

RETENCIÓN DE CARBONO POR EL PATRIMONIO FORESTAL DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL CIENFUEGOS

RETENTION OF CARBON FOR THE FOREST HERITAGE OF THE INTEGRAL FOREST COMPANY CIENFUEGOS

M.Sc. ANDRÉS HERNÁNDEZ-RIQUENE,¹ M.Sc. LILIANA CABALLERO-LANDÍN,¹ ING. ALQUILIO MOSQUERA-FIGUEROA,¹
DR.C. ALICIA MERCADET-PORTILLO² Y DR.C. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO²

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Placetas. Oliver, Placetas, Villa Clara, Cuba, lianrora@forestales.co.cu

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Investigación e Innovación. Calle 174 no. 1723 e/17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

RESUMEN

Se analiza el patrimonio de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos (EFIC), determinándose la cantidad de carbono retenido, así como los cambios esperables dentro de 10 años. Para esto fue utilizada la versión 2.15 del sistema automatizado para las estimaciones del carbono retenido en el año base (SUMFOR v-2.15). La EFIC acumulaba 7454,7 Mt de carbono en su año base 2012, estimándose para 2022 unos 13 882,5 Mt, aumentando su potencial de retención en 6428,8 Mt, siendo los bosques naturales y las plantaciones establecidas los componentes del patrimonio que más contribuyeron. Se debe ejecutar la implementación de un plan para identificar aquellas actividades que alteran o modifican negativamente el incremento de la acumulación del carbono para el período de 10 años. Se recomiendan como alternativas de mitigación a seguir, aumentar el IMA de los bosques naturales en 1 m³/ha/año y reducir otras talas en un 50 % como fundamentales, o una combinación de alternativas.

Palabras claves: retención, carbono, línea base, mitigación.

ABSTRACT

The patrimony of the Integral Forest Company of Cienfuegos (EFIC) is analyzed being determined the quantity of retained carbon as well as its expectable changes in 10 years. For this, it was used the version 2.15 of the automated system for the estimates of the carbon sink (SUMFOR v-2.15). In its base year 2012 the EFIC accumulates 7454,7 Mt of carbon, being estimated by the year 2022 around 13 882,5 Mt, increasing its sink potential in 6428,8 Mt; where the natural forests and the established plantations are the patrimony components that more contribute. The implementation of a plan should be executed to identify those activities that alter or modify the increment of the accumulation of the carbon negatively for the 10 year period. As fundamentals strategies of mitigation, the increment in 1 m³/ha/year of IMA in natural forest and reducing the harvesting because other cuttings in 50 % are recommended.

Key words: retention, carbon, base line, mitigation.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial la deforestación en los trópicos y el resurgimiento de bosques en las zonas templadas y partes de la zona boreal constituyeron los factores principales responsables de las emisiones y eliminaciones de CO₂, respectivamente. Las actividades de mitigación para reducir las emisiones de fuentes y el aumento de las eliminaciones mediante sumideros en el

sector forestal tienen una secuencia temporal de acciones características y costos, y beneficios de carbono. Respecto a una línea de base, las ganancias a corto plazo más altas siempre se alcanzan mediante actividades de mitigación destinadas a evitar las emisiones (reducir la deforestación o degradación, protección contra incendios, reducción de la quema, etc.). Todas

las actividades de gestión forestal destinadas a aumentar el nivel de densidad de carbono *in situ* y a escala del terreno constituyen prácticas comunes que son técnicamente viables. A largo plazo, una estrategia sostenible de gestión forestal destinada a mantener o aumentar las reservas de carbono forestal, mientras continúa la producción forestal anual de madera, fibra o energía, generará el beneficio de mitigación sostenible más alto [Barker *et al.*, 2007].

El aumento de la cobertura forestal en Cuba en el período 2000 y 2009 en un 4 %, representó un aumento acumulado de las remociones nacionales de 4,13 Tg-C, con respecto a 2000 [Álvarez *et al.*, 2011]. La estimación de los acumulados de carbono para cada una de las Empresas Forestales Integrales (EFI) del país es una de las actividades que se han estado realizando desde algún tiempo con el objetivo de determinar la línea base de las mismas y el desarrollo de metodologías que conlleven a la acumulación, más

que a la liberación, del carbono en sus áreas. Como ejemplo de casos de estudios tenemos los realizados en la EFI Baracoa [Ajete *et al.*, 2006], EFI Ciego de Ávila [Mercadet *et al.*, 2015], EFI Villa Clara [Hernández *et al.*, 2012], EFI Mayabeque [Cordero *et al.*, 2004], entre otros.

Con vistas a continuar con este propósito se realiza este trabajo con el objetivo de proyectar la línea base de retención de carbono de la EFIC para un período de 10 años, y selección de las alternativas de mitigación más adecuadas para incrementar el carbono retenido por su patrimonio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de caso sobre remoción de carbono y selección de alternativas de mitigación fue llevado a cabo en el patrimonio forestal de la EFIC, ubicada en la provincia de Cienfuegos. Para su análisis se tomó el total del área ocupada por la empresa (Fig. 1).

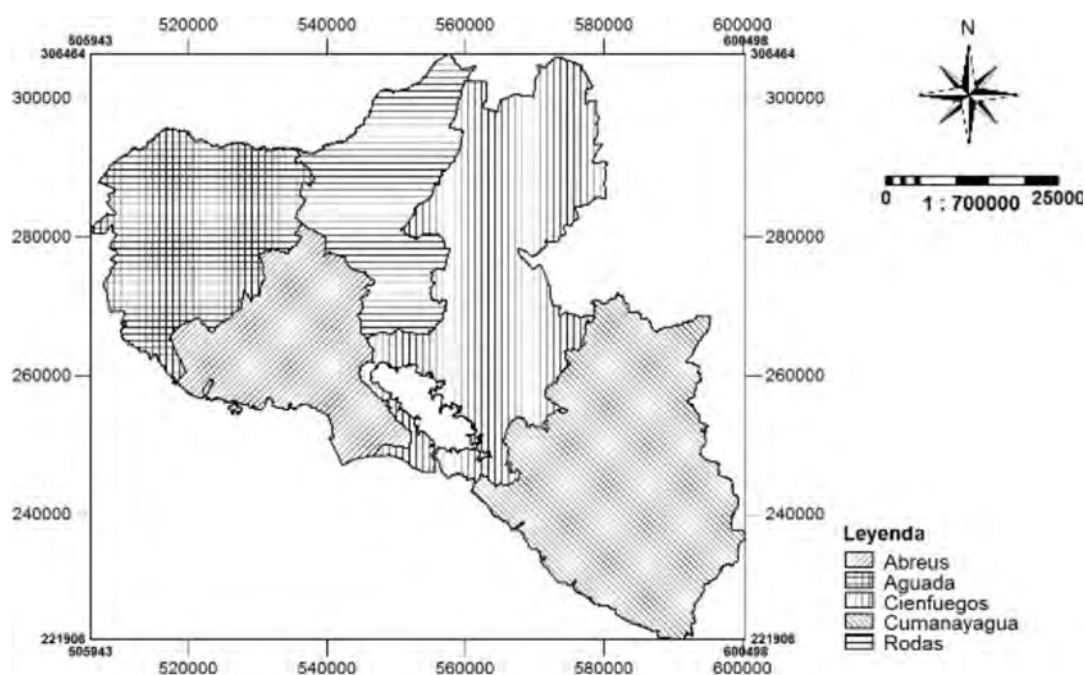


Figura 1. Ubicación de las unidades silvícolas en la EFIC.

La EFIC, ubicada entre los 21°49'37,14" N-80°55'50,44" W y los 22°34'58,05" N-80°00'30,25" W, cuenta con una superficie total de 41 409,6 ha, de las cuales 40431,64 ha están consideradas

como áreas forestales (97,64 %) y 978 ha consideradas como inforestales (2,36 %). Al analizar el total de bosques se puede decir que el 69 % son protectores de aguas y suelos, 20,6 % son

protectores del litoral y 10,3 % son productores. La precipitación media anual acumulada está alrededor de los 1457 mm, con una temperatura media anual de 23,3 °C [DNF, 2006]. Para el estudio de caso fue usada la información de la dinámica forestal de la EFIC correspondiente a 2012 [DNF, 2012].

Para el análisis de la información fue utilizada la versión 2.15 del sistema automatizado para las estimaciones del carbono retenido en el año base (SUMFOR v-2.15), desarrollado por Álvarez y Mercadet (2008), que además de dar respuesta adecuada a la demanda existente, incluye valores apropiados para las especies en cuanto a densidad de la madera y coeficiente de carbono [Álvarez, A. *et al.*, 2011]. Con este sistema se pudo estimar la línea base de retención de carbono para un período de 10 años, considerando

que el patrimonio y la gestión técnica de la empresa se mantengan constantes a lo largo del período con relación al año base, además, se usó como simulador de alternativas de mitigación, donde se evaluaron las siguientes: 1) duplicar el área de plantación; 2) elevar el logro promedio de la plantación a un 95 %; 3) eliminar áreas afectadas por incendios; 4) reducir en un 50 % los aprovechamientos por tala rasa; 5) reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de tala; 6) aumentar el IMA de los bosques naturales en un 1 m³/ha/año; 7) aumentar el IMA de las plantaciones en un 1 m³/ha/año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la acumulación del carbono retenido por las áreas del patrimonio forestal de la EFIC pueden ser observados en la *Tabla 1*.

TABLA 1
Acumulación de carbono en el patrimonio de la EFIC

<i>Tipo de bosque/Depósito de C</i>	<i>Biomasa (Mt)</i>	<i>Necromasa (Mt)</i>	<i>Suelo (Mt)</i>	<i>Empresa (Mt)</i>	<i>Promedio (t/ha)</i>
Plantaciones establecidas	841,7	47,5	633,8	1523,0	274,4
Plantaciones en desarrollo				9,8	11,6
Bosques naturales	1650,8	273,9	3729,6	5654,4	177,4
Área por (re)forestar	52,1		73,8	125,9	64,8
Área inforestal	6,1		94,9	101,0	103,2
Empresa	2591,4	321,4	4532,1	7454,7	

El patrimonio de la EFIC (41 409,6 ha) retiene un total de 7454,7 Mt de carbono en su año base. De ellas, el 93 % corresponde a superficie cubierta de bosque (38 489,6 ha), las cuales acumulan el 96 % del carbono retenido (7187,2 Mt), siendo las áreas de bosques naturales (32 101,4 ha) las que más acumulan, seguido de las áreas de plantaciones establecidas (5549,6 ha).

Aun cuando las áreas de bosques naturales acumulan la mayor cantidad de carbono, tienen un promedio por hectárea (177,4 t/ha) por debajo de las plantaciones establecidas (274,4 t/ha). Esto se debe al manejo intensivo a que son sometidas las plantaciones y a su elevada concentración de biomasa [Álvarez *et al.*, 2011].

En el caso de los bosques naturales, el 66 % del carbono acumulado se encuentra en el suelo (3729,6 Mt), en la biomasa solo el 29 % (1650,8 Mt) y en el resto en la necromasa (5 %). En las plan-

taciones establecidas la relación de carbono se encuentra más equilibrada, con un 55 % del carbono acumulado en la biomasa (841,7 Mt) y el 42 % en el suelo (633,8 Mt); el resto formando parte de la necromasa (3 %).

En la EFIC, las áreas por reforestar en el año base se encuentran en el orden de 1942 ha. El aporte que realizan al balance de carbono la vegetación y el suelo de estas áreas es significativo, aun cuando solo asciende al 1,7 % (125,9 Mt) con un promedio de 64,8 t/ha (*Tabla 1*), un poco por encima de los reportes realizados de 50 t/ha por Ajete (2006) en la EFI Baracoa, y Cordero *et al.* (2004), quien reportó 52,99 t/ha, en áreas de la EFI Mayabeque.

Con relación al área inforestal, la EFIC cuenta con 978 ha que representan un 1,4 % del área total de la empresa. Si analizamos el carbono acumulado en estas (101,0 Mt), se puede ob-

servar que la mayor cantidad (94 %) proviene del carbono en el suelo y el resto (6 %) de la biomasa (*Tabla 1*). Similares resultados fueron alcanzados por Ajete (2006) en cuanto a la distribución del carbono en este tipo de bosque, en un estudio realizado en la EFI Baracoa.

En general, después de analizar los diferentes componentes a nivel del patrimonio, podemos decir que el 61 % del carbono acumulado pro-

viene del carbono en el suelo y el 35 % de la biomasa; el restante 4 % es aportado por la necromasa (*Tabla 1*).

La evaluación de la distribución del carbono retenido por las diferentes formaciones forestales muestra que las formaciones pluvisilva (40 %), semicaducifolio sobre suelo calizo (30 %) y la manigua costera (15 %) acumulan casi la totalidad del carbono retenido por las áreas de bosques naturales (*Tabla 2*).

TABLA 2
Acumulación de carbono por formación forestal

<i>Formación</i>	<i>Biomasa (Mt)</i>	<i>Necromasa (Mt)</i>	<i>Suelo (Mt)</i>	<i>Total (Mt)</i>	<i>%</i>	<i>Promedio (t/ha)</i>
Manglar	176,9	15,2	0,0	192,1	3,4	108,0
Manigua costera	267,7	38,3	552,0	857,9	15,1	191,2
Pluvisilva	699,6	102,5	1477,2	2279,3	40,0	189,8
Semicaducifolio ácido	28,7	4,0	57,3	90,0	1,6	193,1
Semicaducifolio calizo	390,4	86,7	1250,6	1727,8	30,3	169,9
Semicaducifolio mal drenado	126,0	26,7	385,2	538,0	9,4	171,8
Uveral	2,3	0,5	7,4	10,2	0,2	170,0
Total	1691,6	273,9	3729,6	5695,2	100,0	

De las siete formaciones forestales presentes en la EFIC, el manglar es el que menor acumulación promedio de carbono muestra, debido fundamentalmente a que no se incluye el cálculo de carbono en el suelo para esta formación, ya que una parte se encuentra cubierta de agua

[Ajete, 2006] y no se cuenta con elementos disponibles para saber qué parte de su superficie cuenta con suelos firmes [Álvarez *et al.*, 2011]. El análisis de las categorías de bosques presentes en la EFIC como sumideros de carbono se presenta en la *Tabla 3*.

TABLA 3
Acumulación de carbono por categoría de bosque

<i>Formación</i>	<i>Biomasa (Mt)</i>	<i>Necromasa (Mt)</i>	<i>Suelo (Mt)</i>	<i>Total (Mt)</i>	<i>%</i>	<i>Promedio (t/ha)</i>
Productor	110,9	28,1	396,7	535,7	9,4	162,4
Prot. Ag./Suelos	1182,8	189,3	2684,9	4056,9	71,2	182,9
Protectores del litoral	398,0	56,5	648,1	1102,6	19,4	166,5
Total	1691,6	273,9	3729,6	5695,2	100,0	

Como se reporta en la literatura [Álvarez *et al.*, 2011], los bosques protectores de aguas y suelos de la EFIC también actúan como los sumideros de carbono principales del área con el 71 % (4056,9 Mt) del carbono acumulado. En el caso de los bosques protectores del li-

toral, ocupan el segundo lugar con el 19 % del carbono acumulado, considerando que no se está incluyendo el carbono retenido por el suelo de los manglares, lo que disminuye el potencial de acumulación de los mismos. En el patrimonio de la EFIC los bosques productores

solo almacenan el 9 % del carbono total de los bosques naturales del área.

La acumulación de 1523 Mt con que las plantaciones de la EFIC contribuyen como sumideros de carbono, recae fundamentalmente sobre las especies *Eucalyptus* sp. con un 40 % del total del carbono retenido. Cabe señalar que el 51 % de este carbono (307,34 Mt) es acumulado por el suelo de la plantación y solo el 46 % (277,79 Mt) proviene de la biomasa (Tabla 4). Otra especie que contribuye con este carbono acumulado es

Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* B. & G con el 35 % del carbono total. En esta especie ocurre lo contrario que con el eucalipto en cuanto a la retención del carbono. En este caso el suelo de la plantación solo contribuye con el 17 % (90,88 Mt) del carbono acumulado, mientras que la biomasa retiene el 81 % (440,19 Mt). El resto (2 %) se encuentra en la necromasa. Otras dos especies como *Casuarina equisetifolia* (Linn.) Forst. y *Albizzia* sp. contribuyen con el 16 %, mientras las restantes acumulan hasta un 7 %.

TABLA 4

Acumulación de carbono por especie en las plantaciones establecidas

Especie	Biomasa (Mt)	Necromasa (Mt)	Suelo (Mt)	Total (Mt)	%	Promedio (t/ha)
<i>Eucalyptus</i> sp.	277,79	21,32	307,34	606,45	39,82	242,70
Pino macho	440,19	9,83	90,88	540,90	35,52	476,14
Casuarina	51,30	5,28	76,19	132,77	8,72	214,36
<i>Albizzia</i> sp.	44,03	5,60	80,68	130,31	8,56	198,67
Caoba de Honduras	3,74	1,31	18,87	23,92	1,57	155,90
Roble blanco	1,60	1,12	15,42	18,14	1,19	144,67
Teca	5,59	0,52	7,24	13,36	0,88	226,81
Majagua sp.	4,23	0,47	6,89	11,59	0,76	207,05
Caoba antillana	4,19	0,49	6,85	11,53	0,76	206,95
Ipil-ipil	2,99	0,34	4,96	8,28	0,54	205,58
Soplillo	0,59	0,34	5,12	6,05	0,40	145,52
Algarrobo del país	0,41	0,27	3,95	4,63	0,30	144,21
Dagame	2,55	0,13	1,92	4,60	0,30	295,10
Caoba africana	0,80	0,19	2,67	3,65	0,24	168,31
Cedro	0,46	0,08	1,09	1,63	0,11	182,82
Yarúa	0,12	0,07	0,97	1,17	0,08	147,61
Acacia	0,22	0,06	0,79	1,06	0,07	165,55
Roble sp.	0,40	0,02	0,31	0,73	0,05	291,93
Bambú	0,07	0,04	0,57	0,68	0,04	146,91
Ocuje	0,27	0,02	0,23	0,52	0,03	276,26
Gmelina	0,07	0,02	0,31	0,39	0,03	157,99
Mangle rojo	0,03	0,01	0,18	0,23	0,01	151,06
Marañón	0,01	0,01	0,16	0,18	0,01	140,42
Azulejo	0,01	0,01	0,11	0,13	0,01	145,98
Palma real	0,02	0,00	0,06	0,09	0,01	173,66
Total	841,69	47,55	633,75	1523,00	100	

Si asumimos que en un lapso de 10 años la EFIC mantiene un manejo similar en las áreas que administra, podemos decir que la misma mantendría, según el indicador de manejo sos-

tenible [Herrero *et al.*, 2005], una calificación de sobresaliente en cuanto a la contribución a la reducción del incremento del efecto invernadero y a la estabilización del cambio climático.

En este período el carbono retenido en la EFIC variará de 7454,7 Mt en 2012 a 13 882,5 Mt en 2022, aumentando su potencial de retención en 6428,8 Mt, con un promedio anual de 1388,25 Mt. No obstante, podemos decir que la contribución

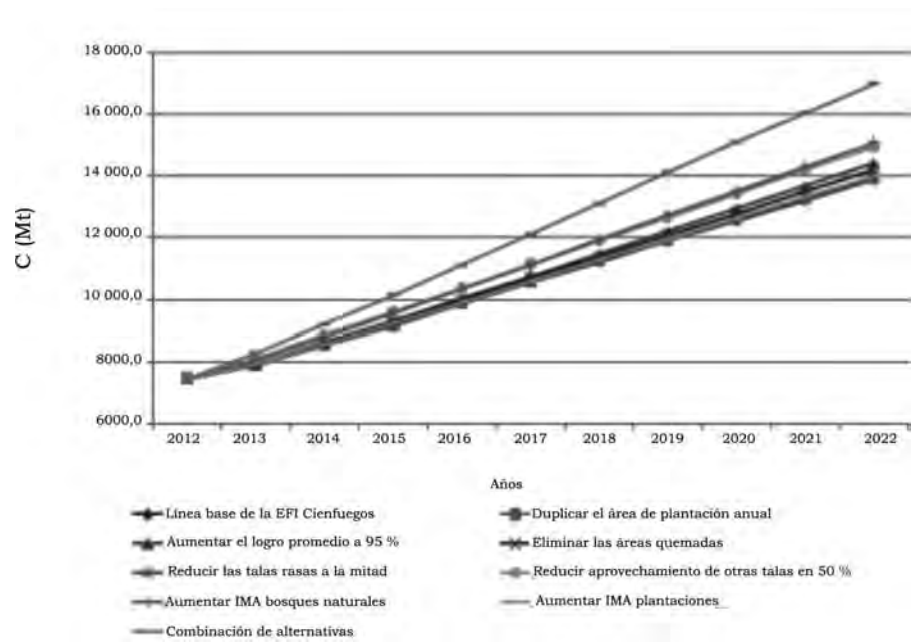
de los bosques naturales sería la que se incrementaría y mantendría esta calificación de la empresa. En caso de las plantaciones en desarrollo, se mantendría constante. Los demás indicadores decrecen dentro del periodo (Tabla 5).

TABLA 5
Variación general del carbono retenido (MtC) por cada componente de la línea base

Variables	Años										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Áreas info-restales	101,0	99,2	97,5	95,8	94,1	92,5	90,9	89,3	87,7	86,0	84,4
Áreas por reforestar	125,9	120,1	114,3	108,4	102,6	96,8	91,0	85,2	79,4	73,6	67,8
Plantac. en desarrollo	9,8	11,5	13,2	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Plantac. es-tablecidas	1523,0	1463,2	1402,7	1341,6	1296,9	1252,3	1207,8	1163,6	1119,5	1075,5	1031,8
Bosques na-turales	5695,2	6211,8	6930,9	7650,0	8369,1	9088,1	9807,2	10526,3	11245,4	11964,5	12683,5
Total	7454,7	7905,8	8558,6	9210,8	9877,7	10544,7	11212,0	11879,4	12546,9	13214,6	13882,5

Aun cuando la EFIC mantenga su calificación de sobresaliente, debe hacer un análisis del potencial de retención de carbono reflejado en su línea base para identificar qué actividades influyen positiva o negativamente en su plan de retención de carbono en el período, para planear una estrategia de mitigación que mejore el balance presente y futuro de carbono en su patrimonio.

De las alternativas valoradas, se recomienda aumentar el incremento medio anual (IMA) de los bosques naturales en 1 m³/ha/año y reducir en un 50 % el aprovechamiento por otras talas como fundamentales (6 % y 5 %, respectivamente, de mejora con relación a la línea base), o una combinación de alternativas (15 % de mejora) (Fig. 2).



Sin embargo, la elección de la alternativa de mitigación adecuada a seguir estaría en dependencia no solo de su efecto sobre las emisiones de carbono, sino también de los costos en los que incuriría la EFIC para poder llevarla a cabo. Aun cuando el aumento del IMA de los bosques naturales en 1 m³/ha/año resulta ser la alternativa más prometedora, la misma no conduce a la empresa a una elevación inmediata del nivel de retención de carbono en su patrimonio, ya que para alcanzarlo sería necesario desplegar una serie de actividades [Álvarez *et al.*, 2011] que harían palpable tal efecto a partir del cuarto año de su ejecución. Sin embargo, una combinación de las alternativas como reducir el aprovechamiento de otras talas en un 50 % y eliminar las áreas quemadas, podrían redundar en una mejora de la retención de carbono del 7 % (220 Mt), pudiéndose observar al siguiente año de implementada. Si consideramos que anualmente el promedio de áreas quemadas es de 126 ha y de ellas el 90 % corresponde a áreas de plantaciones establecidas y en desarrollo, podríamos decir que la EFIC evitaría que se quemaran 113 ha de plantaciones de su patrimonio, resultado ambiental que la empresa podría añadir al éxito de su gestión productiva [Ajete *et al.*, 2006].

CONCLUSIONES

- La EFIC acumula en su año base unas 7454,7 Mt de carbono, donde los bosques naturales y las plantaciones establecidas son los componentes del patrimonio que más aportan a su línea base.
- Del total de carbono acumulado, el 61 % proviene del carbono en el suelo y el 34 % de la biomasa.
- Las especies que más aportan son *Eucalyptus* sp. con un 40 % y *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* B. & G. con el 35 % del total del carbono retenido.
- Para un período de 10 años se prevé que la línea base de la EFIC aumente su retención en 6427,8 Mt de carbono, principalmente del carbono acumulado por los bosques naturales.

- Se recomiendan como alternativas para aumentar el potencial de retención de carbono, aumentar el IMA de los bosques naturales en 1 m³/ha/año y reducir en un 50 % el aprovechamiento por otras talas como fundamentales, o una combinación de alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajete, A., *et al.* 2006. Mitigación del cambio climático por concepto de fijación de CO₂ en los bosques de la EFI Baracoa, provincia de Guantánamo: Segunda aproximación. Revista Forestal Baracoa (CU) 25(2): 43-50.
- Álvarez, A., Mercadet, A. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0 hasta v2.14. Informe Final del 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. La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. 8 p.
- Álvarez, A., *et al.* 2011. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 248 p.
- Barker, T., *et al.* 2007. Technical Summary. In Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 103 p.
- Cordero Miranda, E.M., Mercadet, A., Álvarez, A., Rodríguez, O. 2004. Estudio de caso sobre la mitigación del cambio climático por los bosques. La EFI Mayabeque de provincia Habana: Segunda aproximación. Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, Año 4, No. 6.
- Dirección Nacional Forestal? (DNF). 2006. Proyecto de Ordenación. Información digital del proyecto de ordenación de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos. EFIC, Cienfuegos, Cuba. 63 p.
- Dirección Nacional Forestal? (DNF). 2012. Dinámica de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba. 22 p.
- Herrero, J.A., *et al.* 2005. Criterios e indicadores de manejo forestal sostenible. Una visión de futuro. La Habana. AGRINFOR. 55 p.
- Hernández, A., Caballero, L., Álvarez, A., Mercadet, A. 2012. Retención de carbono por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Villa Clara. Primera aproximación. Revista Forestal Baracoa (CU) 31(1): 41-50.
- Mercadet, A., *et al.* 2006. Remoción de carbono por el patrimonio forestal cubano: la Empresa Forestal Integral Ciego de Ávila. Revista Forestal Baracoa (CU) 34(1): Enero-Junio.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Andrés Hernández Riquene

Máster en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales, investigador agregado del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, trabaja en la temática de Aprovechamiento forestal y cambio climático. Profesor instructor, ha impartido cursos de Aprovechamiento Forestal, principalmente en el uso de los Sistema de Información Geográfica en la actividad forestal. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Patentes

- Uso de bioestimulantes en la resinosis inducida.

Otras ofertas

- Turismo científico.
- Posturas forestales y frutales.
- Literatura científica y materiales informativos.
- Semillas forestales.
- Aceite trementina, colofonia.