis, como criterio de diferencia entre las medianas con un 95% de confiabilidad.

Resultados y Discusión

Contenidos de carbono orgánico lábil del suelo

Los valores de COS_L y sus desviaciones estándar se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Contenido del carbono orgánico lábil del suelo para cada variante en estudio.

Variante	Tipo de suelo	Uso del suelo	$\text{COS}_L(X \pm s)$ ($\text{mg C}\cdot\text{kg suelo}^{-1}$)
S1M1	Ferrítico Rojo Oscuro	Sin explotación	448.01 ± 43.02
S1M2	Típico	Cultivos Intensivos	226.14 ± 43.99
S1M3		Cultivos diversificados	362.32 ± 30.19
S2M1	Ferralítico Rojo Típico	Sin explotación	546.72 ± 36.31
S2M2		Cultivos Intensivos	371.62 ± 22.96
S2M3		Cultivos diversificados	405.52 ± 31.67

$(X \pm s) = (\text{Media} \pm \text{Desviación Estándar})$ (Número de muestras=10).

Los contenidos de COS_L en el suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico fueron inferiores a los obtenidos en el Ferralítico Rojo Típico. Este resultado puede estar asociado a las diferencias en las características físicas, químicas y biológicas de estos suelos (Ortega y 1982 y Hernández *et al.*, 2004). Los valores más bajos encontrados fueron en los suelos con cultivos intensivos debido a la influencia del uso del suelo sobre sus contenidos de carbono orgánico lo cual coincide con Pramod *et al.* (2012). Los valores obtenidos de COS_L se ubican dentro de los rangos reportados por otros autores, (Weil *et al.*, 2003; Kolář *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2012).

Relación de indicadores de suelo con el COS_L y el ICS

Todos los indicadores presentan una alta correlación significativa con el ICS y el COS_L , figura 2.

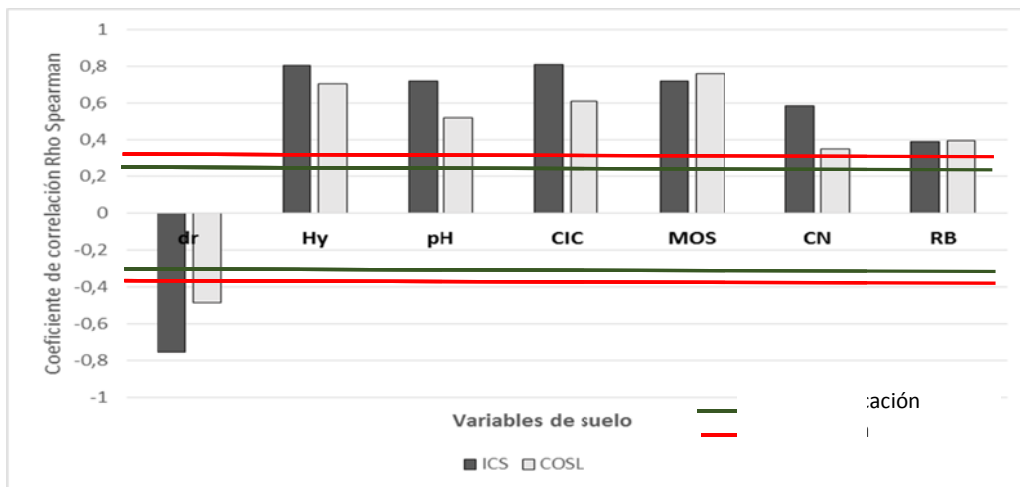


Figura 2. Correlación de las variables de suelo con el ICS y el COS_L

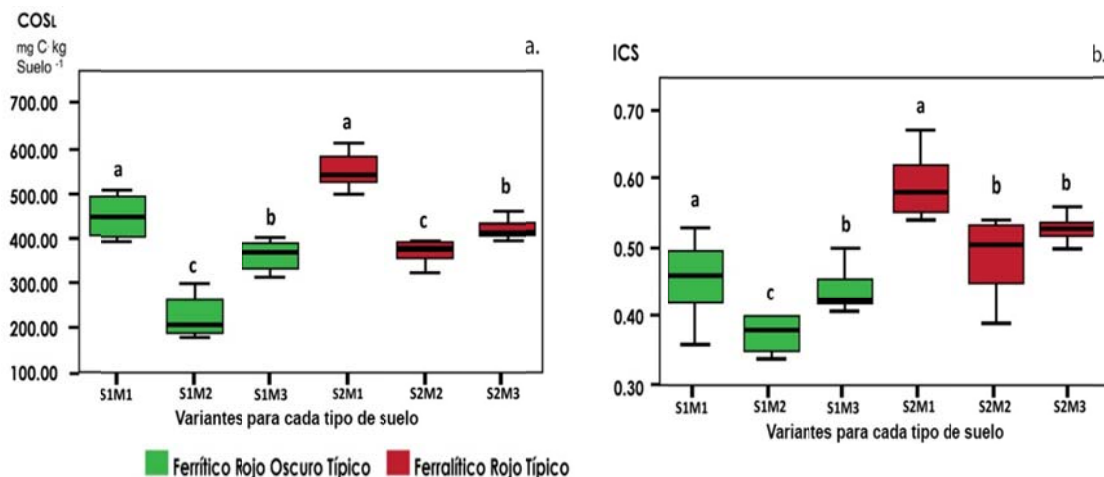
La dr fue el único indicador que presentó una correlación inversa con el ICS y el COS_L. Las características de los suelos Ferrítico Rojo Oscuro Típico y Ferralítico Rojo Típico, los cuales resultan muy arcillosos y friables en todos sus horizontes, indican que la presencia de carbono lábil ocluido en su espacio poroso tiende a amortizar su tendencia a la compactación. La relación encontrada entre el COS_L y Hy se asocia a las propiedades hidrofísicas de estos suelos, que se caracterizan por la baja retención de humedad y un excesivo drenaje interno, (Hernández *et al.*, 2004). La presencia de valores superiores de Hy representa una mayor capacidad de retención del agua, contribuyendo al aumento de la calidad del suelo, y depende de la formación de agregados estables, los cuales se asocian a los contenidos de carbono, esta relación ha sido encontrada por varios autores, (Sinha *et al.*, 2014, Hernández *et al.*, 2011 y Hernández *et al.*, 2013).

En el caso del pH (KCl), a medida que se encontraban valores más cercanos a la neutralidad mayor es la calidad del suelo, este indicador se movió entre medianamente ácido, en el suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico y cercano a la neutralidad en el suelo Ferralítico Rojo Típico. La relación positiva del pH con el ICS y el COS_L estuvo determinada porque en suelos con valores cercanos a la neutralidad existe un mayor desarrollo de la fauna edáfica. En concordancia con estos resultados, Jaurixje *et al.* (2013), encontraron el aumento simultáneo del pH y carbono orgánico en suelos moderadamente ácidos. Los valores de CIC se encontraron por debajo de los rangos óptimos (35 y 40 cmol⁺·Kg⁻¹) reportados por Font, 2008, y en la medida que este indicador se acercó más a este rango, mayor fue el COS_L y el ICS (Figura 2). La relación encontrada entre la CIC y el COS_L se asocia a la cantidad y calidad de la MOS. Los suelos Ferrítico Rojo Oscuro Típico cubanos se caracterizan por una baja CIC, que limita su fertilidad, disponibilidad de MOS y productividad, mientras que los suelos Ferralítico Rojo poseen una CIC más alta, (Hernández *et al.*, 2004 y Morell *et al.*, 2006).

Se observó que en las muestras de mayor porcentaje de MOS, había contenidos de COS_L e ICS superiores, pero la relación fue más marcada con el COS_L, este hecho se asocia a que una parte importante de la MOS en la capa superficial está constituida por esta fracción (Armas *et al.*, 2013). Los indicadores biológicos analizados también mostraron una relación directa con el ICS y el COS_L, ya que en los suelos con mayor disponibilidad de sustrato se desarrollan procesos microbiológicos que tributan a la calidad del suelo, y se incrementa la biomasa microbiana y su actividad (Jain y Singh, 2014).

Influencia del tipo y uso del suelo sobre el contenido el COS_L y ICS

Al comparar los contenidos de COS_L y el ICS en las variantes estudiadas para cada tipo de suelo, se observa que en suelos bajo cultivos diversificados (S1M3 y S2M3), son mayores que en los suelos donde se cultiva de forma intensiva (S1M2 y S2M2). Aspecto que puede estar asociado a la aplicación de medidas conservacionistas, recogidas dentro de los principios de Manejo Sostenible de la Tierra (Urquiza *et al.*, 2011) (Figura 3 a y b).



Letras diferentes, entre columnas, para cada tipo de suelo, representan diferencias significativas para un 95% de probabilidades. $n=10$

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

Aunque la calidad del suelo en ningunos de los agroecosistemas alcanza los valores de las áreas sin explotación, se nota una tendencia a su recuperación y este es un fenómeno que se aprecia de forma similar al evaluar comparativamente los usos del suelo con el empleo del ICS, el cual resulta costoso y complejo, que con el COS_L .

En Cuba, las pérdidas de carbono orgánico en los suelos Ferralíticos y Ferríticos han sido elevadas en los horizontes superficiales, debido al uso intensivo con cultivos de pocas raíces, ya sean hortalizas o tubérculos como la papa (Hernández *et al.*, 2011). Los resultados indican que el comportamiento del COS_L de forma similar al del ICS, tiende a recuperarse ante medidas que vayan encaminadas a la diversificación de los cultivos y la aplicación de abonos orgánicos. La fertilización mineral, por otra parte, incentiva la actividad microbiana a expensas de las reservas de la MOS, por lo que debe practicarse de forma combinada con el aporte de materiales orgánicos diversificados (Eustice, Antwerpen y Weigel, 2009), pues aunque mejora momentáneamente las condiciones del suelo, compromete su calidad futura. Estas tendencias en la calidad de estos suelos ante diferentes condiciones de uso, se pueden medir con indicadores comparativos como el COS_L .

Conclusiones

Los contenidos de COS_L , tanto en el suelo Ferrítico Rojo Oscuro Típico como en el Ferralítico Rojo Típico, se asociaron con los indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad del suelo, de forma similar al ICS calculado por el SEMCAS. El COS_L es sensible a cambios provocados por diferentes usos agrícolas, en ambos suelos estudiados, por lo que puede ser utilizado como indicador comparativo de la calidad del suelo. La relación de los contenidos de COS_L y los ICS mostró similar tendencia según tipo y condición de uso del suelo.

Bibliografía

- Armas C. M.; Mora J. L.; Arbelo C. D. y Rodríguez A. Fracciones de carbono orgánico lábil y actividad biológica en suelos de origen volcánico de las Islas Canarias. *Spanish journal of soil science*. JSS. 3(1): 7-27. 2013
- Calero, B.J.; Guerrero, A.; Alfonso, C.A.; Somoza, V. y Camacho, E. Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *La Ciencia y el Hombre*. 9: 89-94
- Campitelli, P.; Aoki, A.; Gudelj, O.; Rubenacker, A. y Sereno, R. 2010. 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. *Cienc. Suelo*. 28 (2): 50 – 67. 1999.
- Doran, J.W. y Parkin, T.B. Defining and Assessing Soil Quality. En: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Eds: J.W. Doran, D.C. Coleman, D. F. Bezdicek and B.A. Stewart, SSSA Spec. Pub. No 35, Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron., Madison, 51: 3-21. 1994.
- Eustice, T.; Antwerpen, V. R. y Weigel, A. Burning, trashing and fertilisation: effects on carbon pool proportions? *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. Short communication*. 82: 564 – 569. 2009.
- Font, L. Estimación de la calidad del suelo: Criterios físicos, químicos y biológicos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 2008.
- Font, L.; Calero, B.; Muñiz, O.; Chaveli, P.; Lamadrid, R.; Del Castillo, A.; Mendoza, L. y Montero, R. Guía para la Evaluación y seguimiento de la calidad de los suelos. *Rev. Agricultura Orgánica*. 18(1):16-18. 2012.
- Font, L.; Calero, B.; Muñiz, O.; Chaveli, P.; Mendoza, L.; Del Castillo, A.; Curbelo, R. y Lamadrid, R. Sistema integrado de evaluación y monitoreo de la calidad del suelo. *SEMCAS. Rev. Agricultura Orgánica*. 15(2):27-28. 2009.
- Hernández, A.; Borges, Y.; Martínez, M.; Rodríguez, J. y Marentes, F. L. Presencia de propiedades vérticas en los suelos Ferralíticos de la antigua provincia La Habana.. *Cultivos Tropicales*. 32 (2): 5-10. 2011.
- Hernández, A.; Morales, M.; Cabrera, C.; Ascanio, O.; Borges, Y.; Vargas, D. y Bernal, A. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la llanura roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 34 (3): 45-51. 2013.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Rivero, L. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, ISBN: 959-246-022-1. 64 p. 1999.
- Hernández, A.; Vantour, A.; Morales, M.; Soto, F.; Garea, E. y Baisre, J. Características de los suelos del Macizo Montañoso Nipe-Sagua-Baracoa. I suelos Alíticos, Ferríticos y Ferralíticos. *Cultivos Tropicales*. 25 (1): 45-53. 2004.
- Jain, P. y Singh, D. Analysis the physic-chemical and microbial diversity of different variety of soil collectd from Madhya Pradesh, India. *Scholarly Journal of Agricultural Science*. 4(2): 103-108. 2014.
- Jaurixje, M.; Torres, D.; Mendoza, B.; Henríquez, M. y Contreras, J. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quibor, Estado Lara. *Bioagro*. 25(1): 1-7. 2013.
- 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 environ*. 57(5): 193–200. 2011.
- Li, D.; Schädel, C.; Haddix, M.L.; Paul, E.A. Conant, R. y Li, J. Differential responses of soil organic carbon fractions to warming: Results from an analysis with data assimilation. *Soil Biology and Biochemistry*. 67:24-30. 2013.
- 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. *Nutr Cycl Agroecosyst*. 92: 21–33. 2012.

Morell, F.; Hernández, A.; Fernández, F y Toledo, Y. Caracterización agrobiológica de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el manejo agrícola. *Cultivos Tropicales*. 27 (4): 13-18. 2006.

Noma Cubana No. 10381 – 1. Calidad del Suelo – Muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo. MINAG. p. 2-18. 2009.

Ortega, F. El humus de los suelos. En: La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba. Primera edición. Academia de ciencias de Cuba. Instituto de suelos. Ed. Academia, p.95-126. 1982.

Pramod, J.; Arpan, D.; Bij, L.; Biswas, A.; Singh, M.; Reddy, K. y Rao, A. Soil Carbon Pools. Mineralization and Fluxes Associated with Land Use Change in Vertisols of Central India. *National Academy Science Letters*. 35 (6): 475-483. 2012.

Rocha, P. R.; Donagemma G. K.; Andrade, F. V; Passos R. R.; de C. Balieiro, F.E.; Mendonça, 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*. 6(1): 84-95. 2014.

Sinha, N.K.; Mohanty, M; Meena, B.P.; Das, H.; Chopra, U.K. y Singh, A. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the arid of india. *Academic Journals. African Journal of Agricultural Research*. 9 (2): 285-293. 2014.

Weil, R. W.; Islam, K. R.; Stine, M.; Gruver, B. y. Samson-Liebig, S. E. Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American J. Alt. Ag*. 18 (1): 3 – 17. 2003.

Zou, X.M.; Ruan, H.H.; Fu, Y.; Yang, X.D. y Sha, L.Q. Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using a sequential fumigation–incubation procedure. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 1923–1928. 2005.