

16

Fecha de presentación: mayo, 2019

Fecha de aceptación: junio, 2019

Fecha de publicación: agosto, 2019

SECUESTRO DE CARBONO POR EL SUELO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES MUY SECOS DE LA PROVINCIA EL ORO, ECUADOR

CARBON SEQUESTRATION BY SOIL IN VERY DRY TROPICAL AGROECOSYSTEMS OF EL ORO PROVINCE, ECUADOR

Hipólito Israel Pérez Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Pérez Iglesias, H. I., & Rodríguez Delgado, I. (2019). Secuestro de carbono por el suelo en agroecosistemas tropicales muy secos de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 125-131. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En la investigación se plantea como objetivo determinar la cantidad de carbono total y las fracciones gruesa y ligera de carbono que puede secuestrar el suelo en agroecosistemas tropicales muy secos de pasto, banano y bosque de la provincia El Oro de Ecuador. En general el agroecosistema de pasto, presentó el menor contenido de COT, en todas las profundidades estudiadas, resultando el bosque y la bananera superiores. La fracción ligera de carbono a partir de los 15 cm de profundidad manifiesta significancia en los sistemas de pasto y banano, no ocurriendo así en el agroecosistema de bosque, lo que confirma que el bosque secuestra y acumula mayor cantidad de COFL que el sistema de pasto y banano. Los agroecosistemas de banano y bosque presentaron el mayor contenido de la fracción gruesa de C en la capa de 0-15 cm y ambos fueron significativamente superiores al sistema de pasto, presentando diferencia significativa en las capas de 0-15 y 15-30 cm (1.13% y 1.43%) con la de 30-45 cm (0.27% y 0.52%) para el sistema de banano y bosque respectivamente. El contenido de materia orgánica en la capa de 0-15 cm fue superior a 3.00% en todos los agroecosistemas estudiados.

Palabras clave: Secuestro de carbono por el suelo, fracciones de carbono, agroecosistemas de pasto, banano y bosque, zonas muy secas de Ecuador.

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the amount of total carbon and the coarse and light carbon fractions that can be sequestered by the soil in very dry tropical agroecosystems of grass, banana and forest in the province of El Oro in Ecuador. In general, the grass agroecosystem presented the lowest TOC content in all the depths studied, resulting in higher forest and banana. The light fraction of carbon from 15 cm of depth shows significance in pasture and banana systems, not happening in the forest agroecosystem, which confirms that the forest sequesters and accumulates more COFL than the pasture system and banana. The agroecosystem of banana and forest presented the highest content of the coarse fraction of C in the layer of 0-15 cm and both were significantly superior to the pasture system, presenting significant difference in the layers of 0-15 and 15-30 cm (1.13% and 1.43%) with the 30-45 cm (0.27% and 0.52%) for the banana and forest system respectively. The content of organic matter in the 0-15 cm layer was higher than 3.00% in all the agroecosystems studied.

Keywords: Carbon sequestration through the soil, carbon fractions, agroecosystems of grass, banana and forest, very dry areas of Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La constitución de cualquier agroecosistema se encuentra integrada por componentes bióticos y abióticos, los cuales al interrelacionarse generan relaciones complejas y dinámicas. Los componentes abióticos (suelo, agua, luz solar, temperatura, humedad, aire) provocan una incidencia directa en el crecimiento y desarrollo de los vegetales, los cuales realizan fotosíntesis o transformación del carbono inorgánico a carbono orgánico; de este modo los sistemas de producción agrícolas, agroforestales y agropecuarios, constituyen importantes reservorios de carbono orgánico; sin embargo, el suelo, donde los agroecosistemas se desarrollan y del cual se sustentan y transforman (degradan o conservan, según el manejo), constituye un importante material que secuestra carbono, disminuyéndose la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales contribuyen al calentamiento global. Acumular carbono orgánico en el suelo, significa mejorar las propiedades de los suelos y su capacidad para producir biomasa y paralelamente disminuir la contaminación de la atmósfera y la hidrósfera con compuestos de carbono.

Resultados obtenidos por Muhammad, et al. (2006), sobre el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, en diferentes usos de la tierra, en Colombia, Costa Rica y Nicaragua, mostraron que las pasturas degradadas fueron donde se almacenó menos carbono total, mientras el suelo de bosques fue donde se almacenó mayor cantidad de carbono total. Las actividades de manejo, tanto para la producción animal como el aprovechamiento forestal, también afectaron el secuestro de carbono.

El carbono del suelo en las tierras de pastoreo es estimado en 70 t ha^{-1} , cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales, mientras los bosques cubren el 29% de las tierras y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36% del total del carbono del suelo a un metro de profundidad (1.500 pg ; 1 pg equivale a la billonésima parte de un gramo). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro uso de la tierra y sus suelos, que contienen cerca del 40% del total del carbono, son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques.

La supervivencia de la especie humana se encuentra amenazada por el vertimiento de grandes cantidades de anhídrido carbónico, que han ocasionado un aumento de la temperatura en la atmósfera y el cambio climático global, responsables del derretimiento en los polos, aumento del nivel del mar (hasta

quedar extensas áreas de tierra bajo el agua), incremento de tormentas más frecuentes e intensas, afectación a la biodiversidad y modificaciones en las condiciones ambientales en diferentes regiones. Adicionalmente, la degradación de las tierras, limita cada vez más la producción de alimentos, en un planeta con una población en constante crecimiento, además de una superficie limitada y con afectaciones en la fertilidad.

El cambio climático tiene su origen en la aplicación por el hombre de prácticas inadecuadas sin considerar el entorno natural, dentro de las que se destacan la extracción en yacimientos de petróleo, tala indiscriminada de bosques para el desarrollo de la agricultura y la ganadería, además del manejo de sistemas agrícolas a base del empleo, por el hombre, de insumos del ciclo del carbono, pues el carbono presente en los yacimientos de petróleo, en la biomasa de muchos bosques naturales que se han eliminado para el desarrollo de la agricultura y la ganadería y el mal manejo de los sistemas agrícolas ha contribuido a que el carbono pase de la tierra a la atmósfera.

Sin embargo, la agricultura no sólo es responsable de una parte importante de las emisiones de GEI, sino que también puede contribuir a su mitigación, a través del secuestro de carbono atmosférico, como carbono orgánico de los suelos. El secuestro de carbono en el suelo es la remoción del carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis de las plantas y su almacenamiento como formas de materia orgánica estables y de larga vida en el suelo.

Las zonas tropicales húmedas y semihúmedas son altamente productivas, aunque se encuentran propensas a la degradación de los suelos, por lo que son vulnerables al cambio climático. Muchos son los trabajos de investigación que se han realizado para determinar la cantidad de carbono que pueden secuestrar los bosques, los cultivos, los pastos, mediante el proceso de fotosíntesis, sin embargo, en el caso de Ecuador, no abundan trabajos relacionados con el carbono que puede almacenar el suelo bajo diferentes condiciones de manejo agrícola.

En el presente trabajo de investigación se plantea como objetivo determinar la cantidad de carbono total y las fracciones ligera y gruesa de carbono que puede secuestrar el suelo en agroecosistemas tropicales muy secos de pasto, banano y bosque de la provincia El Oro de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Santa Inés, de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias,

pertenciente a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5.5 de la vía Machala-Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador, en las coordenadas 3°17'28" de latitud sur y 79°54'50"7 de longitud oeste, a una altitud de 5 msnm. Según el Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología de Ecuador (2015) la zona de estudio presenta una temperatura media anual de 25 °C, precipitación media anual de 427 mm; de acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge (1947), se clasifica dentro de la formación de bosque muy seco Tropical (bms-T). El tipo de suelo predominante en el área de estudio es un Inseptisol de buen drenaje con clases texturales franco, franco arenoso y franco limosa.

Estudio de tipo observacional donde se seleccionaron tres agroecosistemas (pasto, banano y plantación boscosa con árboles nativos de más de 40 años de edad), en los cuales se establecieron puntos permanentes de muestreo (PPM) georreferenciados. En cada PPM se establecieron tres mini calicatas en las cuales se tomaron muestras de suelo a tres profundidades diferentes (0-15, 15-30 y 30-45 cm).

La determinación del contenido de carbono orgánico total se realizó por el método de combustión húmeda descrito por Walkley-Black (1934) y la fracción ligera y gruesa de carbono orgánico se determinó mediante la técnica descrita por Arzola & Machado (2013). La estimación del contenido de materia orgánica del suelo (MOS) se realizó mediante la multiplicación del porcentaje de carbono por el factor 1,724, conocido como el coeficiente de Van Bemmelen.

Para determinar si existe diferencia significativa entre los agroecosistemas estudiados en función de las variables objeto de estudio (carbono orgánico total del suelo, carbono orgánico fracción ligera del suelo y carbono orgánico fracción gruesa del suelo) se realizó un análisis de varianza de un factor intersujetos. Previamente se verificó el cumplimiento de los requisitos de independencia y normalidad de datos y homogeneidad de varianza. Cuando se presentó diferencias estadísticas entre los agroecosistemas en relación con las variables estudiadas se ejecutó pruebas de rangos múltiples de Scheffe con la finalidad de determinar donde se encuentran las diferencias o las similitudes. El análisis de datos se efectuó con la utilización del paquete estadístico SPSS versión 24 de prueba para Windows con una confiabilidad de 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de carbono orgánico total (COT) de un suelo está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica (MOS). La materia orgánica es un indicador eficiente de fertilidad, de propiedades

físicas favorables para los cultivos y actividad biológica del suelo que permiten en conjunto un crecimiento y desarrollo de los cultivos favorable y como consecuencia incrementos de producción.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el contenido de carbono total es más alto en la capa de 0-15 cm, descendiendo a medida que se profundiza en el perfil, independiente del agroecosistema que se trate. Con relación a los agroecosistemas el análisis estadístico no detectó diferencia significativa en la profundidad de 0-15 cm, mientras a partir de los 15 cm los agroecosistemas de pasto y banano resultaron significativamente inferiores al agroecosistema de bosque, este presentó diferencia significativa a la profundidad de 30-45 cm resultando estadísticamente inferior en las capas superiores e igual a los agroecosistema de pasto y banano a esa profundidad (tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de carbono orgánico total del suelo (COT) y materia orgánica (MO) en los agroecosistemas de pasto, banano y bosque, determinado en tres profundidades del suelo.

Profundidad del suelo (cm)	Pasto		Banano		Bosque	
	COT	MO	COT	MO	COT	MO
0-15	1.89 b	3.25 b	2.68 b	4.62 b	2.75 b	4.74 b
15-30	0.69 a	1.19 a	1.28 a	2.21 a	1.74 b	3.00 b
30-45	0.45 a	0.78 a	0.65 a	1.12 a	1.08 a	1.86 a

Letras diferentes difieren estadísticamente entre agroecosistemas dentro de cada profundidad del suelo para p -valor < 0,05.

En general el agroecosistema de pasto, sometido a explotación intensiva de ganado bovino presentó el menor contenido de COT en todas las profundidades estudiadas, resultando el bosque y la bananera superiores, sin presentar diferencias entre ellos en la profundidad de 0-15 cm, lo que puede encontrarse relacionado al reciclaje de los residuos de hojas y seudotallos del banano y de ramas y hojarasca del bosque durante 30 y 40 años, respectivamente para estos agroecosistemas; sin embargo, a la profundidad de 15-30 cm el bosque se presenta significativamente superior (1.74%) al agroecosistema de banano (1.28%).

El mayor contenido de COT se encontró en el sistema de bosque en la capa de 0-15 cm (2.75%), mientras el pasto presentó en esta profundidad el valor más bajo (1.89%). El valor más bajo de COT se encontró en el agroecosistema de pasto a la profundidad de 30-45 cm con 0.45%, lo cual está relacionado con la

explotación intensiva, la compactación que se produce con el pisoteo continuo del ganado vacuno y el sistema radicular superficial del pasto.

Pulido-Moncada, Flores, Rondón, Hernández-Hernández & Lozano (2010), plantean que el COT en suelos que se encuentran en uso agrícola es menor que en un suelo de bosque secundario, lo cual está relacionado a una mínima proporción de materia orgánica o restos vegetales, aunque puede diferir según las condiciones del bosque donde existe variedad de plantas con diferente ciclo de senescencia. Esta diversidad de plantas con distintos ciclos fenológicos enriquece los aportes de materia orgánica al suelo.

Sin embargo, Vásquez & Macías (2017), encontraron que el contenido de COT del suelo en el cultivo de banano (1.84%) fue superior al bosque (1,76%), estos autores consideran que esto se debe al aporte de materia orgánica vegetal que realiza el cultivo del banano. Ambos valores de COT fueron inferiores a los obtenidos en el presente trabajo, o sea, 2.68% para el banano y 2.75% en el bosque.

Según la clasificación agronómica para la interpretación del contenido de COT del suelo ofrecida por Rodríguez & Rodríguez (2015), el contenido de COT del suelo en los agroecosistemas de banano y bosque se encuentra en la categoría de alto en la capa de 0-15 cm, mientras el pasto a esa profundidad es de contenido mediano. El banano y el bosque a la profundidad de 15-30 cm son de categoría media y el pasto es bajo. A la profundidad de 30-45 cm el pasto y el banano clasifican como bajo y el bosque entra en la categoría de medio contenido de COT (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación agronómica para la interpretación de los niveles de carbono orgánico total del suelo.

Carbono orgánico	Clasificación agronómica
< 0.35	Muy bajo
0.35 - 1.05	Bajo
1.05 - 2.30	Mediano
2.30 - 3.50	Alto
>3.50	Muy alto

Fuente: Rodríguez & Rodríguez (2015).

El carbono acumulado en el suelo depende del tipo de suelo, su uso, manejo y profundidad, aspectos determinantes para la existencia y descomposición de la materia orgánica, como fuente primaria del almacenamiento de carbono. Las actividades agrícolas afectan principalmente la reserva de COS. Adicionalmente, la degradación del carbono en el

suelo lleva a importantes pérdidas en la calidad del suelo y representa una amenaza para los sistemas de producción agrícola y seguridad alimentaria. Al asegurar la sustracción neta del dióxido de carbono de la atmósfera hacia el suelo se incrementa la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Para interpretar el secuestro de carbono que realiza el suelo bajo diferentes sistemas de cultivo es necesario diferenciar *“secuestro de carbono de almacenamiento de carbono en el suelo”*, Fynn, et al. (2009), definen muy bien esta diferencia y expresan. *“El secuestro de carbono en el suelo es el proceso mediante el cual el carbono se transfiere de la atmósfera a los suelos. El almacenamiento de carbono en el suelo es la retención del carbono secuestrado en el suelo”*.

Por otra parte, la materia orgánica del suelo (MOS) es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas, como en sus funciones ambientales, entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo, así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes que las plantas necesitan para su normal crecimiento y desarrollo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2002).

El contenido de materia orgánica en la capa de 0-15 cm fue superior a 3.00% en todos los agroecosistemas estudiados, alcanzándose el valor mayor en el agroecosistema bosque (4.74%) seguido muy cerca por el agroecosistema de banano (4.62%). Estos contenidos de MOS son considerados como altos y muy altos. El valor más bajo correspondió al pasto (3.25%); incluso el bosque en la profundidad de 15-30 cm presenta un valor de 3.00% (tabla 1). Estos valores son considerados como de un contenido medio, según la clasificación agronómica de las categorías de MOS (tabla 3) establecidas por Rodríguez & Rodríguez (2015).

Tabla 3. Clasificación de los niveles de materia orgánica del suelo.

Materia orgánica (%)	Clasificación agronómica
<0.60	Muy bajo
0.60 - 1.80	Bajo
1.81 - 3.50	Mediano
3.51 - 6.0	Alto

Fuente: Rodríguez & Rodríguez (2015).

Carbono orgánico fracción ligera

La fracción ligera de carbono orgánico del suelo (COFL) se encuentra compuesta por restos vegetales, animales y hongos en distintos grados de descomposición, son los restos orgánicos que no se encuentran integrado a las partículas del suelo y que mantienen las propiedades de su material de origen, es el material que permite observar a que profundidad del suelo de los agroecosistemas existe mayor proporción de restos vegetales.

En los tres agroecosistemas evaluados se puede evidenciar, que a medida que se profundiza en el perfil el contenido de COFL disminuye. El análisis estadístico efectuado no detectó diferencia significativa en la COFL en la capa superficial de 0-15 cm, lo cual está muy relacionado al contenido de COT que no fue significativo en esa misma capa de suelo. Sin embargo, a partir de los 15 cm de profundidad, se manifiesta significancia en los sistemas de pasto y banano, no ocurriendo así en el agroecosistema de bosque, lo que confirma que el sistema de bosque secuestra y acumula mayor cantidad de (COFL) que el sistema de pasto y banano (tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de carbono orgánico fracción ligera (COFL) del suelo y materia orgánica en los agroecosistemas de pasto, banano y bosque, determinado en tres profundidades del suelo.

Profundidad del suelo (cm)	Pasto		Banano		Bosque	
	COFL	MO (%)	C (%)	MO (%)	C (%)	MO (%)
0-15	1.15b	1.98b	1.16b	2.00b	1.32b	2.28b
15-30	0.53a	0.91b	0.39a	0.67a	0.72ab	1.24ab
30-45	0.22a	0.38a	0.35a	0.60a	0.44a	0.76a

Letras diferentes difieren estadísticamente entre agroecosistemas dentro de cada profundidad del suelo para $p < 0,05$.

El agroecosistema de bosque presenta el mayor contenido de (COFL) en todas las profundidades comparado con el pasto y el banano, lo cual está muy relacionado con el sistema de explotación comercial de los agroecosistemas de pasto y banano, ya que las fracciones más ligeras de la materia orgánica son más sensibles a los cambios producidos por el manejo de suelo y de cultivo.

Por otra parte, el tipo de suelo determina el efecto del manejo agrícola sobre las fracciones de la materia orgánica y la fracción ligera del carbono del suelo puede ser usada como indicador de la calidad de la MO para monitorear los efectos del cambio de uso de la tierra a corto plazo, sobre todo en los suelos menos evolucionados como los Inseptisoles. Al respecto Ferrer, Cabrales & Hernández (2014), señalan que las fracciones de carbono orgánicas separadas físicamente son importantes indicadores para detectar cambios producidos por las prácticas de manejo en la mayoría de los suelos.

Carbono orgánico fracción gruesa

La fracción gruesa de carbono orgánico del suelo (COFG) mostró un comportamiento similar a la COFL en los tres agroecosistemas evaluados disminuyendo con la profundidad. Los agroecosistema de banano y bosque presentaron el mayor contenido de esta fracción de C en la capa de 0-15 cm y ambos fueron significativamente superior al sistema de pasto, presentando diferencia significativa entre la primera capa de 0-15 cm (1.13% y 1.43%) con la más profunda de 30-45 cm (0.27% y 0.52%) respectivamente para el sistema agroproductivo de banano y bosque respectivamente (tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de carbono orgánico fracción gruesa (COFG) del suelo y materia orgánica en los agroecosistemas de pasto, banano y bosque determinado en tres profundidades del suelo.

Profundidad del suelo (cm)	Pasto		Banano		Bosque	
	COFG	MO	COFG	MO	COFG	MO
0-15	0.73a	1.26a	1.13b	1.95b	1.43b	2.47b
15-30	0.47a	0.81a	0.89ab	1.53ab	0.86ab	1.48ab
30-45	0.39a	0.67a	0.27a	0.47a	0.52a	0.90a

Letras diferentes difieren estadísticamente entre agroecosistemas dentro de cada profundidad del suelo para $p < 0,05$.

El hecho de que la COFG del suelo presente un contenido similar a la COFL y en algunas profundidades incluso inferior, pudiera deberse a la heterogeneidad que presentan los suelos poco evolucionados, como los Inseptisoles donde la actividad microbiana es menos desarrollada.

La habilidad para manejar sistemas de producción sustentables depende en parte de la comprensión de las relaciones existentes entre las diferentes fracciones de MOS y la dinámica de las mismas. La cuantificación de las mencionadas fracciones

es especialmente importante, ya que nos permitiría adoptar las mejores prácticas para la conservación del agroecosistema.

La fracción ligera de la materia orgánica (MO) posee alta capacidad de mineralización, mientras que la fracción gruesa o pesada, más humificada, se muestra resistente a los procesos degradativos biológicos

La MOS es el indicador principal de la calidad de un suelo ya que afecta a otros factores de calidad como la infiltración, estabilidad de los agregados y la densidad aparente. La materia orgánica puede ser separada en dos componentes principales, una fracción activa que ocupa del 7-21% de la materia orgánica total y que es usada y transformada por las plantas, animales y microorganismos con una vida útil de 10-25 años; y una forma más estable y pasiva que compone el 70-90% de la materia orgánica que perdura largo tiempo en el suelo. El contenido de carbono activo de esta fracción activa, más lábil, es un indicador a corto plazo de los cambios de calidad del suelo, además es un indicador de utilidad para la rápida toma de decisiones, siendo la determinación del carbono activo más sensible al cambio de prácticas agroecológicas que el carbono orgánico total.

El contenido de la MOS está conformado por todos los residuos de plantas, animales superiores y de origen microbiano, los cuales están constituidos en su mayor proporción por carbono, nitrógeno y otros nutrientes, cuyas proporciones influyen en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. A pesar de que las plantas no requieren de la MO como tal para su crecimiento y desarrollo, si necesitan de los elementos nutritivos que contiene la MO, lo que contribuye a conservar y mejorar la fertilidad del suelo. No obstante, las diferentes fracciones de la MOS pueden cambiar dependiendo del uso que se le dé al suelo y han sido usadas como indicadores de la sostenibilidad de los agroecosistemas. Por otra parte, el grado de magnitud del efecto de las prácticas agrícolas sobre las fracciones de la MO puede verse afectada por el tipo de suelo.

El cambio de uso de la tierra muestra como los manejos de labranza conservacionista incrementan las fracciones que permiten la conservación de C, tales como la biomasa microbiana (BM) y la MO físicamente protegida en los agregados, además la que potencialmente se mineraliza como la fracción ligera.

CONCLUSIONES

El contenido de COTS es superior en la capa de 0-15 cm del suelo y disminuye en las capas inferiores de

15-30 y 30-45 cm de profundidad; situación que se presenta de forma similar para las fracciones ligeras y gruesas de carbono. En la capa de 0-15 cm no se encontró diferencia significativa en el contenido de COTS entre los agroecosistemas estudiados, aunque en los sistemas de pasto y banano a partir de 15 cm de profundidad los valores son significativamente inferiores al bosque. El contenido de MO fue mayor de 3% en todos los agroecosistemas, presentando el bosque y la bananera contenidos superiores a 4%. En todos los agroecosistemas evaluados las fracciones de carbono gruesa y ligera presentan un comportamiento similar al carbono orgánico total del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzola, N., & Machado, J. (2013). New focus for the phosphoric fertilization of sugar cane. *Centro Agrícola*, 40(3), 23-28. Recuperado de http://cagricola.uclv.edu/cu/descargas/pdf/V40-Numero_3/cag053131927.pdf
- Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología. (2015). *Anuario Meteorológico*. Quito. INAMHI.
- Ferrer, J., Cabrales, E., & Hernández, R. (2014). Fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo bajo diferentes usos en la Colonia Tovar, Venezuela. *Temas Agrarios*, 2(5).
- Fynn, A. J., et al. (2009). *Soil carbon sequestration in United State rangelands*. New York: Environmental Defense Fund.
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105, 367-368. Recuperado de <https://science.sciencemag.org/content/105/2727/367>
- Muhammad, I., et al. (2006). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 45. Recuperado de <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20biomasa%20arborea.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Roma: FAO.
- Pulido-Moncada, M., Flores, B., Rondón, S. T., Hernández-Hernández, R. M., & Lozano, Z. (2010). Cambios en fracciones dinámicas de la materia orgánica de dos suelos, inceptisol y ultisol, por el uso con cultivo de cítricos. 22(3), 201-210. Recuperado de <http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/857/85717010005/1>

- Rodríguez, J., & Rodríguez, H. (2015). *Métodos de análisis de suelo y plantas: criterios de interpretación*. México: Trillas.
- Vásquez, P, J. R., & Macías V, F. (2017). Fraccionamiento químico del carbono en suelos con diferentes usos en el departamento de Magdalena, Colombia. *Terra Latinoamericana*, 35, 7-17. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n1/2395-8030-tl-35-01-00007.pdf>
- 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. Recuperado de https://journals.lww.com/soilsci/citation/1934/01000/an_examination_of_the_degtjareff_method_for.3.aspx