

CONTENIDO DE CARBONO EN ALGUNOS SUELOS FORESTALES DE CUBA. FERRALÍTICO ROJO AMARILLENTO

CARBON CONTAIN IN SOME CUBAN FOREST SOIL. FERRALITIC YELLOW RED

ING. ARSENIO RENDA-SAYOUX, M. SC. YOLANIS RODRÍGUEZ-GIL Y DRA. C. ALICIA MERCADET-PORTILLO

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana, arenda@forestales.co.cu, teléf.: 208 2554

RESUMEN

En el presente trabajo se da a conocer la cantidad de carbono que se puede retener en el tipo de suelo ferralítico rojo amarillento (alítico de baja actividad arcillosa), que se distribuye en el sistema montañoso Sierra Maestra. La determinación del contenido de carbono se realizó hasta los 30 cm de profundidad en cada uno de los perfiles seleccionados, pertenecientes a la formación forestal pinar y pluvisilva de montaña sometidos a diferentes usos. El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica existente hasta la profundidad indicada, En este tipo de suelo se acumula una mayor cantidad de materia orgánica y mayor tonelaje de carbono retenido, cuando está ocupado por bosques naturales de pinares en otro tipo de cobertura como bosque pluvisilva degradado.

Palabras claves: Carbono, suelo ferralítico, materia orgánica.

ABSTRACT

This paper shows the amount of Carbon which can be sequestered in the Yellow Red Ferralitic soil (alitic of low clay activity) along Sierra Maestra Mountain. Carbon contains until 30 cm soil depth in each soil profile selected was determined in pluvial and pine natural forest. From organic matter content (%) the amount of carbon was calculated until 30 cm depth. In this soil type the natural pine forest and degraded pluvial forest cover there are much organic matter contain and more C is sequestered.

Key words: Carbon, ferralitic soils, organic matter.

INTRODUCCIÓN

El incremento en la atmósfera de los llamados *gases termoactivos* y el consecuente cambio climático tendrán efectos importantes en el siglo XXI, sobre todo en países en vías de desarrollo con alta tasa de deforestación y muy baja de reforestación, debido al tradicional manejo irracional del uso de la tierra (bosque-agricultura-ganadería-bosque) con la consecuente manifestación de fenómenos y procesos de degradación de los suelos, expresada a través de la pérdida del nivel de materia orgánica que previamente la cobertura boscosa mantenía estabilizado.

De acuerdo con IPCC (2000) citado por FAO (2002), la pérdida histórica de los suelos agrícolas fue en el último medio siglo de 50 Pg (equivalente a 10^{12} g) de carbono, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación.

Esta situación aconseja tener en cuenta políticas y estrategias apropiadas para el manejo de la silvicultura y la agricultura en diversos escenarios en el sentido de reducir emisiones de gases de invernadero e incrementar la captura de carbono en los suelos.

Los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 % del total del carbono del suelo a un metro de profundidad. Por eso merecen atención cuando se buscan mecanismos del secuestro de carbono [Jandl, 2006].

En Cuba solo se reporta el contenido de carbono en algunos tipos de suelos [Morales, *et al.*, 2004] sometidos a diferentes usos, pero no ocupados por plantaciones de pinares, por lo cual no se cuenta con un referente que permita establecer comparaciones para esta formación forestal, según la complejidad y distribución de los suelos forestales, fundamentalmente en regiones montañosas.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el contenido de carbono en los suelos del tipo ferralítico rojo amarillento que se distribuye por diversas formas del relieve en el sistema montañoso Sierra Maestra, cubierto por diferentes tipos de vegetación y sometido a diferentes usos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la zona de estudio

Los tipos de suelos ferralíticos encontrados y diagnosticados en el sistema montañoso Sierra Maestra (*Fig. 1*) ocupan las elevaciones superiores por ambas vertientes, a partir de 450 msnm aproximadamente.

El régimen climático está regulado por las particularidades del relieve, con la manifestación de gradientes de lluvias y temperatura, siendo la precipitación media entre 1500 y 1900 mm, con un gradiente de temperatura de 0,9 °C por cada 100 m de desnivel [ACC, 1989]. Según el nuevo mapa isoyético del país, en esta región se registra un nivel de lluvias entre 1400 y 2400 mm [INRH, 2007].

La vegetación natural de estos suelos está representada por varias formaciones forestales como pluvisilva de montaña desde los 600 hasta los 1000 msnm; monte nublado, entre 1000 y 1600 msnm; monte fresco, en los pisos más altos que es el menos abundante de todo el territorio, y la formación pinar, con una distribución entre 400 y 1700 msnm.

La división de los suelos ferralíticos en los diferentes tipos se basa en los cambios de vegetación y del relieve que se observan en diferentes pisos altitudinales de forma general, puesto que la distribución de los suelos en macizos montañosos tiene particularidades específicas que pueden ser distintas en cada sector o parte de este.

El tipo de suelo ferralítico rojo amarillento alítico de baja actividad arcillosa, según Hernández *et al.* (1995) ocupa una superficie de 51 618,54 ha, y aparece asociado algunas veces a los suelos del tipo ferralítico rojo lixiviado en diferentes partes del relieve en un rango altitudinal entre los 450 y 1000 msnm, el cual ha sido caracterizado ampliamente desde el punto de vista edafológico forestal [Renda *et al.*, 1981a, b, c, d; 1992].

Los datos de caracterización química y física de este tipo de suelo en las diferentes zonas se obtuvieron de la descripción de perfiles de suelos registrados en los estudios de caracterización de los suelos forestales de Cuba, realizados por el Instituto de Investigaciones Forestales.

La determinación del contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%), multiplicado por el factor 0,58, que significa que el 58 % de la materia orgánica es carbono hasta los 30 cm de profundidad en cada uno de los perfiles seleccionados sometidos a diferentes usos, perteneciendo a la formación forestal pinar y pluvisilva de montaña hasta los 1000 msnm.

El procedimiento fue el siguiente: después de calculado el contenido de carbono se multiplica este resultado por 10 000 para llevar a gramos, y este se divide entre un 1 000 000 para convertirlo en tonelada. Finalmente el cociente (contenido de C en la materia orgánica) se multiplica por el valor de la densidad aparente (peso volumétrico), según el comportamiento de la composición mecánica del suelo a la profundidad asumida para el cálculo de contenido de carbono, en este caso a 30 cm de profundidad en 1 ha de suelo. Similar método fue utilizado por Bashkin & Binkley, (1998), citado por Gutiérrez y Lopera (2001) y Mohamed (2007).

El método de análisis de laboratorio utilizado en la determinación del contenido de materia orgánica fue el de Walkey and Black [IIF,

1978]. La densidad aparente se determinó directamente en los perfiles utilizando anillos o cilindros volumétricos.

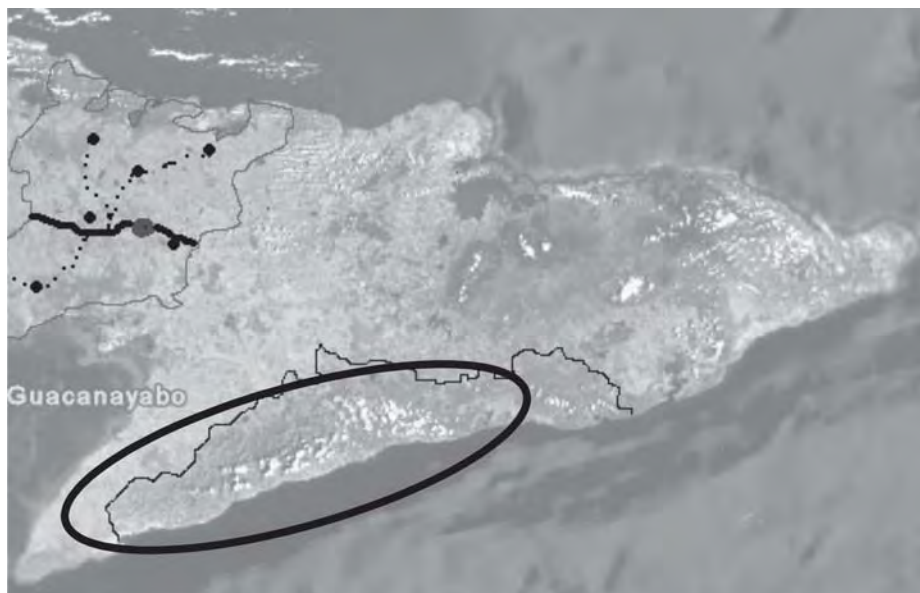


Figura 1. Ubicación de la Sierra Maestra (Fuente: Proyecto de Ordenación, Las Tunas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse en la *Tabla 1*, el contenido de materia orgánica y consecuentemente el de carbono retenido varía según el uso a que esté sometido este tipo de suelo. Donde se conserva la vegetación natural de pinares el nivel de materia orgánica es más alto con el 12,8 %, en cambio cuando es eliminada esta vegetación y se somete a otros usos como pastizal, ese nivel puede descender hasta el 1,63%, con manifestación de efectos degradativos. Es menester aclarar que este alto contenido de materia orgánica en el suelo no es común encontrarlo en la cobertura edafológica cubana, pero pueden existir en caso puntuales, donde la actividad antrópica ha sido muy baja [Hernández *et al.*, 2006].

En la *Tabla 2* pueden notarse algunos efectos como la pérdida de arcilla, donde la composición mecánica en el perfil cubierto de pinares, el contenido de esta fracción es del 55%, mientras que al estar cubierto por pastizal alcanza solo el 17,50 %, repercutiendo en la retención de humedad por todo el perfil y alcanzando en este último el 14,0 %, mientras que en el de pinares es del 19,0 %.

Se observa además en esta tabla la diferencia textural entre el perfil cubierto por *Pinus maestrensis* y el de pluvisilva degradada, donde el empobrecimiento, proceso característico en los suelos ferralíticos montañosos de Cuba [Ruiz, 1985; Renda, 1999] ha sido mayor en este último, reflejándose en el contenido de arcilla, la densidad aparente, el contenido de humedad natural y en la porosidad total; sin embargo, el complejo absorbente está más enriquecido (*Tabla 1*) debido a la composición florística de especies latifoliadas que sustenta.

Este análisis comparativo del uso del suelo nos permite afirmar que el tránsito del bosque natural al pastizal conduce a una reducción considerable del carbono retenido en este tipo de suelo en 6,1 veces.

Mas al estar cubierto por la formación forestal pluvisilva pero degradada, el contenido de materia orgánica es del 3,27 %, lo cual permite inmovilizar 79,65 t/ha de carbono, 2,8 veces menos que en el pinar natural de *Pinus maestrensis* Bisse. Tal diferencia se puede deber a que al degradarse la vegetación ori-

ginal por talas irracionales se acelera el proceso degradativo del suelo en estos escenarios muy frágiles, alcanzando la tasa erosiva valores muy altos, con la manifestación del proceso de empobrecimiento en el perfil con diferenciación textural.

TABLA 1
Algunos datos químicos del suelo ferralítico rojo amarillento de la Sierra Maestra

Uso	Prof. (cm)	Contenido de M.O. (%)	Contenido de carbono (t/ ha)	pH (en agua)	Cationes cambiables (Cmolkg ⁻¹)				
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma
<i>Pinus maestrensis</i> de 11 años, El Manguito	0-30	2,01	48,96	5,15	1,25	1,25	0,13	0,17	2,81
<i>Pinus caribaea</i> de 13 años. Las Guásimas	0-30	4,85	117,30	5,2	1,25	1,83	0,86	0,51	2,81
<i>Pinus caribaea</i> de 13 años, La Alcarraza	0-30	5,19	103,85	4,1	1,87	0,94	0,06	0,02	2,94
Pluvisilva degradada	0-30	3,27	79,65	5,5	7,50	5,00	0,58	0,08	13,16
Pinar natural <i>P. maestrensis</i>	0-30	6,43	159,99	4,55	1,88	3,13	0,19	0,025	5,19
Pinar natural <i>P. maestrensis</i> de 50 años (estimada)	0-30	12,8	227,17	4,3	2,50	1,87	0,53	0,35	5,25
Pastos	0-30	2.17	41.53	5,8	2,50	2,70	0,07	0,04	5,31
Pastizal degradado	0-30	1.63	36.87	4,67	2,40	2,3	0,05	0,04	4,79

Fuente: Renda et al., 1980; Renda et al., 1980-81; Renda et al., 1981a; Calzadilla, 1981; Renda et al., 1981b; Renda et al., 1981c; Renda, 1999.

TABLA 2
Datos físicos e hidrofísicos del suelo ferralítico rojo amarillento en la Sierra Maestra

Uso	Prof. (cm)	Altura (msnm)	Humed. natural (%)	Peso vol. (g/cm ³)	Peso espec. (g/cm ³)	Porosid. total (%)	Análisis textural		
							Arena	Limo	Arcilla
<i>Pinus maestrensis</i> de 11 años, El Manguito	0-30	880	16	1,4	2,62	53,4	38,00	45,50	16,50
<i>Pinus caribaea</i> de 13 años, Las Guásimas	0-30	820	15,7	1,39	2,61	53,3	32,50	47,50	20,00
<i>Pinus caribaea</i> de 13 años, La Alcarraza	0-30	750	18,77	1,15	2,61	56,05	35,5	26,75	38,75
Pluvisilva degradada	0-30	720	19	1,4	2,62	53,4	43,50	39,50	17,00
Pinar natural <i>P. maestrensis</i>	0-30	620	18,14	1,43	2,62	45,3	20,00	37,25	42,75
Pinar natural <i>P. maestrensis</i> de 50 años (estimada)	0-30	450	19	1,02	2,65	61.51	37,00	8,00	55,00
Pastos	0-30	690	16	1,1	2,61	42.14	55,00	24,50	32,00
Pastizal degradado	0-30	720	14	1.3	2,61	49.8	43,50	29,00	17,50

Fuente: Renda et al., 1980; Renda et al., 1980-81; Renda et al., 1981a; Calzadilla, 1981; Renda et al., 1981b; Renda et al., 1981c; Renda, 1999.

Al acometer tareas de reforestación con especies de hojas anchas y pinares en este tipo de suelo después de haberse degradado por usos irracionales, es posible su recuperación para aumentar el potencial de secuestro o inmovilización de carbono.

Con la reforestación el carbono sobre la superficie de la tierra y debajo de ella se incrementará lentamente, dependiendo de la tasa de crecimiento de los árboles, que equivale a mayor volumen de biomasa devuelta al suelo anualmente, propiciando mayor inmovilidad o secuestro de carbono.

Similares criterios se han vertido sobre la efectividad de la reforestación desde el punto de vista hidrológico-forestal en los primeros cinco años de establecida la cobertura boscosa [Mora *et al.*, 1989; Renda, 2007], todo lo cual refleja algunos efectos armoniosos en la estabilidad de los suelos en sentido general y en la inmovilización del contenido de carbono.

Por otro lado, puede verse en la *Tabla 1* que el contenido de materia orgánica en diversas plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, y *Pinus maestrensis* Bisse de diferentes edades, fluctúa entre el 2,01 y el 5,19 %, representando un nivel de carbono retenido entre 48,96 y 103,85 t/ha. Esto significa que al estar cubierto por pastizales y se reforesta se puede aumentar en más de dos veces luego de trece años de plantada este tipo de vegetación.

También se puede observar en esta tabla que entre las parcelas de *P. maestrensis* de once años y *P. caribaea* de trece (Las Guásimas) en diferentes sitios, los valores de contenido de carbono difieren en 68,34 t/ha. En estos resultados influyen la especie, la edad, condiciones de sitio y otros factores como preparación de la tierra, medidas de conservación de suelo, entre otros, que permiten mayor retención de la humedad y nutrientes, lo cual conlleva a una mayor acumulación de materia orgánica y por ende mayor contenido de carbono.

Como este tipo de suelo es susceptible de utilizarse en sistemas de producción agroforestal luego de sufrir un proceso degradativo con vistas a su recuperación y

producción de alimentos para la comunidad serrana, algunos resultados de investigación demostraron con el uso de algunas especies de hojas anchas la posibilidad de aumentar el nivel de materia orgánica y la capacidad de secuestro de carbono. En este sentido, Renda (2007) reporta que la reforestación con especies de hojas anchas como *Paraserianthes falcataria*, *Gerascanthus gerascanthoides* L., *Colubrina arborenses*, *Swietenia macrophylla* King el contenido de materia orgánica aumentó luego de diez años de establecida del 1,45 al 2,45 %, aumento que equivale a 25,48 t/ha de carbono inmovilizado, con mejoramiento de la fertilidad del suelo expresada en aumento del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, así como en un ligero aumento del pH del suelo.

En condiciones del macizo montañoso de Guaniguanico, tipo de suelo similar al de esta investigación, fue reportado por Morales *et al.* (2004) que puede retener hasta 111 t/ha de carbono, contenido mucho mayor que el encontrado en la formación pluvisilva degradada, indicado en la *Tabla 1* con solo 79,65 t/ha.

CONCLUSIONES

- Los suelos ferralíticos rojo amarillento acumulan una mayor cantidad de materia orgánica y consecuentemente mayor tonelaje de carbono retenido, cuando están ocupados por bosques naturales de pinares.
- Para *Pinus maestrensis* el contenido de carbono alcanza valores de 48,96 t/ha para plantaciones, y entre 159,99 t/ha y 227,17 t/ha en bosque natural.
- En plantaciones de trece años de *Pinus caribaea* el contenido de carbono alcanza valores entre 117,30 y 103,85 t/ha.
- En la formación forestal pluvisilva en estado degradado el contenido de carbono llegó a 79,65 t/ha.

BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA. 1989: *Atlas nacional de Cuba*, Instituto de Geografía e Instituto de Geodesia y Cartografía, La Habana.
- CALZADILLA, E. 1981: «Estudio edafológico, fisiográfico de parcelas agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra», IIF, La Habana, 43 pp.

- FAO. 2002: «Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo», Departamento de Desarrollo Sostenible, no. 96, pp. 1-8.
- GUTIÉRREZ VÉLEZ, V. H.; LOPERA ARANGO, G. J. 2001: «Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales», Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, 18 al 20 de octubre del 2001, Valdivia, Chile.
- HERNÁNDEZ, A. ET AL. 1995: *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*, Instituto de Suelos, Minag, 66 pp.
- HERNÁNDEZ, A. ET AL. 2006: *El suelo: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo*, Ed. Universidad Autónoma de Nayarit México, 255 pp.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES. 1978: «Manual de análisis del Laboratorio de Suelos, Foliar y Aguas», IIF, La Habana.
- INRH (2007): *Mapa Isoyético de Cuba*.
- IPCC. 2000: *Land use, Land-Use Change, and Forestry Special Report*, University Press, Cambridge, 377 pp.
- JANDL, R. 2006: «Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo», *Revista Forestal Iberoamericana* URL:<http://www.estrucrucplan.com.ar/Articulos/verarticuloss.asp?IDArticulo=1127>.
- MOHAMED, I. ET AL. 2007: «Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua», revista *Agroforestería en las Américas* (CR) (45):15-23.
- URL:<http://www.cipav.org.co/.../almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20>
- MORALES, M.; HERNÁNDEZ, A.; VANTOURT, A. 2003: «Las reservas de carbono en los suelos y los cambios globales», revista *Agricultura Orgánica* (CU): 2: 15-17.
- MORA, N. ET AL. 1989: «Resultados obtenidos sobre la influencia de la tala del bosque en el rendimiento hídrico, calidad de las aguas y erosión de los suelos en la Estación Hidrológica Forestal, Amistad», Trabajo presentado en la II Jornada Científico Técnica de la Estación Experimental Forestal Guisa, Resúmenes, Granma, p. 36.
- REDA, A. ET AL. 1980: *Estudio fisiográfico, edafológico y agrosilviculturales de la Sierra Maestra, municipio Buey Arriba*, Centro de Investigación Forestal, La Habana, 96 pp.
- REDA A. ET AL. 1980-81: *Estudio sobre las condiciones edafológicas, fisiográficas y agrosilviculturales de la Sierra Maestra*. Santiago de Cuba, Minag, 95 pp.
- REDA, A. 1980-81. Estudio sobre las condiciones edafológicas, fisiográficas y agrosilviculturales de la Sierra Maestra. Santiago de Cuba, Minag, 95 pp.
- REDA, A. ET AL. 1981a: *Estudio edafológico, fisiográfico y agrosilviculturales de la Sierra Maestra, municipio de Guisa*, CIF, La Habana, 90 pp.
- REDA A. ET AL. 1981b: «Estudio edafológico, fisiográfico, agrosilvicultural de la Sierra Maestra, municipio de Pilón», Instituto de Investigaciones Forestales, p. 5.
- REDA A. ET AL. 1981c: *Estudio edafológico-forestal y fisiográfico de la Sierra Maestra, municipio de Bartolomé Masó*, Instituto de Investigaciones Forestales, p. 123.
- REDA, A. ET AL. 1981d: *Estudio edafológico, fisiográfico y agrosilvicultural de la Sierra Maestra*, CIF, 695 pp.
- REDA, A. ET AL. 1992: «Los suelos ferralíticos rojo amarillento de la Sierra Maestra, Cuba», *Revista Forestal Baracoa* (CU) 22(1): 47-57.
- REDA, A. 1999: «Particularidades edafológicas forestales de la región central de la Sierra Maestra», Minag, 30 pp.
- REDA, A. 2007: «Papel de la vegetación forestal y los sistemas agroforestales en el manejo de cuencas hidrográficas en el ejemplo de Cuba», Texto electrónico, 285 pp.
- RUIZ, J. 1985: «Particularidades de la formación y uso agrícola de los suelos del macizo montañoso Sagua-Baracoa», Resumen, Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, La Habana.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Arsenio Renda Sayoux

Ingeniero agrónomo, diplomado en Soils Survey, es investigador titular y profesor auxiliar adjunto en la Universidad Pinar del Río. Dirige un Proyecto de Investigación sobre Hidrología Forestal. Realiza trabajos de investigación en temas relacionados con el manejo de cuencas y el medio ambiente. Ha impartido conferencias y cursos de posgrado en universidades en México y en eventos internacionales promovidos por Redes de Cooperación Técnica de la FAO. Ha asesorado y capacitado en técnicas agroforestales en escenarios rurales de Haití y obtenido diversos reconocimientos sobre su labor científico-técnica que otorga la Academia de Ciencias de Cuba y el Ministerio de la Agricultura.