

CONTENIDO DE CARBONO EN ALGUNOS SUELOS FORESTALES DE CUBA. FERSIALÍTICO ROJO PARDUZCO FERROMAGNESIAL

CARBON CONTENT IN FOREST SOILS SOME CUBA. FERSIALITIC FERROMAGNESIAL BROWNISH 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, Siboney, Playa,
La Habana, arenda@forestales.co.cu, teléf.: 208 2554, fax: 208 2189.

RESUMEN

El tipo de suelo fersialítico rojo parduzco ferromagnesial se distribuye mayoritariamente en las regiones conocidas como sabanas serpentinosas a todo lo largo del país, con una superficie estimada en cerca de 100 000 ha. Ha sido muy utilizado en los programas de reforestación en los últimos cincuenta años, dada sus limitaciones, fundamentalmente por ser superficiales y de baja categoría agroproductiva; sin embargo, en la preparación del sitio utilizando la subsolación es posible incrementar el índice de boscosidad, lo cual repercute en un mayor almacenamiento de carbono en el suelo. Este artículo brinda información sobre el contenido de carbono en este tipo de suelo, el cual se determinó a partir del porcentaje de materia orgánica y de la densidad aparente de los diferentes perfiles de suelo hasta la profundidad de 20 cm. Se concluye que este tipo de suelo puede acumular 84,33 t/ha de carbono cuando se planta Pinus caribaea Morelet var. caribaea Barret y Golfari en suelos con profundidad superior a 70 cm.

Palabras claves: carbono, retención, suelo fersialítico, subsolación.

ABSTRACT

The floor type Fersiallitic Ferromagnesial Brownish Red is distributed for the most part in the well-known regions as savannas serpentinic to all the long of the country with a surface estimated in near 100 000 there is. It has been very used in the reforestation programs in the last 50 years, given their limitations, fundamentally to be superficial and of low category agroproductivity; however in the preparation of the place using the subsoiling is possible to increase the forest cover index that which rebounds in a bigger storage of carbon in the floor. This article offers information on the content of carbon in this floor type, which was determined starting from the percent of organic matter and of the apparent density of the different floor profiles until the depth 20 cm. You concludes that this floor type can accumulate 84, 33 t/ha of carbon when Pinus caribaea Morelet var caribaea. Barret y Golfari is planted in floors With Superior Depth to 70 cm.

Key words: carbon storage, retention, fersialitic soil, subsoiling.

INTRODUCCIÓN

Los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Contienen cuatro veces la cantidad de carbono que la vegetación, por eso merecen atención cuando se buscan mecanismos de secuestro de carbono. Aumentar el nivel de carbono en el suelo podría ser un servicio ambiental precioso [Robert, 2006].

El tipo de suelo objeto de estudio en este artículo ha sido utilizado en los programas de reforestación en los últimos cincuenta años, dada sus limitaciones, fundamentalmente por ser superficiales y de baja categoría agroproductiva.

De acuerdo con los datos de la Ordenación Forestal (1994), se llegaron a cubrir 47 260,8 ha

de plantaciones con especies forestales en ocho provincias desde Pinar del Río hasta Holguín, de ellas, 28 828,9 ha de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, 11 583,0 ha de *Casuarina equisetifolia* Forst y 6848,9 ha de *Eucalyptus* sp.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el contenido de carbono en los suelos del tipo fersialítico rojo parduzco ferromagnesial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la zona de estudio

Los suelos fersialíticos rojo parduzco ferromagnesial se forman en las condiciones de Cuba bajo el proceso de sialitización con formación de minerales arcillosos del tipo 2:1 y 1:1 a partir de rocas ultrabásicas del tipo serpentinita, acompañándose la meteorización sialítica de una acumulación relativa del hierro libre [Instituto de Suelos, 1980].

Se distribuyen mayoritariamente en las regiones conocidas como sabanas serpentinosas a todo lo largo del país, con una superficie estimada en cerca de 100 000 ha [IIF, 1998], fundamentalmente en la vertiente norte, con un relieve que oscila entre llano y ondulado, donde el suelo es de poco profundo hasta muy poco profundo, aunque es muy común que aparezca en forma de bolsones, sitios donde la profundidad total puede llegar a alcanzar más de 70 cm, que es donde se establecen

todas las plantaciones de algunas especies forestales con mayor logro o superficie cubierta (Fig. 1).

Hay que destacar que la distribución de este tipo de suelo tiene lugar donde el régimen de lluvias aumenta desde el oriente hasta el occidente del país.

Según el mapa de lluvias de Cuba (Fig. 2), desde Holguín hasta la cercanía a Camagüey el nivel de precipitaciones oscila entre 400 y 800 mm, mientras que desde esta última provincia hasta Pinar del Río oscila entre 1000 y 1400 mm, todo lo cual influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales que se han intentado establecer por más de cuarenta años.

La vegetación natural de estos suelos está representada por la formación forestal Cuabal y Charrascal [Bisse, 1972], donde se reportó la existencia en el país de 3900 ha de Cuabales y 35 000 ha de Charrascales [DFN, 1995], mientras que al cierre de 2007 se reportan 21 815 ha de Cuabales y 68 800,2 de Charrascales [DFN, 2007]. Se utilizaron los datos de los perfiles de suelo descritos en los estudios de suelo realizados por Ancizar *et al.* (1974), Ancizar y Renda (1975) y Renda *et al.* (1975). La determinación del contenido de carbono se realizó hasta los 20 y 30 cm de profundidad de los perfiles seleccionados (Tablas 1 y 2) sometidos a diferentes usos, perteneciendo a la formación forestal Cuabal.

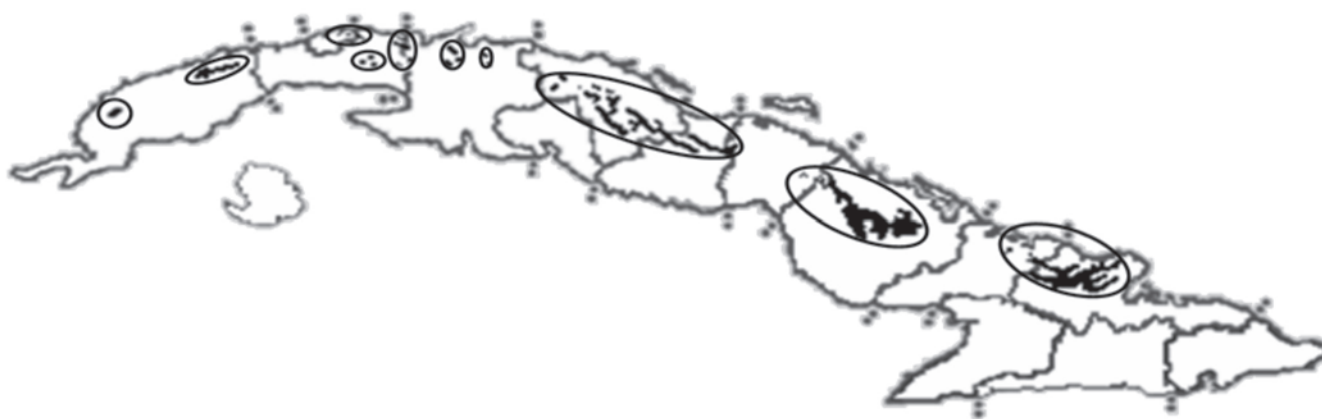


Figura 1. Distribución de los suelos fersialíticos rojo parduzco ferromagnesial en Cuba.

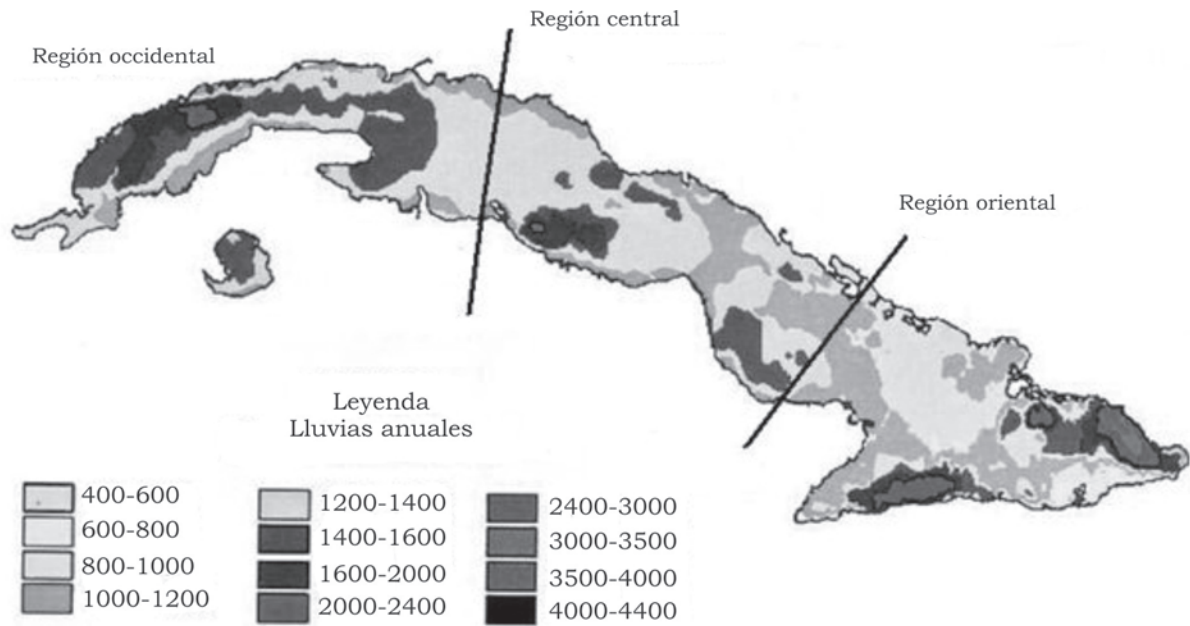


Figura 2. Mapa de lluvias [Fuente: García, 2007].

El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%) existente hasta la profundidad indicada, que fue multiplicado por el factor 0,58, que significa que el 58 % de la materia orgánica es carbono; luego se multiplica por 10 000 para llevar a gramos tal contenido, y este resultado se divide entre 1 000 000 para convertirlo a toneladas. Finalmente el valor obtenido (el cociente contenido de carbono 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 20 y 30 cm de profundidad en 1 ha de suelo. Similar método fue utilizado por Bashkin & Binkley, 1998 [citado por Gutiérrez y Lopera, 2001; Mohamed *et al.*, 2007].

El método de análisis de laboratorio utilizado en la determinación del contenido de materia orgánica fue el de Walkey y Black [IIF, 1978]. La densidad aparente se determinó directamente en los perfiles utilizando anillos o cilindros volumétricos, y la composi-

ción mecánica por el método de la pipeta semiautomática [IIF, 1978].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se refiere en la *Tabla 1*, el mayor contenido de carbono en el suelo (84,33 t/ha) se encuentra en el perfil de suelo de la masa semillera (más de quince años) de *Pinus caribaea* en San Miguel de los Baños, provincia de Matanzas, donde el suelo es profundo con más de 70 cm [Renda *et al.*, 1975], favoreciendo esto un mayor crecimiento del componente arbóreo y por ende un mayor aporte de materia orgánica. Se destaca que hasta la profundidad de 15 cm el contenido de materia orgánica es del 4,97 %, y del 2,30 % entre los 15 y 30 cm.

En cambio, en otro perfil de esta zona cubierto por una plantación de *P. caribaea* de siete años el nivel de materia orgánica es del 3,8 % con un acumulado de carbono de 46,28 t/ha hasta la profundidad de 20 cm.

También en estos dos perfiles el nivel o contenido de arcilla en su composición mecánica

ca (Tabla 2) es alto entre el 48 y el 59,5 %, lo cual capacita que su capacidad de campo varíe entre el 32 y el 38 %, y su peso volumétrico entre 1,0 y 1,05 g/cm³ [Renda *et al.*, 1975], influyendo este último índice hidrofísico en el almacenamiento de carbono por constituir un elemento de su determinación cuantitativa.

En general los estudios de este tipo de suelo para la reforestación indicaron que el contenido de arcilla, de gravas y la profundidad total son factores limitantes fundamentales para la reforestación con diversas especies forestales [Ancízar *et al.*, 1974, Ancízar y Renda, 1975, Renda *et al.*, 1975].

Se destaca que en ambos perfiles el pH es casi neutro, y se resalta su alto contenido de magnesio en relación con el catión Ca²⁺ con valores entre 38,19 y 35,13 cmolkg⁻¹, característico en este tipo de suelo [Ancízar *et al.*, 1974 y Renda *et al.*, 1975], que puede influir en el éxito o fracaso de la plantación de pino macho y otras especies no tolerantes de esta alta tonalidad del catión Mg⁺² en su complejo absorbente.

Según Acosta *et al.* (1974), la relación Ca²⁺/Mg²⁺ puede variar desde 1:2 hasta 1:21 favorable al magnesio; mientras más alta, mayor problema de toxicidad se presenta en los arbolitos recién plantados, sobre todo en zonas extremas en humedad y poca profundidad total del suelo, como en sitios de San Andrés, Holguín y en otras regiones del país, traducándose en una limitación clave para la reforestación, y consecuentemente en una reducción del servicio ambiental referido al almacenamiento de carbono en este tipo de suelo.

En el resto de los perfiles que reflejan la ocurrencia de este tipo de suelo por los lugares señalados, la profundidad total es generalmente de 20 cm y están ocupados por vegetación natural de la formación Cuabal muchas veces degradada, la ganadería extensiva y en la reforestación, pero con preparación del sitio de plantación con el empleo de la subsolación.

Awan *et al.* (1973) indicaron que esta práctica de preparación del suelo para reforestarlo es muy beneficiosa por aumentarse la pro-

fundidad total, disminuirse la densidad aparente, mejorar la infiltración y el contenido de humedad para facilitar el establecimiento inicial de los árboles.

El contenido de materia orgánica varía entre el 1,28 y el 2,7 % (Tabla 1), siendo más bajo donde la vegetación natural Cuabal está degradada, como en la zona de Caonao, debido a la irracional actividad antropogénica que impide la acumulación de la materia orgánica.

Estos valores de materia orgánica equivalen a una reserva o acumulación de carbono en el suelo entre 16,33 y 34, 4 t/ha, la cual resulta entre 5,16 y 2,4 veces menor que en la zona de San Miguel, que cuenta con 84,33 t/ha, y en la cual se encuentra la masa semillera de *P. caribaea* (Tabla 1).

Como puede verse en la Tabla 2, el contenido de arcilla de los perfiles varía entre el 25,5 y el 61,4 %, y el peso volumétrico entre 1 y 1,3 g/cm³. Si estos sitios se sometieran a la subsolación se mejorarían las condiciones hidrofísicas para establecer y lograr plantaciones con diversas especies forestales, las cuales aumentarían significativamente mediante el ingreso anual de hojarascas, el contenido de materia orgánica [Geigel, 1977, González-Abreu *et al.*, 1985, Renda, 2007] y consecuentemente el carbono retenido en sus capas u horizontes superiores.

En este sentido, aplicando la subsolación en la zona de San Andrés, Holguín, a los once años de establecida una plantación de *P. caribaea* alcanzó una altura de 8,6 m y d_{1,3} de 11,6 cm [González *et al.*, 1989], y en Las Cuabas, Camagüey, a los cinco años de efectuada la plantación, la altura resultó de 4,5 m y el d_{1,3} fue de 8,7 cm [Herrero *et al.*, 1990].

Como se demuestra con los resultados anteriores, son amplias las posibilidades de aumentar el nivel de secuestro de carbono en este tipo de suelo, que a pesar de sus limitaciones de profundidad total y contenido y retención de humedad, mediante la subsolación profunda se revertirían estas desventajas que a su vez permite que se aumente el índice de boscosidad con aquellas especies que se ha estudiado su comportamiento en estas condiciones edafoclimáticas.

TABLA 1
Algunos datos químicos del suelo fersialítico pardo rojizo ferromagnesial

Uso y lugar	Profundidad (cm)	Contenido de MO (%)	Contenido de carbono (t/ ha)	pH (en agua)	Cationes cambiables (cmolkg ⁻¹)				
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma
Masa semillera de <i>P. caribaea</i> . Más de quince años (San Miguel de los Baños, Matanzas)	0-30	7,27	84,33	6,60	2,82	34,5	0,34	0,47	38,19
Plantación de <i>Pinus caribaea</i> de siete años (San Miguel de los Baños, Matanzas)	0-20	3,8	46,28	6,8	2,50	32,4	0,09	0,14	35,13
Vegetación natural de Cuabal (San Andrés, Holguín)	0-20	2,7	32,88	7,3	2,7	32,7	–	–	35,4
Pastos y restos de vegetación natural de Cuabal (Altagracia, Camagüey)	0-20	1,69	25,48	6,7	4,7	38,0	0,1	–	42,8
Vegetación natural de Cuabal degradada (Minas-senado, Camagüey)	0-20	1,52	21,15	7,4	4,2	54,0	0,1	–	58,3
Vegetación natural de Cuabal degradada (Caonao, Camagüey)	0-20	1,28	16,33	6,2	3,0	8,0	0,4	–	11,4
Vegetación natural de Cuabal (Esmeralda, Camagüey)	0-20	1,62	22,17	6,3	0,6	15,5	0,2	–	16,3
Vegetación natural de Cuabal (Caobilla, Camagüey)	0-20	2,1	24,36	6,3	2,8	22,6	0,1	–	25,5

Fuente: Renda et al. (1975) y Ancizar et al. (1974).

TABLA 2
Datos físicos e hidrofísicos del suelo fersialítico pardo rojizo ferromagnesial

Uso	Profundidad (cm)	Humedad natural (%)	Peso volumétrico (g/cm ³)	Análisis textural		
				Arena	Limo	Arcilla
San Miguel	0-30	22,5	1,00	16,0	24,5	59,5
San Miguel	0-20	21,3	1,05	23,0	29,0	48,0
San Andrés	0-20	21,0	1,05	27,20	22,0	50,80
Alta Gracia	0-20	18,5	1,18	27,0	29,4	43,5
Minas-senado	0-20	22,0	1,0	26,3	12,2	61,4
Caonao	0-20	19,0	1,3	59,9	14,4	25,5
Esmeralda	0-20	19,0	1,1	26,6	28,3	45,0
Caobilla	0-20	20,0	1,2	45,5	15,3	39,1

Fuente: Renda et al. (1975) y Ancizar et al. (1974).

CONCLUSIONES

- Los suelos del tipo fersialítico rojo parduzco ferromagnesial pueden acumular un alto contenido de carbono (84,33 t/ha) cuando se planta *Pinus caribaea* en sitios donde los suelos alcanzan la profundidad total por encima de 70 cm, ya que el contenido de materia orgánica alcanza valores del 7 %.
- Cuando el contenido de materia orgánica varía entre el 1,28 y el 2,7 %, como es el caso de las zonas de Cuabales degradados, la acumulación de carbono en el suelo varía entre 16,33 y 34, 4 t/ha.
- Aplicando la subsolación en la preparación del suelo para la plantación, se mejoran las condiciones para el establecimiento de las plantaciones, y con ello *a posteriori* se eleva el nivel de materia orgánica en el suelo y consecuentemente el secuestro de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, R., GRA, H. 1974. «Efectos de la relación calcio-magnesio sobre el establecimiento de *Pinus caribaea* en el Plan Forestal Purnio» Holguín, CICF, La Habana (mimeografiado).
- ANCÍZAR, A., SPÍN, G., RENDA, A. 1974. *Estudio de los suelos sabanosos sobre serpentina del norte de Camagüey*, La Habana, CICF, 60 pp.
- ANCÍZAR, A., RENDA, A. 1975. «Características de los suelos sabanosos sobre roca ultrabásica que afectan el establecimiento de *Pinus caribaea* y otras especies en Cuba», La Habana, CICF, 36 pp.
- AWAN, A., HOLSTEN, F., FRÍAS, G., ANCÍZAR, A. 1973. «Los efectos de la subsolación sobre las características de los suelos forestales de Cuba», revista forestal *Baracoa* (CU) 4 (1-2):54-83.
- BASHKIN, M. A., BINKLEY, D. 1998. «Changes in Soil Carbon Following Afforestation in Hawaii», *Ecology* (EE.UU.) 79 (3): 828-833.
- BISSE, J. 1972. «Guía para clasificar los diferentes tipos de montes y vegetación con especies forestales existentes en el país», Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales, Cuba, 16 pp. (mimeografiado).
- DFN. 1995. *Dinámica Forestal*. Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- DFN. 2007. *Dinámica Forestal*. Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- GARCÍA, M. 2007. «Mapa isoyético de Cuba», INRH, La Habana.
- GEIGEL, F. B. 1977. «Materias orgánicas y nutrientes devueltas al suelo mediante la hojarasca de diversas especies forestales», revista forestal *Baracoa* (CU) 7(3-4):15-28.
- GONZÁLEZ, A. ET AL. 1989. «Resultados del comportamiento de las especies forestales introducidas en la zona sabanosa de la provincia de Holguín», Boletín Técnico Forestal (CU) No. 1:24-38.
- GONZÁLEZ ABREU, A. ET AL. 1985. «Algunas características de la materia orgánica de los suelos forestales de la cuenca del río San Diego», revista forestal *Baracoa* (CU) vol. 15(1): 7-18.
- 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. Memoria de Evento.
- HERRERO, G. ET AL. 1990. «Respuesta de *P. caribaea* var. *caribaea* a la fertilización en suelos fersialítico y ferrítico», revista *Ciencias Agrícolas* (CU) 40:140-153.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES (IIF). 1978. «Manual de análisis del laboratorio de suelos, foliar y aguas», La Habana.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE SUELOS (IIS). 1999. «Clasificación genética de los suelos de Cuba», Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 29 pp.
- JANDL, R. 2006. «Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo», *Revista Forestal Iberoamericana*, URL: <http://www.estructrucplan.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* no. 45. URL: <http://www.cipav.org.co/.../almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20>.
- ORDENACIÓN FORESTAL. 1994. Ministerio de la Agricultura, La Habana.
- RENDA, A. 2007. «Papel de la vegetación forestal y los sistemas agroforestales en el manejo de cuencas hidrográficas en el ejemplo de Cuba», 285 pp. (texto electrónico).
- RENDA, A., UNDA, A., PULIDO, R. 1975. *Los suelos del Plan Forestal San Miguel*, La Habana, CICF, 51 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Arsenio Renda Sayoux

Ingeniero Agrónomo, Diplomado en Soils Survey, investigador titular, es profesor auxiliar adjunto de la Universidad Pinar del Río. Dirige un Proyecto de Investigación sobre Hidrología Forestal y realiza trabajo 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.