

CARBONO RETENIDO EN TRES SITIOS EN PROCESO DE RESTAURACIÓN MEDIANTE TÉCNICA DE FORESTERÍA ANÁLOGA

CARBON RETAINED IN THREE AREAS IN PROCESS OF RESTAURATION WITH ANALOGY FORESTRY TECHNIQUE

DRA. ORLIDIA HECHAVARRIA-KINDELÁN¹, DR. WILMER TOIRAC-ARGUELLE¹, M.Sc. ABILIO O'FARRILL-COLLEBROOK¹,
DRA. ARLETY AJETE-HERNÁNDEZ¹, M.Sc. YENIA MOLINA-PELEGRIN², M.Sc. ADONIS SOSA-LÓPEZ², ING. ALQUILIO MOSQUERA-
FIGUEROA³, M.Sc. MAGDALENA MARTÍNEZ-FLORES³, ESP. ORCIDES BRAVO-PÉREZ³ Y ESP. EIDER SUÁREZ-RAMOS⁴

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Investigación e Innovación. Calle 174 no.1723 e/ 17B y 17C. Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Guisa. Carretera a Victorino Km 1½. La Soledad. Guisa. Granma. Cuba

³ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Placetas. Finca Victoria, Oliver, Placetas, Villa Clara, Cuba

⁴ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Baracoa. Carretera Baracoa, Km 12, Paso de Cuba. Guantánamo. Cuba

RESUMEN

Cuba ha estado fuertemente involucrada en las acciones relacionadas con el cambio climático, donde están presentes la adopción de medidas de mitigación necesarias para reducir sus influencias negativas y aprovechar las positivas. Se empleó la técnica de Forestería Análoga, la cual tiene en cuenta el cálculo del carbono retenido en las áreas de tratamiento durante el proceso. El objetivo del trabajo fue determinar el carbono total retenido en las áreas naturales en 2015 en los sitios de Díaz Cuevas, Oliver, en la provincia de Villa Clara; La Aplastada Arriba, en la Sierra Maestra, Granma, y Paso de Cuba-Sabanilla, Baracoa, Guantánamo. Se establecieron parcelas de 20 m x 25 m. Se aplicó la metodología de Álvarez y Mercadet (2009) para el cálculo del carbono retenido. Se obtuvo para el sitio de Díaz Cuevas 136,83 t, para la Aplastada Arriba 41,74 t, y en la faja hidrorreguladora de Paso de Cuba 1573,2 t. Se han absorbido de la atmósfera 6429,00 t CO₂.

Palabras claves: Árboles, carbono, cambio climático, restauración, Forestería Análoga.

ABSTRACT

Cuba has been strongly involved in the actions related with the climatic change where they are present the adoption of necessary mitigation measures to reduce its negative influences and to take advantage of the positive ones. The technique of Analogy Forestry was used based on designs, which keeps in mind the calculation of the carbon retained in the treatment areas from during the process. The objective of the work was to determine the total carbon retained in the natural areas in the 2015 in the places Díaz Cuevas. Oliver Placetas in Villa Clara. La Aplastada Arriba in the Sierra Maestra. Granma and Paso de Cuba in Baracoa Guantánamo. Its establishment the parcel of 20 m x 25 m and it was applied the methodology of Álvarez and Mercadet (2009) for the retained carbon. The retained total carbon was determined for Díaz Cuevas 136.83 t. La Aplastada Arriba 41.74 t and in the Paso of Cuba 1573.2 t. It's have been absorbed of the atmosphere 6429.00 t CO₂.

Key words: Trees, carbon, climatic change, restoration. Analogy Forestry.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el cambio climático ha constituido una preocupación mundial en materia de ambiente y desarrollo. Tanto es así que en los países mayormente emisores de gases de efecto invernadero (CO₂, metano, óxido nitroso, entre otros) han convenido reducir las en niveles aceptables. La capacidad de contribución de las áreas forestales al incremento del efecto inver-

nadero y a la mitigación del cambio climático también es uno de los indicadores de manejo sostenible de los bosques incluido en este criterio, y se basa en dos componentes principales: su capacidad de sumidero y sus emisiones de carbono. En la medida en que la capacidad del área para retener carbono aumente, a la par que disminuyen sus emisiones de gases

de efecto invernadero, la contribución neta aumenta, dado que en el balance la retención será mayor y, en consonancia, presentará una mejor situación de este indicador de manejo sostenible (Álvarez *et al.*, 2011).

El sector forestal cubano constituye el único sumidero neto de carbono identificado en el país (Centella, Llanes y Paz, 2001) y (Álvarez y Mercadet, 2008). Es por ello que es de suma importancia la determinación de la capacidad actual y futura de retención de carbono por las áreas forestales, así como la evaluación de alternativas que les permitan aumentarla (estrategia de mitigación) y los resultados que se alcancen. En tal sentido contribuyen al cumplimiento de las obligaciones contraídas por Cuba como Parte de la CMNUCC (Álvarez. *et al.*, 2010).

El carbono es retenido en los árboles en su biomasa aérea (troncos, ramas y follaje) y en la biomasa soterrada (raíces), necromasa (árboles muertos y hojarasca) y la materia orgánica del suelo. En el caso particular de las zonas tropicales donde la vegetación crece con rapidez y en consecuencia remueve el carbono de la atmósfera a un ritmo acelerado, la opción de plantar bosques puede remover grandes cantidades de carbono de la atmósfera en un tiempo relativamente bajo. Estos bosques pueden almacenar hasta 15 t de carbono por hectárea al año en su biomasa y en la madera (Moura, 2001).

Conocer la cantidad de biomasa de las especies arbóreas de los bosques naturales en el proceso de restauración desde sus inicios mediante técnica de Forestería Análoga apoya lo planteado por Álvarez *et al.* (2010) en cuanto a la búsqueda de alternativas que aumenten el sumidero. Estos aspectos han sido evaluados en la finca La Marucha, Londres en Costa Rica (Benkis, 2007) en 11 ha de bosque natural sometidos a prácticas de Forestería Análoga durante 22 años. También se estimó el carbono almacenado en los sistemas agroforestales y los bosques secundarios, y la relación existente entre el carbono almacenado en la biomasa total (CABt) y la composición fisionómica de la vegetación (CFV) de los sistemas de uso de la tierra estudiados (Eleazar, 2006), y en evaluaciones realizadas por Hechavarría *et al.* (2012) en plantaciones de tres especies forestales en fincas forestales del corredor xerofítico del valle de Guantánamo.

A partir de estos antecedentes, y lo que representa actualmente este servicio ambiental, se plantea como objetivo determinar el carbono retenido en las áreas naturales en proceso de restauración con técnica de Forestería Análoga en los sitios Díaz Cuevas, Olive, Placetas (Villa Clara), La Aplastada Arriba, Sierra Maestra (Granma) y Paso de Cuba-Sabanilla. Baracoa (Guantánamo).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante 2013-2015 en tres sitios que se encuentran en proceso de restauración mediante la técnica de Forestería Análoga (Red Internacional de Forestería Análoga, 2008). A continuación se presentan las características de cada sitio:

Finca Díaz Cuevas

Se encuentra en la localidad de Oliver, Placetas, en la subcuenca del río Jagüeyes, afluente del río Sagua la Chica, en una altura máxima de 79 msnm con topografía llana, precipitación promedio de 1250 mm, 25,1 °C de temperatura media, una humedad relativa media del 82 % y una pendiente promedio del 5 %. Limita por el norte con la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Alexander Estambolischi, por el sur con la finca de Jesús González, por el este con la finca de José Luis González y por el oeste con el río Jagüeyes. Los suelos se clasifican como Pardo sin Carbonatos (21 %) y Pardo con Carbonatos (79 %), según el Instituto de Suelos (1999). El trabajo se desarrolló en el bosque natural semicaducifolio sobre suelo Calizo, donde se realizó una parcela de 20 m x 25 m (500 m²) en 1,04 ha.

El área de tratamiento cuenta con diversas formas de crecimiento en el dosel de 10 a 20 m. En los doseles de 2 a 10 m hay ausencia de árboles siempreverdes de alto porte, y en el sotobosque existe la presencia de gramíneas y plantas herbáceas producto del exceso de luminosidad actual, que se recuperará en la medida en que se manejen las especies y aumente el ancho de copa.

La Aplastada Arriba

Está localizada en el subsector fitogeográfico Bairense, que presenta un aspecto parecido a los mogotes de la Sierra de los Órganos. Es-

tán ubicadas en el Consejo Popular Palma del Perro; limita al norte con Agua Tapada, al este con Palma del Perro, al oeste con El Raudal y al sur con Arroyo Colorado, en los 20°11' de latitud norte y los 76°26' de longitud oeste. Se encuentra a una altura entre 480 y 598 msnm. Se realizaron cuatro parcelas de 20 m x 25 m (500 m²), equivalente a 0,05 ha cada una, para un total de 2 ha. El bosque es secundario con formación mogotiforme y bosque semicaudicifolio sobre suelo Calizo.

La finca 1 se caracteriza por un área boscosa, con predominio de especies secundarias, tales como periquillo, palma, sigua, con abundante regeneración natural, presencia de lianas y herbáceas.

La finca 2 en su mayoría está desprovista de vegetación protectora (cubierta vegetal), tiene buenas condiciones para el desarrollo de la vegetación como consecuencia de la agricultura y prácticas inadecuadas de uso del suelo, teniendo como consecuencia la erosión y baja productividad de los cultivos. Las fincas 1 y 2 tienen 13 y 20 ha respectivamente para un total de 33 ha.

La introducción de especies invasoras se ha expandido, compitiendo, degradando indirectamente el hábitat de especies endémicas o nativas, y propiciando la aparición de especies pioneras y secundarias.

Paso de Cuba-Sabanilla (faja hidrorreguladora del río Sabanilla)

Está ubicada la subcuenca del río Miel, ubicado al sur del municipio de Baracoa, perteneciente al Consejo Popular Sabanilla, provincia de Guantánamo. Limita por el norte y noroeste con el Consejo Popular Cabacú, por el sur y sureste con el municipio de Imías, por el este y sureste con el Consejo Popular Mosquitero, y por el suroeste con el Consejo Popular Jamal. La temperatura media de 25,2 °C, las precipitaciones de 2003 mm y humedad relativa del 86,5 %, topografía fuertemente ondulada (8-16 %), suelo aluvial.

La disminución de individuos en el estrato arbóreo dentro del área de estudio, con respecto a las demás, está dada por la antropización, las talas ilícitas, manejos silvícolas inadecuados, además de la erosión y degradación de los

suelos. Esto impide que muchas de las especies que se encuentran en el estrato herbáceo se desarrollen correctamente.

Los datos fueron tomados en un área con una superficie de 30 ha, de las cuales solo se inventariaron 9,5 ha, dado por la existencia de parches de vegetación. Se levantaron 7 parcelas de 20 m x 25 m (500 m²), distribuidas aleatoriamente en la zona de estudio. La vegetación representativa es pluvisilva de montaña.

Se realizó un muestreo al 3 %, según norma vigente del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 1982), que permitió definir el número de parcelas a establecer.

Para todas las áreas se evaluaron la totalidad de los árboles encontrados en las parcelas donde se midieron las variables diámetro (1,30 m del suelo) y altura total, el diámetro medio y la altura media para calcular el volumen de la parcela mediante la fórmula propuesta según norma vigente del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 1982). Para el levantamiento del área y toma de los datos dasométricos se utilizó la cinta métrica de 50 m, cinta diamétrica, brújula, GPS, machete e hipsómetro Sunto. Se determinó la cantidad de carbono retenido utilizando la metodología descrita por Álvarez y Mercadet (2009). Para estos sitios no se extrapolan los resultados al total de hectáreas de cada finca porque los resultados son de las parcelas experimentales en proceso de restauración.

Se estimó el carbono total retenido en las parcelas de las fincas con el uso de la siguiente fórmula:

$$CR_{TOTAL} (t) = CBM_{TOTAL} (t) + C \text{ Necromasa} (t) + C_{suelo} (t)$$

Para determinar el carbono de la biomasa total (CBM), se convirtió el volumen en biomasa mediante la fórmula:

$$BM_F (t) = V (m^3) \times \text{densidad} (kg/m^3) / 1000$$

La densidad se obtiene de la base de datos (Álvarez, 2002), empleando siempre la D básica de la especie. De no tenerse, se emplea la D seca al aire de la especie; si esta no está disponible tampoco, se emplea la D básica del género, si no se calcula con la D seca al aire del género y si ninguno de estos valores están disponible, se tomará la D promedio de la madera de los bosques tropicales americanos (600 kg/m³).

La biomasa aérea se determinó a partir de la biomasa del fuste:

$$Bm_A(t) = BM_F(t) \times FEB = e^{(3.213 - 0.506 \ln BM_F)}$$

FEB-Factor de expansión de la biomasa. Valor de FEB tendrá como valor mínimo 1,74 y como máximo 3,00.). Se utilizó el valor mínimo de 1.74.

El carbono de la necromasa se determinó mediante las fórmulas:

$$\text{Necromasa (t)} = \text{Superficie (ha)} \times 18,2 \text{ (t/ha) (constante)}$$

$$CNecromasa(t) = \text{Necromasa (t)} \times FC_M / 100$$

$$\begin{aligned} \text{Carbono retenido en el suelo: C Suelo (t)} \\ = \text{Superficie (ha)} \times C_{SBT} \text{ (t/ha)} \end{aligned}$$

C_{SBT} -Carbono en el suelo de los bosques tropicales ($C_{SBT} = 123 \text{ t/ha.}$ para el caso de los pinares, para el resto de las especies $C_{SBT} = 80 \text{ t/ha.}$)

Para calcular cuánto representó el carbono retenido, en toneladas de CO_2 removido de la atmósfera, se multiplicó por $44/12$ ($3,67 \text{ tCO}_2$), que es la relación existente entre el peso total de la molécula de CO_2 (44) y del átomo de carbono (12) (Ramírez y Gómez, 1999).

Una vez calculados los valores de la parcelas evaluadas, se calculó la cantidad de carbono de biomasa en una hectárea y posteriormente el de 1,04 ha en el sitio de Díaz Cuevas, 2,0 ha en la Aplastada Arriba y 9,5 ha de la faja hidrorreguladora entre Paso de Cuba-Sabanilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En sentido general la cantidad de carbono en biomasa para 1 ha es mayor en el sitio de Baracoa con 165,6 t.

Tabla 1. Carbono total retenido en los tres sitios de estudio

Sitio	Área (ha)	Carbono total retenido (t)
Díaz Cuevas, Oliver, Placetas	1,04	136,83
Aplastada Arriba, Sierra Maestra	2,00	41,74
Paso Cuba-Sabanilla. Baracoa (faja hidrorreguladora)	9,5	1573,2

La tabla anterior muestra los resultados del carbono total retenido en las parcelas en proceso de restauración, las cuales responden a las características enunciadas en cada uno de estos sitios. De estos, el sitio más degradado es la Aplastada Arriba con especies con bajos valores de altura y diámetro, lo que conlleva a bajos volúmenes de madera por hectárea.

La introducción de especies invasoras, que se han expandido en estas fincas, ha competido con especies endémicas o nativas en un área considerable que se encuentra desprovista de vegetación arbórea como consecuencia de la agricultura y prácticas inadecuadas de uso del suelo.

Tabla 2. Carbono retenido en la biomasa de las especies arbóreas en 1.04 ha del sitio de Díaz Cuevas, Placetas

Especies	Volumen (m^3)	Carbono Biomasa (t)	Representatividad (%)
<i>Poeppigia procera</i> C. Presl. (tengue, abey hembra)	0,30	0,4366	12
<i>Cordia gerascanthus</i> Jacq. (baria)	0,07	0,0980	4
<i>Cupania americana</i> Lin. (guarana, guará)	0,32	0,4683	6
<i>Cordia collococca</i> L. (ateje)	0,17	0,2392	3
<i>Vitex parviflora</i> A. Juss	0,17	0,2435	5
<i>Khaya nyasica</i> L. (caoba africana)	1,25	1,8158	9
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC. (dágame)	0,32	0,4560	8
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook (palma real)	2,10	3,0465	4
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) F. Muell. (algarrobo del país)	0,10	0,1408	3
<i>Trichilia hirta</i> L. (jubabán, cabo de hacha)	0,42	0,6091	25

<i>Genipa americana</i> L. (jagua)	0,23	0,3348	5
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. (álamo blanco)	0,12	0,1800	3
<i>Spondia mombin</i> L. (jobo)	0,02	0,0220	4
<i>Triplaris americana</i> L. (palo hormiguero)	0,22	0,3136	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima)	0,02	0,0239	5
<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg. (bijaguara)	0,01	0,0116	1
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst. (anacaguita)	0,00	0,0009	1
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. (oreja de judío)	0,97	1,3997	1

Se muestra en la tabla cómo las especies *Roystonea regia*, *Khaya nyasica* y *Enterolobium cyclocarpum* son las que mayor carbono retienen en su biomasa. Estas coinciden con las de mayores volúmenes de forma general, dado por los

bajos valores de altura y diámetro que poseen, sin embargo, son las menos representadas en el área. Las más representadas son *Trichilia hirta* y *Poepigia procera* con el 25 % y 12 %, respectivamente.

Tabla 3. Carbono retenido en la biomasa de las especies arbóreas en 2,0 ha del sitio La Aplastada Arriba en la Sierra Maestra

Especies	Volumen (m ³)	Carbono Biomasa (t)	Representatividad (%)
<i>Alvaradoa arborescens</i> Griseb (periquillo)	0,84	1,2212	45,80
<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb. (sigua)	0,44	0,6329	8,82
<i>Cedrela odorata</i> L. (cedro)	0,38	0,5493	4,62
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (falso copal)	0,49	0,7113	9,24
<i>Cecropia peltata</i> L. (yagruma)	0,18	0,2561	5,04
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima)	0,06	0,0909	1,26
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud. (piñón florido) gliricidia	1,72	2,4898	11,76
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baill. (yaya)	0,10	0,1466	0,84
<i>Cupania americana</i> Lin. (guarana, guara)	0,10	0,1425	1,26
<i>Eugenia buxifolia</i> (Sw.) Willd. (guairaje) eugenia	0,03	0,0369	0,42
<i>Chrysophyllum oliviforme</i> L. (caimitillo)	0,10	0,1414	1,68
<i>Ficus</i> sp. (sin identificación)	0,05	0,0787	3,36
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (guamá candelón)	0,01	0,0094	0,42
<i>Ficus wrightii</i> Warb. (macajagüey)	0,02	0,0272	0,42
<i>Ateleia gumnifera</i> (Bertero ex D.C.) D. Dietr. (palo hediondo)	0,05	0,0720	0,42
<i>Adelia ricinella</i> L. (jia blanca)	0,02	0,0272	2,52
<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macfad. (bayúa)	2,26	3,2663	2,10

La tabla muestra el resumen de los resultados de las especies evaluadas en las cuatro parcelas de las fincas 1 y 2. Las especies que mayor cantidad de carbono retiene en su biomasa son *Zanthoxylum elephantiasis*, *Gliricidia sepium* y *Alvaradoa arborescens* (Griseb). Para el caso de las dos primeras coinciden con los mayores volúmenes alcanzados, y no así para el caso del periquillo, a pesar de la alta representatividad que tiene en el área. Esto demuestra el avance

del bosque secundario formado por la pérdida de las especies de valor económico y ecológico en el ecosistema. *Gliricidia sepium* es la especie que mostró mejor proporcionalidad en los parámetros volumen, biomasa y representatividad, y en sentido contrario para la bayúa, con solo dos individuos en la finca 1 con diámetro y altura de 11,1 cm y 11 m, respectivamente. Para el caso de las especies en que el porcentaje de individuos es 0,42, existe un ejemplar de cada uno.

Tabla 4. Carbono retenido en la biomasa de las especies arbóreas en 9,5 ha de la faja hidrorreguladora desde Paso de Cuba-Sabanilla

Especie	Volumen (m ³)	Carbono Biomasa total (t)	Representatividad (%)
<i>Samanea samam</i> Merr. (algarrobo del país)	2,49	3,6102	1
<i>Terminalia catappa</i> L. (almendro de la India)	0,80	1,1581	1
<i>Melicoca bijuga</i> L. (anoncillo)	11,39	16,4891	12
<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) D.C. (ayúa)	0,32	0,4633	2
<i>Phoebe elongata</i> (Vahl.) Nees. (boniatillo)	1,16	1,6793	3
<i>Erythrina peoppigiana</i> (Walp) A.F. Cook (bucare)	0,43	0,6225	2
<i>Chrysophyllum oliviforme</i> Lin. (caimitillo)	0,36	0,5212	5
<i>Cassia grandis</i> Lin. (cañandong)	0,27	0,3909	1
<i>Swietenia mahoganii</i> (L.) Jacq. (caoba antillana)	0,20	0,2895	1
<i>Swietenia macrophylla</i> King. (caoba Honduras)	0,18	0,2606	1
<i>Ceiba pentandra</i> (Lin.) Gaertn. (ceiba)	3,84	5,5591	2
<i>Lonchocarpus domingensis</i> (Pers.) D.C. (guamá de sogá)	9,13	13,2173	16
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima)	2,99	4,3286	3
<i>Spondias mombin</i> Lin. (jobo)	14,33	20,7453	5
<i>Sapium jamaicensis</i> Sw. (lechugo)	0,70	1,0134	1
<i>Hibiscus elatus</i> Sw. (majagua)	14,33	20,7453	8
<i>Carapa guianensis</i> Aubl. (najesí)	1,91	2,7651	1
<i>Calophyllum antillanum</i> Britton (ocuje)	7,86	11,3788	16
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston (pomarroja)	0,39	0,5646	2
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb. (ramón de caballo)	0,51	0,7383	1
<i>Gilbertia arborea</i> (L.) March. (ramón de vaca)	0,09	0,1303	2
<i>Andira jamaicensis</i> (W. Wr.) (yaba)	0,59	0,8541	1
<i>Guarea trichilioides</i> Lin. (yamagua)	2,74	3,9666	20
<i>Conocarpus erectus</i> Lin. (yana)	0,02	0,0290	2

La tabla muestra las especies con mayor carbono en la biomasa majagua, jobo y la almendra con sus mejores valores en los volúmenes de madera alcanzados por ser árboles de alto porte con diámetros de más de 30 cm y 20 m de altura. Estas especies no tienen un alto porcentaje dentro del área; son superadas por la yamagua, ocuje y guamá de sogá.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Del Risco (1995), que comenta que en este tipo de bosque está alterada la estructura y la composición florística, con la presencia de muchas especies exóticas, que de no existir alteración alguna estarían presentes.

Tomando en consideración que el carbono representa un 27 % del peso molecular del CO₂ (Ramírez y Gómez. 1999), por lo que para cada tonelada de carbono almacenado es removido de la atmósfera 3,66 tCO₂, se estimó que las especies presentes en las parcelas de restauración en los sitios de Díaz Cuevas, La Aplastada Arriba y en la cuenca del río Sabanilla se han removido de la atmósfera hasta 2015 un total de 502,16 tCO₂, 153,18 tCO₂ y 5773,64 tCO₂, respectivamente, contribuyendo a disminuir el exceso de CO₂ de la atmósfera.

Estos resultados permiten validar el criterio universal de que los bosques son sumideros naturales de carbono, como lo han defendido Alfaro (1997), Pardo (1999) y Brown (2002), quedando demostrada la importancia de las especies forestales por su aporte a la retención de carbono. Se confirma lo planteado por Álvarez y Mercadet (2011) que la capacidad de retención aumenta en relación con la humedad del ecosistema donde la formación forestal pluvisilva y pluvisilva de montaña ha alcanzado 225,1 t y 243,7 t, respectivamente, el bosque xerofítico de mogotes 118,4 t y el bosque semideciduo sobre suelo ácido 140,2 t carbono por superficie (Mg-C x ha⁻¹).

CONCLUSIONES

- Los resultados permitieron conocer que el carbono total retenido es de 1751,77 t y se han removido de la atmósfera 6429,00 t CO₂ en los tres sitios en restauración mediante la técnica de Forestería Análoga en 2015, lo cual demuestra el aporte como sumidero.
- Se confirma la necesidad de continuar con la restauración de estos sitios mediante la refo-

restación ordenada para disminuir el exceso de carbono a la atmósfera.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas forestales. *Forestal Centroamericana (CR)* 19 (6): 9-12.
- Álvarez Brito, A. 2002. Densidad de la madera de especies forestales arbóreas. Base de datos (V- 1.0). Instituto de Investigaciones Forestales.
- Álvarez Brito, A. 2010. Informe final de resultado del proyecto 11.69. Subproyecto la mitigación del cambio climático por los bosques cubanos. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 54p.
- Álvarez, A. *et al.* 2011. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Cuba. 248 p.
- Álvarez, A., Mercadet, A. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Inf. Final Subproyecto: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos; Proyecto: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal; PRCT: Preservación de los Recursos Naturales. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana. 8 p.
- Benkins, M. 2015. Finca Fila Marucha, un sistema de Forestación Analoga. Taller de capacitadores en FA. Ecuador. Presentación.
- Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116: 363-372 [en línea]. Disponible en: <http://www.winrock.org/ecosystems/files/2002ForestCarbon.pdf> [Consulta: 10 de marzo 2010].
- Centella, A., Llanes, J., Paz, L. 2001. Primera comunicación nacional de Cuba a la CMNUCC. La Habana. INSMET. 169 p.
- Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su historia y características. Ciudad de La Habana. Editorial Científico-Técnica. 96 p.
- Eleazar, V. 2006. Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total, la composición fisionómica de la vegetación en sistemas agroforestales con café y bosque secundarios de Costa Rica. 46h. Tesis (en opción al título de Máster en Agroforestería Tropical)-- Universidad Tecnológica de Chocó, Colombia y CATIE.
- Hechavarría, O. *et al.* Cálculo del carbono retenido en las plantaciones existentes de la finca forestal de la localidad de Paraguay. Guantánamo. En: Informe final de proyecto "Restauración de la diversidad en fincas forestales mediante técnicas de Forestería Análoga. Programa de diversidad biológica. 118 p.
- Instituto de Suelos. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de suelos de Cuba. Ciudad de la *Habana*. Instituto de Suelos. 64 p.
- Mercadet, A., Álvarez, A. 2009. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Efecto de los cambios globales sobre el ciclo de carbono. Edts. F. Ortega. L. Lucas y Alejandra V. Volpedo. La Habana. Red 406RT0285: Efecto de los cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Pág. 107-118.
- MINAG. 1982. Norma Ramal 595.
- Moura-C. P. 2001. La convención sobre el clima y el mercado de las contrapartes de las emisiones de carbono basada en las actividades forestales. *Unasylva (BR)* 52(206):34-40.
- Pardos, J.A. 1999. Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono. *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales (ES)* 1: 93-99. diciembre.
- Ramírez, O., Gómez, M. 1999. Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono. *Revista Forestal Centroamericana (CR)* 27: 17-22.
- Red Internacional de Forestería Análoga (RIFA). 2008. Manual práctico de Forestería Análoga. Quito. Ecuador. 8 p.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Orlidia Hechavarría Kindelán

Doctora en Ciencias Forestales, Máster en Ciencias Ecológicas, Investigadora Titular del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Especialista en Conservación de Recursos Genéticos Forestales y Fenología Forestal, trabaja actualmente en la temática de restauración de ecosistemas degradados. Ha sido líder de proyectos internacionales y nacionales. Es profesora a nivel nacional y regional de la temática de Forestería Análoga. Recibió premio en el Fórum municipal y provincial. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.