

## PROPUESTA DE OPCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL BARACOA

### PROPOSAL OF MITIGATION OPTIONS FOR GAS EMISSIONS GREENHOUSE EFFECT FOR THE INTEGRATED INTERPRISE FORESTRY BARACOA

DRA. ARLETY AJETE-HERNÁNDEZ<sup>1</sup>, DRA. ALICIA MERCADET-PORTILLO<sup>2</sup> Y DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones-Agroforestales. UCTB Baracoa. Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, Cuba, eefbaracoa@forestales.co.cu

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Forestales (INAF). UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no.1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

#### RESUMEN

A partir de un estudio de retención de carbono ya existente para la Empresa Forestal Integral (EFI) Baracoa, se acomete una simulación de modificaciones del manejo de sus recursos forestales para incrementar el potencial de retención de carbono como opciones de mitigación que permitan a esta entidad contribuir con la disminución del CO<sub>2</sub> atmosférico y viabilizar el aumento de su retención de carbono. Fueron simuladas un total de siete alternativas, mostrando que las opciones más factibles para que la empresa aumente la retención de carbono por encima de la línea base consisten en duplicar el área de plantación anual y aumentar el IMA en volumen de madera en las plantaciones y en los bosques naturales en 1 m<sup>3</sup>/ha/año, identificándose esta como la mejor alternativa de la gestión técnica para aumentar el carbono retenido, que de cumplirse la misma le permitiría alcanzar al final del período una acumulación adicional de carbono superior a las 6000,00 ktC.

Palabras claves: Línea base, carbono, emisiones, cambio climático, mitigación

#### ABSTRACT

Starting from a study of retention of carbon already existent for the Integral Forest Enterprise (EFI) Baracoa a simulation of modifications of the handling of its forest resources is attacked to increase the potential of retention of carbon like mitigation options that allow to this entity to contribute with the decrease of the atmospheric CO<sub>2</sub> and to facilitate the increase of its retention of carbon. They were simulated a total of seven alternatives, showing that the most feasible options so that the company increases the retention of carbon above the line it bases they consist on to duplicate the area of annual plantation and to increase the IMA in wooden volume in the plantations and in the natural forests in 1 m<sup>3</sup>/ha/año, being identified this as the best alternative in the technical administration to increase the retained carbon that of being completed the same one, it would allow him to reach at the end of the period an additional accumulation of superior carbon to the 6000,00 ktC.

Key words: Line bases, carbon, emissions, change climatic, mitigation

#### INTRODUCCIÓN

Para cualquier país los bosques constituyen una fuente de riqueza, por lo que deben cuidarse y protegerse de manera racional, por el papel tan importante que pueden desempeñar en la economía y en la vida del pueblo (Bisse, 1988).

Para Cuba, estos constituyen un recurso estratégico de la nación, tanto por su producción

de bienes materiales como por sus servicios ambientales, por lo que en el Programa Nacional Forestal se trazan objetivos de vital importancia no solo para el sector forestal, sino también para el país, debido a que los bosques tienen, además de su connotación económica, relevantes repercusiones sobre los servicios ambientales, en especial aquellos

relacionados con la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo, la calidad de las aguas y la regulación del clima, indicando la necesidad de conservar la biodiversidad y establecer medidas para la adaptación y mitigación al cambio climático.

Desde diferentes perspectivas los árboles han adquirido una importante atención a escala global; ellos, como todas las plantas verdes, utilizan CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis, por lo que se propone la reforestación como medio de contrarrestar el aumento de los GEI en la atmósfera, pues ellos son capaces de contener alrededor del 75 % del carbono natural presente en los ecosistemas (Sarre, 1994), y aunque el balance de remoción-emisión es mayor cuando se desarrollan (la absorción es mayor en los primeros años, decreciendo a medida que alcance su madurez), siempre continúan removiendo este gas, y con el tiempo actúan como almacén de carbono, y por ello se les considera una vía factible para la mitigación temporal, pues el carbono contenido es una porción no emitida a la atmósfera.

Por esta razón, a la par de los estudios de impactos, se ha despertado un gran interés sobre el potencial de los bosques para captar y retener carbono, siendo considerada esta fijación como un servicio ambiental, surgiendo así la necesidad de contar con la información básica sobre la fijación de carbono en los diferentes almacenes y/o depósitos de los bosques para proponer medidas viables dirigidas a la mitigación del cambio climático.

La Empresa Forestal Integral (EFI) Baracoa es el tenente principal del patrimonio forestal del municipio de Baracoa y proyecta el manejo de sus recursos arbóreos a través de un Proyecto de Ordenación, el cual no cuenta dentro de los manejos recomendados para alcanzar una mejor sostenibilidad, con normas para viabilizar el aumento de su retención de carbono como medida de mitigación, lo que implicaría un manejo insuficiente de los recursos arbóreos de su patrimonio para alcanzar los objetivos económicos y este objetivo ambiental simultáneamente. Por ello el objetivo del presente trabajo es proponer acciones de mitigación que le permitan

a esta entidad contribuir con la disminución del CO<sub>2</sub> atmosférico a través de las opciones de mitigación a partir de un estudio de retención de carbono ya existente para la empresa, con lo cual además se pretende contribuir con datos y análisis más específicos a la información ya existente sobre captura de carbono y medidas de mitigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Características generales del territorio de la Empresa Forestal Integral Baracoa**

Según Rodríguez *et al.* (2009), la EFI Baracoa está ubicada en la parte norte del extremo más oriental de la provincia de Guantánamo, entre los 74°29'19" longitud oeste y los 20°19'55" latitud norte. Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con la EFI Imías, al este con la Empresa Municipal Agropecuaria (EMA) Maisí y al oeste con el Parque Nacional Alejandro de Humboldt. El manejo del patrimonio de la empresa es realizado a partir de la subdivisión de todo el territorio en cuatro unidades silvícolas: Cayo Güin, Los Cedrones, Baracoa y Combate de Sabanilla (*Fig. 1*).

Un 95 % de la superficie de la empresa es montañosa, con pendientes mayores del 15 %. Las alturas oscilan entre la cota cero y los 700 msnm, encontrándose las menores de 100 msnm en la franja costera. Existe una amplia cobertura de suelos que se clasifican según su génesis en nueve grupos genéticos: Ferrítico Rojo, Ferralítico Rojo, Ferralítico Amarillento, Fersialítico Rojo Parduzco, Fersialítico Pardo Rojizo, Pardo con Carbonato, Pardo sin Carbonato, Aluvial y Esquelético (Rodríguez *et al.*, 2009). La media de la temperatura para todo el territorio de la EFI Baracoa es de 26,80 °C, con precipitación promedio anual de 2000 mm (ONE, 2012).

Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático en las empresas forestales es imprescindible conocer el potencial de carbono con que cuenta las empresas en un año base determinado y la proyección de su línea base, por lo que para la realización de este trabajo se tomaron los resultados obtenidos por Ajete *et al.* (2014) para la EFI Baracoa (véase *Tablas 1 y 2*, respectivamente).

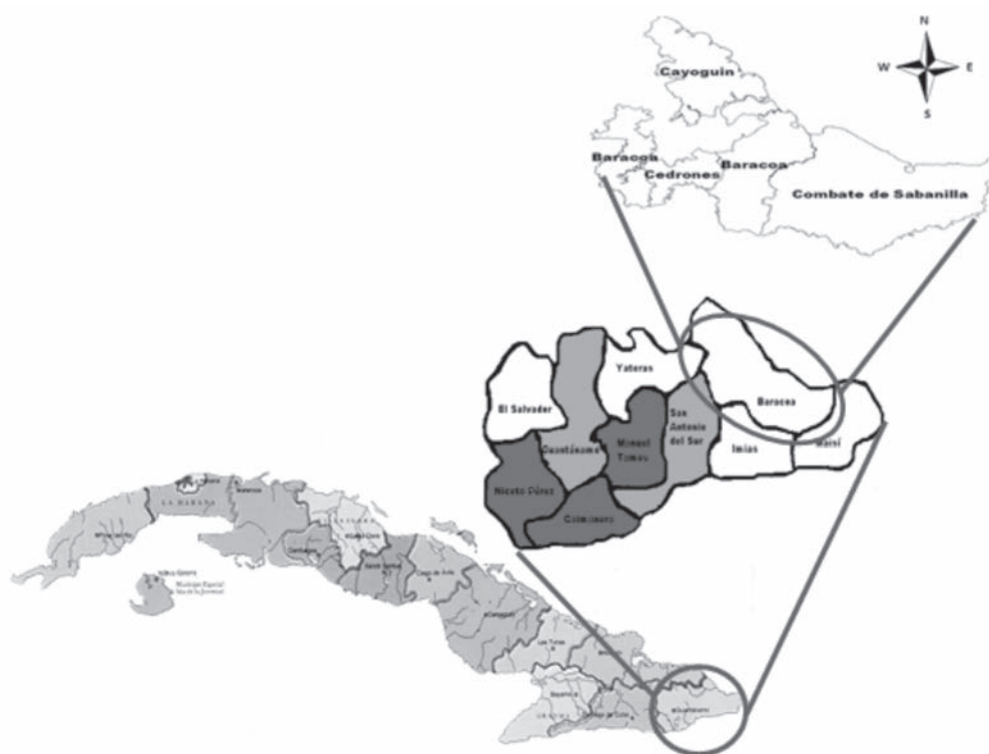


Figura 1. Ubicación de la EFI Baracoa (Fuente: Autor).

**Tabla 1. Estimación general del carbono retenido en la EFI Baracoa para el año base (2008)**

Tipo de bosque/ depósito de carbono	Área (ha)	B. total	Necrom.	Suelo	Total	Prom. (kt/ha)
		(kt)				
Plantaciones establecidas	5404,2	665,73	46,50	488,53	1200,76	0,22
Plantaciones en desarrollo	62,5	–	–	–	0,69	0,01
Bosques naturales	29 228,5	2400,84	249,67	3315,64	5966,15	0,20
Área por reforestar	607,1	9,11	–	23,07	32,18	–
Área inforestal	22,0	0,19	–	3,02	3,22	–
<b>Total</b>	<b>3434,6</b>	<b>3075,87</b>	<b>296,17</b>	<b>3830,26</b>	<b>7203,00</b>	<b>0,20</b>

B. total: Biomasa total, Necrom.: Necromasa, Prom.: Promedio.

**Tabla 2. Línea base de retención de carbono 2008-2018 y su composición por variables (kt) para la EFI Baracoa**

Componentes	Años					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Áreas por reforestar	32,18	10,49	13,23	16,97	18,70	21,44
Plantaciones en desarrollo	0,69	3,47	5,58	8,25	9,96	11,67
Plantaciones establecidas	1200,76	1316,56	1432,66	1549,06	1702,06	1875,98
Bosques naturales	5966,15	6205,96	6443,77	6682,58	6921,39	7160,20
<b>Total</b>	<b>7203,00</b>	<b>7538,70</b>	<b>7898,45</b>	<b>8259,08</b>	<b>8655,33</b>	<b>9071,51</b>

(Cont.)

Componentes	Años					
	2008	2014	2015	2016	2017	2018
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Áreas por reforestar	32,18	24,18	26,91	5,23	7,97	10,70
Plantaciones en desarrollo	0,69	13,38	14,57	11,19	7,82	4,97
Plantaciones establecidas	1200,76	2070,71	2292,16	2542,25	2823,90	3122,76
Bosques naturales	5966,15	7399,02	7637,83	7876,64	8115,45	8354,26
Total	7203,00	9510,50	9974,69	10 438,53	10 958,36	11 495,91

Empleando los mismos datos que fueron utilizados para la determinación del carbono y de la línea base, se simularon alternativas que propiciaran una mayor retención de carbono utilizando el sistema SUMFOR en su versión 2.14 (Álvarez y Mercadet, 2008). Se consideraron para ello siete opciones diferentes de modificación de la gestión técnica empresarial actual, con vistas a determinar los posibles efectos que ello pudiera producir sobre la retención de carbono, consistiendo las alternativas en:

- Duplicar el área de plantación anual.
- Elevar el logro promedio (superficie relativa con respecto al total inicialmente plantado, con un 60 % o más de supervivencia) de las plantaciones hasta el 95 %.
- Reducir las áreas afectadas por la ocurrencia de incendios.
- Reducir en un 50 % los aprovechamientos por talas rasas.
- Reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de talas.
- Aumentar el incremento medio anual (IMAV) de volumen de madera de las plantaciones en 1 m<sup>3</sup>/ha/año.
- Aumentar el incremento medio anual (IMAV) de volumen de madera de los bosques naturales en 1 m<sup>3</sup>/ha/año.

La retención de carbono producida por cada alternativa con respecto a la línea base fue estimada como el acumulado de las diferencias anuales registradas entre la alternativa y la línea base, y la comparación entre las retenciones de carbono del conjunto de alternativas permite identificar qué modificación de la gestión técnica empresarial actual generaría mayores adiciones a las retenciones de carbono inicialmente previstas por la línea base, seleccionándose aquellas alternativas que propician una mayor

retención de carbono las medidas de mitigación para la EFI Baracoa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Alternativa de gestión técnicamente más adecuada para aumentar el potencial de retención de carbono en la EFI Baracoa**

La *Fig. 2* revela los resultados de las alternativas de mitigación evaluadas, mostrando que las opciones más factibles para que la empresa aumente la retención de carbono por encima de la línea base consisten en duplicar el área de plantación anual y aumentar el IMA en volumen de madera en las plantaciones y en los bosques naturales en 1 m<sup>3</sup>/ha/año, siendo esta última la más prometedora (*Tabla 3*), que de cumplirse la misma le permitiría alcanzar al final del período una acumulación adicional de carbono superior a las 6000,00 ktC (6681,00 ktC).

Estimaciones generadas para cuatro EFI del país (Mayabeque, Victoria de Girón, Gran Piedra-Baconao y Santiago de Cuba) mostraron como mejor alternativa de mitigación el aumento del IMA en volumen de madera de sus bosques naturales, presentando los mayores IMA con valores comprendidos entre 5,2 y 6,0 m<sup>3</sup> • ha<sup>-1</sup> • año<sup>-1</sup> (Álvarez *et al.*, 2012). Sin embargo, aun cuando ha sido identificada la más prometedora alternativa de gestión técnica para la mitigación aumentando sus retenciones de carbono en el tiempo, no significa que tales resultados puedan siempre ser alcanzados de inmediato, pues si tal alternativa se implementara a partir del año siguiente al año base, prácticamente no es posible que de un año al siguiente la empresa logre tal modificación en más de 29 000 ha de bosques naturales con que cuenta, porque serán numerosas las hectáreas a tratar.

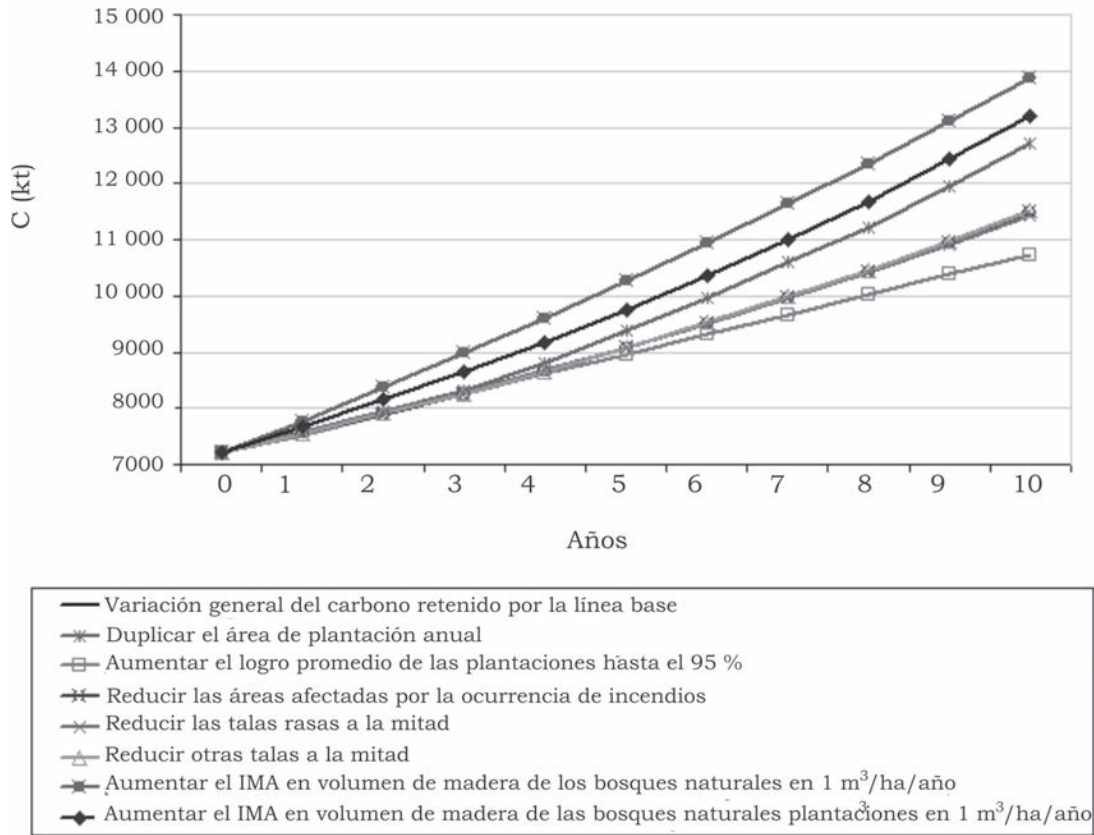


Figura 2. Alternativas de mitigación más prometedoras.

Otro aspecto a tener en cuenta es la serie de actividades silvícolas que es necesario desarrollar para alcanzar tal aumento, por lo que la alternativa deberá ser implementada poco a poco por la empresa, y en la medida en que se logre el aumento del IMA previsto por la simulación, la capacidad de retención de los bosques naturales irá en aumento.

### Propuesta de medidas de mitigación

Tomando en consideración la evaluación de las alternativas simuladas, se proponen las siguientes medidas de mitigación a considerar, las que tienen como objetivo común elevar la cantidad de biomasa existente por unidad de área y tiempo (toneladas/ha/año) en el patrimonio administrado por la empresa. Estas medidas se enfocaron en función de aumentar la remoción de carbono de la atmósfera, quedando formuladas como se exponen a continuación:

- Aumento de la superficie anual de plantaciones

A la par que quedaría cubierta el área por reforestar en menor período de tiempo, proporcio-

naría el incremento de las retenciones anuales de carbono, siendo recomendable el uso de especies con mayor retención de carbono por unidad de superficie (kt/ha), como es el caso de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb., especie de excepcional relevancia en la EFI Baracoa, la que además de presentar mayor proporción de biomasa incorporada, es la conífera endémica de la región, contribuyendo con esto a conservar la biodiversidad.

- Favorecer el aumento del IMA en volumen de madera de las plantaciones

En las áreas categorizadas como productoras, consiste fundamentalmente en la aplicación del manejo silvícola según corresponda para favorecer el crecimiento en diámetro y altura, aumentando con ello volumen y biomasa, lo que equivaldrá al aumento de la remoción y retención de carbono.

En áreas categorizadas como bosques protectores y bosques de conservación, cuya función principal no es la producción de madera, el aumento del carbono retenido se alcanzaría principalmente mediante el manejo que favorezca el aumento de

la cantidad de árboles por unidad de superficie, respetando los límites de densidad establecidos o por acciones que favorezcan la presencia de especies con mayor ritmo de crecimiento.

- Favorecer el aumento del IMA en volumen de madera de los bosques naturales

En los pinares naturales categorizados como productores, tomando en cuenta su situación específica inicial, el aumento de la biomasa debe incluir el manejo silvícola requerido que favorezca el incremento de la biomasa.

En bosques latifoliados con igual categoría, una alternativa sería la sustitución de especies de poco valor económico y/o lento crecimiento, por otras de mayor valor económico y mayores incrementos anuales, considerando las especies autóctonas, mientras que en el caso de rodales con baja densidad, se pudiera aplicar el enriquecimiento o la reconstrucción con especies de valor económico y rápido crecimiento.

En áreas categorizadas como protectoras o de conservación, cuya función principal no es la producción de madera, el aumento del carbono retenido se alcanzaría principalmente mediante acciones que favorezcan el aumento de la cantidad de árboles por unidad de superficie, respetando los límites de densidad o por medidas que favorezcan la presencia de especies con mayor ritmo de crecimiento.

La aplicación de las alternativas que contemplan el IMA en volumen de madera (para plan-

taciones y bosques naturales) son factibles técnicamente si se toma en consideración el índice de densidad del rodal; variable importante para predecir la forma, el crecimiento y supervivencia de los árboles, así como para incrementar la productividad forestal mediante el control de la competencia entre los árboles.

Si se ajusta el índice de densidad en los rodales con densidad superior e inferior a 0,7, valor límite establecido para la ejecución de los manejos según MINAG (1982), Suárez *et al.* (2002), aplicando los manejos silvícolas adecuados y en el tiempo establecido, se estaría contribuyendo al incremento en volumen de ese rodal, siendo este el mejor parámetro para expresar el incremento o crecimiento de un rodal (Imaña y Encinas, 2008).

En áreas categorizadas como productoras se puede aumentar la densidad del rodal hasta 0,7, según Almenares (2014), Jiménez (2014), y en los bosques categorizados como protectores o de conservación, este incremento puede ser superior, pues no se afecta el objetivo del aérea.

En la EFI Baracoa se reportan, según Rodríguez *et al.* (2009), un total de 421 rodales, y de estos el 78 % presentan densidades inferiores a 0,7, el 11 % con valores superiores (*Fig. 3a*). Del total de rodales con densidad inferior a 0,7, el 49 % están representados por los bosques productores, y un 28 % por los bosques protectores o de conservación (*Fig. 3b*).

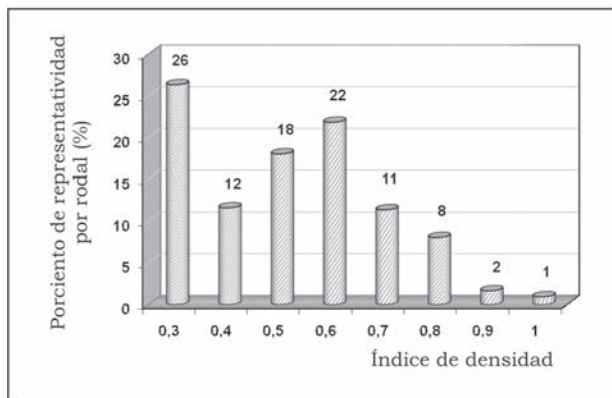


Figura 3a.

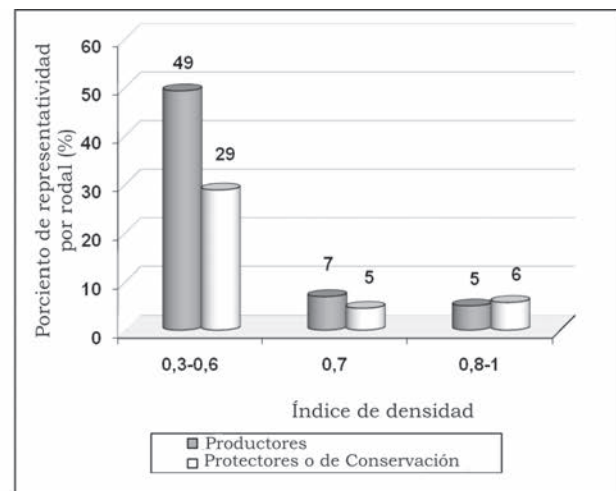


Figura 3b.

Figura 3. Información basada en datos reportados por Rodríguez *et al.* (2009). \*Densidad óptima: 0,7: MINAG (1982), Suárez *et al.* (2002): a) Resumen de la densidad por rodales; b) Estado de la densidad por categorías de manejo.

Las acciones previstas deberán ser reflejadas adecuadamente en el Proyecto de Ordenación Forestal de la entidad, y para la decisión final de cuál es la alternativa de mitigación que más conviene poner en práctica para incrementar las retenciones de carbono, no solo se deberán tener en cuenta su efecto sobre el balance neto de carbono de la empresa, sino también el costo total que llevará asociado para ponerla en práctica y así determinar para cada alternativa el costo por tonelada de carbono retenida, criterios que de conjunto permitirán definir cuál es la mejor opción.

## CONCLUSIONES

- La simulación de alternativas de mitigación permitió identificar aquellas que técnicamente son más promisorias para incrementar la retención de carbono por el patrimonio de la empresa, resultando el aumento de 1 m<sup>3</sup>/ha/año en los bosques naturales la de mayor perspectiva.
- Las medidas de mitigación están dirigidas a viabilizar en el patrimonio de la empresa el aumento de la retención de carbono mediante el incremento de la biomasa.

## RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que para la selección definitiva de la alternativa de mitigación a implementar se debe conocer el costo que lleva asociado, resulta necesario acometer la valoración económica de las alternativas de mitigación propuestas.
- Reflejar en el Plan Económico y en el Proyecto de Ordenación Forestal las acciones para la implementación de las medidas de mitigación seleccionadas.

## RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Arlety Ajete Hernández

Ingeniera Forestal, Investigadora Auxiliar, Doctora en Ciencias Forestales, Miembro del Tribunal Permanente para el otorgamiento del grado Técnico Medio Forestal en el Instituto Politécnico de Agronomía Limbano Sánchez, de Baracoa, Guantánamo, Profesora Asistente de la Universidad de Guantánamo y miembro del Tribunal de Defensas para el otorgamiento del grado de Ingeniero Forestal de la Facultad Agroforestal de la misma, se encuentra vinculada a varios proyectos de investigación-desarrollo relacionados con el tema de Cambio Climático y el Sector Forestal, Forestaría Análoga y Productos Forestales No Maderables. Integrante del Grupo de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, es autora y coautora de varias publicaciones. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

- Ajustar las prácticas de manejo para lograr los objetivos de mitigación especificados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ajete, A. *et al.* 2014. Retención de carbono por la Empresa Forestal Integral "Baracoa" y su evaluación futura. *Revista Forestal Baracoa (CU)* 33 (1): 83-90, enero-junio.
- Almenares, J. I. 2014. Comunicación personal.
- 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. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana. 8 p.
- Álvarez, A.; Mercadet, A. 2012. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 248 p.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 384 p.
- Imaña, E.; Encinas, O. 2008. *Epidometría Forestal*. Primera Edición. Edikapas C.A. RELAFOR. 66 p.
- Jiménez, F. 2014. Comunicación personal.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 1982. Norma Ramal 595. Tratamientos silviculturales. Coníferas y Latifolias. Raleos en plantaciones y bosques naturales. 14 p.
- ONE (Oficina Nacional de Estadística). 2012. Anuario Estadístico de Cuba (AEC). 2011. Capítulo 2: Medio ambiente. p. 29-82 [en línea]. Disponible en: <http://www.one.cu/aec2011/datos/02%20Medio%20Ambiente.pdf> [Consulta: 7 de abril 2013].
- Rodríguez, P. E.; Noa, N.; Leyva, G.; Rodríguez, B. 2009. Proyecto de Ordenación y Desarrollo de la Economía Forestal (2008-2017) para la Empresa Forestal Integral Baracoa. Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. 57 p.
- Sarre, A. 1994. Los bosques tropicales como sumideros de carbono. *Actualidad Forestal Tropical (JP)* 2 (2): 6, abril-junio
- Suárez, J. T.; Palenzuela, L.; Roldán, P.P. 2002. Manual para la Ejecución de la Ordenación Forestal. MINAG. Dirección Forestal. 106 p.

**Anexo. Mitigación generada por las diferentes alternativas de mitigación en la EFI Baracoa**

Alternativas de mitigación	Años										Result. Acum.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
	(Mt)											
Línea base	7203,0	7538,7	7898,5	8259,1	8655,3	9071,5	9510,5	9974,7	10438,5	10958,4	11495,9	-----
Aumento de la superficie anual de plantaciones	7203,0	7568,2	7933,0	8298,7	8814,8	9368,3	9962,3	10599,2	11224,1	11947,5	12706,6	4621,7
Elevar el logro promedio de las plantaciones hasta el 95 %	7203,0	7532,2	7886,9	8243,8	8606,1	8960,8	9315,5	9670,3	10025,1	10379,9	10734,8	-2445,7
Reducir las áreas afectadas por la ocurrencia de incendios	7203,0	7539,6	7900,4	8262,3	8658,7	9073,6	9509,8	9969,6	10426,5	10936,9	11474,8	-48,7
Reducir en un 50 % los aprovechamientos por talas rasas	7203,0	7542,1	7905,9	8271,2	8668,0	9079,6	9507,9	9954,6	10421,6	10910,8	11423,9	-115,4
Reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de talas	7203,0	7540,1	7901,3	8263,3	8661,2	9079,2	9520,3	9986,9	10453,5	10976,6	11516,4	98,0
Aumentar el incremento medio anual en volumen de madera en los bosques naturales en 1 m <sup>3</sup> /ha/año	7203,0	7777,5	8376,1	8975,5	9610,6	10265,6	10943,4	11646,4	12349,0	13107,7	13884,0	13134,6
Aumentar el incremento medio anual en volumen de madera de las plantaciones en 1 m <sup>3</sup> /ha/año	7203,0	7667,4	8156,2	8646,1	9183,2	9751,5	10357,0	11005,3	11673,9	12422,5	13204,4	8266,3