

RETENCIÓN DE CARBONO POR EL PATRIMONIO FORESTAL DE LA EMPRESA AGROFORESTAL MACURIJES, PINAR DEL RÍO, CUBA

CARBON SEQUESTRATION BY MACURIJES AGRO-FORESTRY ENTERPRISE PATRIMONY, PINAR DEL RÍO PROVINCE, CUBA

M.Sc. YAUMARA MIÑOSO-BONILLA, ING. YOSVANI FLEITAS-CAMACHO Y TÈC. RAÚL RAMOS-RAMOS

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Viñales.
Km 20, Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba, yaumara@vinales.inaf.minag.cu

RESUMEN

Se evalúa el potencial de retención de carbono del patrimonio de la Empresa Agroforestal Macurijes, ubicada en la provincia de Pinar del Río. Tomando como base el sistema automatizado Sumfor v. 2.16 y los datos del Proyecto de Ordenación Forestal para 2014, así como los datos de superficie y volumen en pie de sus áreas, se determinó la capacidad de retención de carbono y la proyección de una línea base de retención de carbono para un período de 10 años. La empresa constituye un sumidero de carbono al retener 17 176,3 Mt en el año base equivalente a la remoción de 62 979,76 Mt de CO₂, con el mayor protagonismo las plantaciones establecidas y los bosques naturales. Se valoraron alternativas de mitigación, resultando las más promisorias aumentar el incremento medio anual de los bosques naturales y las plantaciones y duplicar la superficie anual de plantación.

Palabras claves: bosques, retención, carbono, alternativas de mitigación.

ABSTRACT

The potential of carbon retention is evaluated in the forests of "Macurijes" Agro forestry Enterprise patrimony, located in Pinar del Río, Cuba. Taking as a base the automated system SUMFOR v. 2.16 and data from the Forest Ordination Project, year 2014, as well as surface and volume data in plantations and natural forests, the capacity of carbon retention was determined corresponding to (2014) and the projection of a base line of carbon retention for 10 years. The enterprise constitutes an important drain of carbon when retaining 17 176, 3 Mt in 2014 equivalent to the removal of 62 979, 76 Mt of CO₂, having in this removal the biggest protagonism the established plantations and the natural forests. Mitigation alternative were also valued being the most promissory the increase of increments of natural Forests and plantations and to duplicate the annual surface of plantation.

Key words: forests, retention, carbon, mitigation alternatives.

INTRODUCCIÓN

La posibilidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la actividad forestal y el potencial para aumentar el secuestro de carbono, aumenta la importancia del sector forestal y su participación en las medidas orientadas a mitigar los efectos del cambio climático, según lo estipulado en el Protocolo de Kyoto (Makundi *et al.*, 1998, cita-

do por Álvarez *et al.*, 2011), pues la fijación de carbono mediante la actividad forestal está en función de la acumulación y almacenamiento en la biomasa; por lo tanto, cualquier actividad práctica de ordenación que modifique la cuantía de la biomasa existente en una zona influye en su capacidad de almacenar o fijar carbono (Moura, 2001, citado por Álvarez *et al.*, 2011).

El sector forestal cubano constituye el único sumidero neto de carbono identificado en el país (Centella, Llanes y Paz, 2001, citados por Álvarez *et al.*, 2011), razón por la cual la determinación de la capacidad actual y futura de retención de carbono por las empresas agro-forestales (año y línea bases de carbono), así como la evaluación de alternativas que les permitan aumentarla (estrategia de mitigación), constituyen un objetivo de importancia para el sector, dado que estas empresas administran el 60 % del patrimonio forestal nacional, y los resultados que se alcancen en tal sentido contribuyen al cumplimiento de las obligaciones contraídas por Cuba, como parte del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) .

El objetivo de este estudio es evaluar la contribución del patrimonio forestal de la Empresa Agroforestal Macurije a la mitigación del cambio climático conociendo el potencial de retención de carbono de su patrimonio, contribuyendo con ello al cumplimiento de los compromisos contraídos por Cuba ante el CMNUCC, así como a la preparación del programa de Enfrentamiento al Cambio Climático de la Empresa Agroforestal Macurije orientado por el Minag.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa Agroforestal (EAF) Macurije pertenece a la región más occidental de la provincia de Pinar del Río, Cuba, abarcando parte de los territorios de los municipios de Guane y Mantua. Sus límites geográficos son los siguientes: al noreste con el municipio de Minas de Matahambre, y con el litoral costero desde la Ense-

nada de Baja hasta la Ensenada de Garnacha; al este con el municipio de San Juan y Martínez; al sur con el municipio de Sandino y al sureste con el litoral del Golfo de México comprendido entre las desembocaduras de los ríos Cuyagua-teje y Puercos. Cuenta con un patrimonio de 88 466,6 ha. La superficie total de la empresa está dividida en dos unidades silvícolas con cuatro Unidades Básicas de Producción Forestal (UBPF) cada una, las cuales se dedican a la silvicultura y el aprovechamiento. En la *Tabla 1* se muestra la composición de su patrimonio.

Como fuente de información se utilizó la información del Proyecto de Ordenación de la mencionada empresa correspondiente a 2014, y del mismo los datos referidos a las superficies y volúmenes de madera en pie existentes en las plantaciones, por especie y en sus bosques naturales. Tomando como base el sistema automatizado Sumfor v. 2.16 desarrollado por Álvarez y Mercadet (2008), se realizaron simulaciones sobre los posibles efectos que en la retención de carbono podían originar algunas alternativas de mitigación, consistentes en:

- Eliminar las áreas afectadas por incendios.
- Aumentar el incremento medio anual de los bosques naturales en $1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.
- Aumentar el incremento medio anual de las plantaciones en $1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.
- Duplicar la superficie anual de plantación.

Los valores alcanzados por cada alternativa fueron comparados anualmente con los de la línea base, acumulándose los resultados alcanzados durante los 10 años, seleccionándose como la alternativa técnicamente mejor a la que mayor acumulado alcanzó, convirtiéndose así en la estrategia de mitigación a recomendar.

Tabla 1. Composición del patrimonio de la Empresa Agroforestal Macurije

Superficie de bosques naturales (ha)	35 935,2
Superficie de plantaciones establecidas (ha)	39 514,9
Superficie de plantaciones en desarrollo (ha)	2144,4
Superficie por reforestar (ha)	7341,2
Sin marabú (< 50 %) (%)	80
Con marabú (≥ 50 %) (%)	20
Superficie de ciénagas (ha)	426,6
Superficie de pastizales (ha)	172,6
Superficie de tierras agrícolas (ha)	221,5
Superficie de otras áreas inforestales (ha)	2709,4

La gestión técnica de la empresa se describe en la *Tabla 2*:

Tabla 2. Gestión técnica de la EAF Macurije

Superficie promedio anual de plantación (ha)	632,4
Logro promedio de las plantaciones (%)	100,0
Superficie promedio anual de áreas quemadas (ha)	77,5
Áreas quemadas en zonas inforestales (%)	0,0
Áreas quemadas en zonas por reforestar (%)	0,0
Áreas quemadas en plantaciones en desarrollo (%)	7,7
Áreas quemadas en plantaciones establecidas (%)	88,4
Áreas quemadas en bosques naturales (%)	3,9
Volumen promedio anual extraído por raleos (m³)	13 078,4
Raleos en plantaciones (%)	100,0
Raleos en bosques naturales (%)	0,0
Superficie promedio anual de talas rasas (ha)	635,5
Talas rasas en plantaciones (%)	100,0
Talas rasas en bosques naturales (%)	0,0
Volumen promedio anual extraído por otras talas (m³)	21 059,9
En plantaciones establecidas (%)	100,0
En bosques naturales (%)	0,0
Incremento medio anual de los bosques naturales (m³/ha/año)	2,2
Incremento medio anual de las plantaciones (m³/ha/año)	5,6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El carbono retenido por las plantaciones establecidas y los bosques naturales se detallan a continuación.

Plantaciones establecidas

En lo que a las plantaciones establecidas se refiere, estas retienen un total de 9349 Mt de carbono, el que se desglosa por especie en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Acumulación de carbono por especie en las plantaciones establecidas

No.	Especie	Biomasa, necromasa y suelo	Promedio (t/ha)
1	<i>Acacia mangium</i>	23,2	253,1
2	<i>Albizia falcata</i>	0,3	136,4
3	<i>Switenia macrophylla</i>	4,4	154,3
4	<i>Cedrela odorata</i>	4,6	157,9
5	<i>Cocus nucifera</i>	1,1	131,5
6	<i>Eucalyptus</i> sp.	2136,7	263,1
7	<i>Leucaena leucocephala</i> var. <i>gigante</i>	0,3	144,1
8	<i>Hibiscus elatus</i> .	14,7	212,2
9	<i>Rhizophora mangle</i>	121,2	228,8
10	<i>Anacardium occidentale</i>	19,1	196,8
11	<i>Calophyllum antillano</i>	9,3	297,8

12	<i>Sabal palmetto</i>	7,3	269,5
13	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	623,4	219,8
14	<i>Pino caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	6275,8	231,2
15	<i>Tectona grandis</i>	3,4	189,9
16	<i>Andira inermis</i>	2,0	184,1
17	Otras especies	102,8	218,3
	<i>Total</i>	9349,6	205,22

Las plantaciones establecidas han aportado 9349,6 Mt de carbono al potencial de la empresa para 2014, con un promedio de 205,22 t/ha, estando representada la mayor cuantía de esta retención en la biomasa y suelos.

Bosques naturales

Por formación natural

La mayor cantidad de carbono de estas formaciones naturales está almacenada en la biomasa y los suelos con valores de 3932,5 y 2834,2 Mt, respectivamente (Tabla 4).

De las ocho formaciones naturales reportadas por la empresa, los manglares son los que menores niveles de retención promedio de carbono reportan debido a que se excluye el cálculo de carbono en el suelo para esta formación, dado que una parte importante, pero no precisada de ella, se encuentra en el agua, mientras que los bosques semicaducifolio ácido y semicaducifolio calizo obtuvieron superiores retenciones promedio de carbono, secundados por los pinares y el bosque xerófilo de mogote (Tabla 4).

Tabla 4. Carbono retenido por los bosques naturales

No.	Formación	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Promedio (t/ha)
1	Encinar	2,0	0,3	4,7	7,0	183,9
2	Manglar	1265,4	80,6	0,0	1345,9	142,5
3	Manigua costera	0,3	0,1	1,0	1,3	164,9
4	Pinar	1255,4	84,7	789,8	2130,0	215,7
5	Semicaducifolio ácido	1018,9	100,4	1447,1	2566,4	218,1
6	Semicaducifolio calizo	214,5	20,4	294,5	529,3	221,1
7	Semicaducifolio mal drenaje	3,4	0,5	6,7	10,6	193,5
8	Xerófilo mogote	172,6	20,1	290,4	483,2	204,6
	Total	3932,5	307,1	2834,2	7073,7	193,04

Por categoría

Estas categorías de manejo retienen en sus bosques 199,02 t/ha estando retenida la mayor cantidad de carbono en la biomasa y el suelo,

con valores de 3932,4 y 2834,2 Mt, respectivamente, con los mayores valores de carbono total retenido y promedio en los bosques protectores de agua (Tabla 5).

Tabla 5. Retención de carbono por categoría (Mt)

No.	Categoría	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Promedio (t/ha)
1	Productor	1245,6	84,2	787,0	2116,9	215,6
2	Prot. Ag./Suelos	1362,5	136,5	1967,4	3466,3	216,7
3	Prot. Litoral	1264,0	80,5	1,0	1345,5	142,6
4	Manejo Espec.	42,5	3,8	48,8	95,0	215,6
5	Recreativo	17,8	2,1	30,0	49,9	204,6
	Total	3932,4	307,1	2834,2	7073,6	199,02

Áreas por reforestar

Carbono retenido por las áreas por reforestar

El patrimonio de la empresa para 2014 poseía 7341,2 ha por reforestar, de las que 5872,96 se encontraban libres de marabú, y otras 1468,24 cubiertas con dicha especie. La vegetación y el suelo presentes en las áreas por reforestar aportan un total de 410,3 Mt de carbono.

Áreas inforestales

La empresa contaba con un total de 3530,1 ha de área inforestal en 2014. Para el cálculo se consideraron los datos de los territorios que comprendían pantanos, pastizales, tierras agrícolas y otras tierras inforestales que representan el mayor porcentaje del total de áreas inforestales, preservándose en ellas un total de 317,28 Mt de carbono retenido, desglosado en la *Tabla 6*.

Tabla 6. Carbono retenido por las áreas inforestales

Áreas inforestales	Superficie inforestal (ha)	Porcentaje que representa	Biomasa (Mt)	Suelo (Mt)	Total (Mt)
Ciénagas	426,6	12,08	2,36	35,96	38,32
Pastizales	172,6	4,89	0,95	14,56	15,51
Tierras agrícolas	221,5	6,27	1,23	18,67	19,9
Otras áreas inforestales	2 709,4	76,76	15,04	228,51	243,55
Total	3530,1	100	19,6	297,7	317,28

Los resultados de la estimación del carbono retenido por los principales componentes del patrimonio forestal de la empresa para el año base se muestran en la *Tabla 7*. El patrimonio de la empresa retiene un total de 17 176,3 Mt,

lo que este equivale a una remoción de 62 979,76 Mt de CO₂ de la atmósfera. Las mayores cuantías se encuentran retenidas en la biomasa y en el suelo con 3932,5 y 2834,2 Mt, respectivamente.

Tabla 7. Retención de carbono (Mt) por componente del patrimonio de la EAF Macurije

Tipo de bosque (depósito de carbono)	Empresa (Mt)
Plantaciones establecidas	9349,4
Plantaciones en desarrollo	25,5
Bosques naturales	7073,7
Área por reforestar	410,2
Área inforestal	317,4
Empresa	17 176,3

Variación temporal del carbono retenido (MtC) por cada componente de la línea base en la EAF Macurije. 2014-2024

Si la Empresa Macurije mantiene en los próximos 10 años un patrimonio y una gestión técnica similares a las de 2014, y considerando el desarrollo futuro de las plantaciones y bosques naturales existentes en este año,

la proyección de la evolución temporal de la línea base de retención de carbono y de sus componentes para el período 2015-2024 quedaría como se muestran en la *Tabla 8* y en el *Gráfico*.

Tabla 8. Línea base de retención de carbono y su composición por variables (MtC)

Variables (Mt)	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Á. inforestales	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4	317,4
Á. a reforestar	410,2	414,7	419,2	423,7	428,2	432,7	437,2	441,8	446,3	450,8	455,3
P. en desarrollo	25,5	24,5	23,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
P. establecidas	9349,4	9345,5	9341,7	9337,9	9313,8	9288,7	9262,7	9235,9	9208,1	9179,4	9149,8
B. naturales	7073,7	7269,6	7465,5	7661,3	7857,1	8052,9	8248,7	8444,4	8640,1	8835,7	9031,3
Total	17 176,3	17 371,8	17 567,4	17 763,0	17 939,1	18 114,3	18 288,6	18 461,9	18 634,3	18 805,8	18 976,3

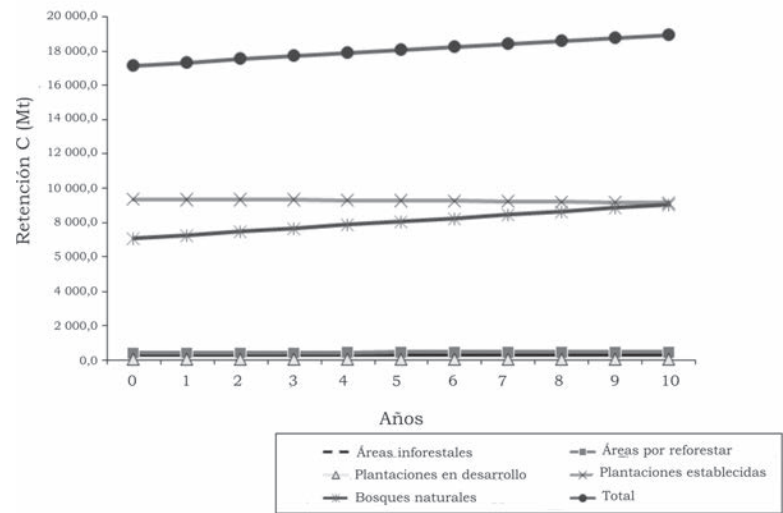


Gráfico. Línea base de carbono. Empresa Agroforestal Macurije (periodo 2014-2024).

En un plazo de 10 años la empresa aumentará su retención total de carbono a 18 973,3 Mt con una media anual de unas 1897,33 MtC, en tanto que los componentes que mayor aporte harán a ese aumento serán las plantaciones establecidas y los bosques naturales, que en 2024 representarán el 48,22 % y el 47,59 % del carbono total retenido, respectivamente. En

el caso de las plantaciones establecidas puede observarse la disminución en el aporte a la cantidad de carbono retenido debido a que se descuentan anualmente las superficies de talas rasas quemadas anualmente.

Alternativas de mitigación

Los resultados de las alternativas de mitigación evaluadas se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Alternativas de mitigación evaluadas

Años	Línea base	Eliminar los incendios forestales	Aumentar el IMA de los BN en 1 m³/ha/año	Aumentar el IMA de las plantaciones en 1 m³/ha/año	Duplicar la superficie de plantación anual
Base	17 176,2539	17 176,33	17 176,25	17176,25	17 176,25
1	17 371,7954	17 386,61	17 461,11	17455,68	17 343,98
2	17 567,3701	17 597,92	17 745,99	17735,16	17 511,75
3	17 762,9684	17 810,14	18 030,88	18 014,69	17 679,54
4	17 939,1267	18 003,74	18 296,32	18 274,11	17 977,26
5	18 114,3413	18 197,45	18 560,79	18 532,24	18 281,58
6	18 288,6139	183 914	18 824,31	18 789,11	18 592,57
7	18 461,9465	18 584,52	19 086,87	19 044,70	18 910,32
8	18 634,3408	18 778,13	19 348,48	19 299,03	19 234,92
9	18 805,7987	18 971,61	19 609,14	19 552,09	19 566,45
10	18 976,3222	19 165,00	19 868,85	19 803,89	19 904,99

Indican que las opciones más prometedoras para que la empresa aumente la retención de carbono consisten en desarrollar un programa de manejo silvícola de sus bosques naturales y sus plantaciones con vistas a elevar en $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ el rendimiento que presentan en 2014 y duplicar la superficie promedio anual de plantación al tener en el año base 7341,2 ha de áreas por reforestar, lo cual le permitiría acumular 892,54 Mt, 827,57 Mt y 928,67Mt por encima de la línea base respectivamente.

- La línea base definida para un período de 10 años permitirá evaluar anualmente el comportamiento del carbono retenido por el patrimonio de la entidad y adoptar las medidas para incrementarlo.
- Las alternativas de mitigación más promisorias desde el punto de vista ambiental son las relacionadas con aumentar el incremento medio anual de los bosques naturales y las plantaciones y duplicar la superficie anual de plantación.

CONCLUSIONES

- El patrimonio de la Empresa Agroforestal Macurije constituye un sumidero importante de carbono al acumular 17 176,3 Mt, constatándose su contribución a la mitigación del cambio climático.
- Las plantaciones establecidas aportan mayor retención de carbono al retener un total de 9349,4 Mt de carbono seguido de los bosques naturales con una retención de 7073,7 Mt.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., Mercadet, A. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Informe 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. 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. Cuba. 248 p.
- Puentes M., col (2015) Proyecto de Ordenación Forestal, Empresa Agroforestal Macurijes.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Yaumara Miñoso-Bonilla

Máster en Investigación Forestal, Investigadora Agregada de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales, su labor investigativa se ha desarrollado en los temas de Cambio Climático en el Sector Forestal, Conservación de Especies Amenazadas. Ha impartido docencia en la enseñanza superior en la temática de Etnobotánica. Ha participado en eventos nacionales e internacionales. Ha dirigido proyectos de Investigación-Desarrollo y Servicios Científico-Técnicos.