

Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”



**MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PATRIMONIO
FORESTAL DE LA EMPRESA FORESTAL
INTEGRAL BARACOA**

**Arlety Ajete Hernández (Autor); Alicia Mercadet Portillo
(Director)**

Ajete Hernández, Arlety (Autor)

Medidas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el patrimonio forestal de la empresa forestal integral baracoa / Arlety Ajete Hernández (Autor); Alicia Mercadet Portillo (Director). – La Habana : Editorial Universitaria, 2015.

1. Ajete Hernández, Arlety (Autor)
2. Mercadet Portillo, Alicia (Director)
3. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”
4. Ciencias Forestales

Digitalización: Editorial Universitaria, torri@mes.edu.cu

(c) Todos los derechos reservados: Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca” , 2015.

Editorial Universitaria

Calle 23 entre F y G, No. 564.

El Vedado, Ciudad de La Habana, CP 10400,

Cuba



UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
FACULTAD DE FORESTAL Y AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

**MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL
PATRIMONIO FORESTAL DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL BARACOA**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Forestales**

ARLETY AJETE HERNÁNDEZ

Pinar del Río

2014

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
FACULTAD DE FORESTAL Y AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

**MEDIDAS PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL
PATRIMONIO FORESTAL DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL BARACOA**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Forestales**

Autor: Inv. Agr., Ing. Arlety Ajete Hernández
Tutor: Inv. Tit., Ing. Alicia Mercadet Portillo, Dr C
Tutor: Inv. Tit., Lic. Arnaldo Álvarez Brito, Dr C

Pinar del Río, 2014

“Año 56 de la Revolución”

AGRADECIMIENTOS

En el proceso de elaboración de la tesis, son innumerables las personas que contribuyen al éxito del objetivo planteado. Resulta, por lo tanto, muy difícil poder relacionarlas a todas. No obstante, quisiera agradecer a las siguientes personas:

A los ángeles de mi vida, mis padres, Osvaldo Ajete y Oneida Hernández por enseñarme el valor de la vida, de la lucha, de los desafíos ya que sin el apoyo de ellos, aspirar y espirar el aire de cada día, sería imposible (los quiero).

A mi esposo, Wilmer Toirac, porque siempre ha estado conmigo mostrándome el camino correcto y por enseñarme que no hay distancia ni tiempo, solo amor; gracias de verdad por creer en mí capacidad y por todo tu cariño.

A mis hermanos, Ada y Yosvany, porque siempre me apoyaron y dieron fuerzas para seguir adelante.

Al amigo, o mejor dicho al “hermano” de mi esposo Jorge Gainza Útria (El Koki) por sus palabras alentadoras y por todos los buenos momentos que hemos pasado en familia.

A mi compañero y amigo incondicional, Humberto Maresma, por ser el mejor ejemplo de amistad, por su apoyo, sus consejos y sobre todo por ese cariño inmenso que siempre me ha demostrado.

A mis tutores, DrC. Alicia Mercadet Portillo y DrC. Arnaldo Álvarez Brito, no solo por brindarme su amistad, casa, tiempo, conocimientos y apoyo para la realización de este documento, sino también por las lecciones enseñadas y por ser un baluarte en mi formación como profesional, de lo cual estaré eternamente agradecida.

A Eliadne Herrera, Celia Guerra y la pequeña Ailec, quienes hicieron que la lejanía familiar se sintiera menos con su cariño y constantes atenciones ¡¡¡¡ Gracias !!!!

De manera muy especial a Manuela Méndez y familia por brindarme su casa y por la acogida en todos los momentos de mi estancia en la Universidad.

Al DrC. Alberto Vidal Corona por facilitarme la realización de este proyecto, darme la oportunidad de luchar por un ideal y estimularme moralmente en cada fase del mismo.

Al Director General del INAF, Lic. Humberto García por permitir mi estancia en el INAF en los momentos que lo necesité para poder llegar a la culminación de este trabajo, pero sobre todo, por haberme brindado la oportunidad de poder concluir con una meta importante en mi vida profesional.

A la Msc. Idalmis Acosta, Directora de Desarrollo del INAF, por facilitarme los materiales necesarios para la impresión de este documento.

Al maravilloso grupo de Medioambiente del INAF (DrC. Orlidia Hechavarría, Msc. Yolanis Rodríguez, Msc. Abilio O'Farril, Téc. Natividad Triguero) y a la Msc. Lourdes Sordo del grupo de Silvicultura, quienes se convirtieron en un importante apoyo personal, dispuestos a apoyarme en lo que necesitara, convirtiéndose en personas importantes durante mis frecuentes estancias en el INAF ¡¡¡¡ Gracias muchachos!!!!

A los DrC. Katia Manzanares y Pedro P. Henry por la revisión de este trabajo y recomendaciones para el mismo a pesar de disponer de poco tiempo para ello.

Al DrC. José A. Bravo por su constante preocupación por mi trabajo, sus muestras de cariño y por motivarme en los momentos más difíciles de este largo y angosto camino, donde en innumerables ocasiones debido a la fatiga y al estrés del trabajo, me empapaba en llanto y me atraía -una y otra vez- la idea de renunciar a todo.

A Milagros Medina y Carmen Rosa Torres, por sus muestras de cariño, preocupación constante y valioso apoyo en la impresión final del documento y de otros tantos.

A mis compañeros de la Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa a los cuales no mencionaré por temor de olvidar a alguno.

A los Ingenieros Pedro Eduardo Rodríguez y Adis Gleybis Delgado de la EFI Baracoa, por su apoyo constante en la realización de este trabajo.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Fernando Jiménez, Jefe del Grupo Nacional de Ordenación Forestal perteneciente al GEAM del MINAG por toda su ayuda brindada de forma desinteresada.

A todos aquellos que de una forma u otra han contribuido con la culminación exitosa de este trabajo y que confiaron en mí.

"MUCHAS GRACIAS"

DEDICATORIA

*Al ser que me dio la vida, por ser quien creyó en mí en todo momento,
porque fue, es y será mi fortaleza, mi luz, mi ejemplo, mi apoyo, mis ganas
de seguir adelante y mi mejor amiga.*

A la Revolución de este, mi pequeño gran país.

SÍNTESIS

Se evaluaron los efectos del aumento de la temperatura media del aire, del nivel medio del mar y de las variaciones del régimen de precipitaciones en el componente arbóreo de la EFI Baracoa, para proponer medidas que viabilicen la adaptación a los impactos del cambio climático y que deben ser incorporadas al Proyecto de Ordenación de la Empresa Forestal Integral Baracoa. Para ello se utilizaron combinaciones de escenarios y modelos climáticos (Echam-A2, Echam-B2, Hadley-A2 y Hadley-B2). Se cuantificó el potencial de retención de carbono en el patrimonio de la empresa utilizando el sistema automatizado SUMFOR v-2.14., y se acomete una simulación de modificaciones del manejo de sus recursos forestales, para incrementar el potencial de retención de carbono como medida de mitigación. Se identificaron cuatro grupos de especies vulnerables al aumento de la temperatura ambiental, que enfrentarán riesgos de desaparición que pueden ser intensificados además, por las variaciones de las lluvias y se estimaron pérdidas de superficie debido al aumento del nivel medio del mar para las unidades silvícolas Cayo Güín y Combate de Sabanilla. Los mayores valores de retención de carbono se presentan en los bosques naturales, determinándose además la línea base de retención de carbono para un período de 10 años. Se identificó el aumento del incremento medio anual en volumen de madera de los bosques naturales en 1 m³/ha/año, como la mejor alternativa de la gestión técnica para aumentar el carbono retenido.

TABLA DE CONTENIDOS		Pág.
INTRODUCCIÓN.....		1
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....		10
1.1.	Cambio climático. Definición.....	10
1.1.1.	Causas del cambio climático.....	10
1.2.	Vulnerabilidad e impactos del cambio climático.....	13
1.2.1	Vulnerabilidad. Definición.....	13
1.2.2.	Impacto del cambio climático. Definición.....	14
1.2.3.	Situación global.....	19
1.2.4.	Situación nacional.....	19
1.3.	Escenarios de cambio climático. Conceptos básicos.....	20
1.4.	Acciones para enfrentar el cambio climático.....	22
1.4.1.	Adaptación.....	22
1.4.2.	Mitigación.....	24
1.4.2.1.	Los bosques como sumideros de carbono.....	26
1.4.2.1.1.	Fracción de carbono en la madera.....	29
1.4.2.1.2.	Coeficientes de carbono en los suelos.....	30
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....		32
2.1.	Características generales del territorio de la Empresa Forestal Integral Baracoa.....	32
2.2.	Efectos del aumento de la temperatura media del aire, las variaciones del régimen de precipitaciones y el aumento del nivel	

	medio del mar a partir de escenarios climáticos.....	35
2.2.1.	Obtención de los escenarios de temperatura media del aire, régimen de precipitaciones y del nivel medio del mar.....	35
2.2.1.1.	Temperatura media del aire y régimen de precipitaciones.....	35
2.2.1.2.	Aumento del nivel medio del mar.....	37
2.2.2.	Evaluación de los impactos.....	37
2.2.2.1.	Aumento de la temperatura media del aire.....	37
2.2.2.2.	Variaciones del régimen de las precipitaciones.....	39
2.2.2.3.	Aumento del nivel medio del mar.....	39
2.3.	Evaluar el potencial de retención de carbono.....	40
2.3.1.	Coeficientes de carbono en la madera.....	40
2.3.2.	Coeficientes de carbono en los suelos.....	41
2.3.3.	Línea base de retención de carbono.....	42
2.3.4.	Alternativa técnicamente más adecuada para el aumento de la retención de carbono.....	43
2.4.	Propuesta de medidas de adaptación y mitigación.....	44
	CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	45
3.1.	Impactos del cambio climático.....	45
3.1.1.	Aumento de la temperatura media del aire.....	45
3.1.2.	Variaciones del régimen de las precipitaciones.....	55
3.1.3.	Aumento del nivel medio del mar.....	61
3.2.	Potencial de retención de carbono.....	65
3.2.1.	Coeficientes de carbono en la madera.....	65

3.2.2.	Coeficientes de carbono en los suelos.....	67
3.2.3.	Carbono retenido en la Empresa Forestal Integral Baracoa.....	68
3.2.4.	Línea base de retención de carbono para el periodo 2008-2018.....	88
3.2.5.	Alternativa de gestión técnicamente más adecuada para aumentar el potencial de retención de carbono.....	90
3.3.	Medidas de adaptación y mitigación.....	91
3.3.1.	Medidas de adaptación.....	92
3.3.2.	Medidas de mitigación.....	94
CONCLUSIONES.....		98
RECOMENDACIONES.....		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
ANEXOS		

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Actualmente se reconoce que el cambio climático es uno de los problemas ambientales globales más importantes del siglo XXI, convirtiéndose en uno de los grandes desafíos que la humanidad tiene que enfrentar. Las evidencias científicas de los orígenes antrópicos del mismo ya son irrefutables después que el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en el año 2007 constatará que el calentamiento del sistema climático es inequívoco (IPCC, 2007a), como lo demuestran los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y océanos, derretimiento generalizado de hielo y nieve y el aumento del nivel medio del mar (NMM) a nivel global (Rathe, 2008; Rada y Buitrago, 2009; Lien Skog *et al.* 2010).

Autores como Méndez *et al.* (2008), expresan que debido a los patrones de desarrollo socio-económico utilizados, el hombre ha producido un reforzamiento del proceso natural existente, cuyo primer resultado ha sido el aumento de la temperatura media anual del aire, siendo esta la variable ambiental más directamente relacionada con el cambio climático.

Sin embargo, lo más preocupante es que todo apunta a que la tasa actual de las emisiones antrópicas de gases efecto invernadero (GEI) se acrecienta, por lo que se espera que el ritmo del calentamiento global se va a ir acelerando a lo largo de este siglo, lo que sin duda, acabará alterando en mayor o menor medida los actuales regímenes climáticos en gran parte de las regiones del planeta, con repercusiones medioambientales, sociales y económicas que pueden llegar a ser de magnitud significativa en muchos casos.

El cambio climático como fenómeno natural ha sido abordado desde diferentes perspectivas, con una importante atención a escala global. Sin embargo, cada vez se está abordando más su análisis desde una escala local y regional, debido a un mayor interés por aportar información para la toma de decisiones (Pineda, 2011).

Abordar este tema requiere mantener la conciencia de que, por claras que las evidencias parezcan, siempre habrá factores de incertidumbre y dificultades para su atribución univoca.

Se espera que el cambio climático afecte los servicios que brindan los ecosistemas a la sociedad, conocidos como los servicios ecosistémicos (MEA, 2005; Louman *et al.* 2009).

Las variaciones en las condiciones atmosféricas, claves para el desarrollo de los bosques, podrían originar cambios en las características estructurales y de diversidad de los mismos, provocando que servicios como la captura de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico o la provisión de recursos genéticos en un sitio, sean alterados de su ciclo natural en los bosques (Parmesan, 2006; MEA, 2005).

Para detener o impedir la intensificación del cambio climático bastaría con que los principales países emisores de GEI dejaran de producirlos, lo cual sería imposible debido a que las economías más fuertes del mundo están basadas en la utilización de combustibles fósiles, especialmente petróleo. Por lo tanto solo quedan dos caminos para responder a tal fenómeno: la adaptación y la mitigación.

Tomando en consideración que las recientes publicaciones señalan que el cambio climático podría ocurrir con mayor velocidad de lo que se había previsto anteriormente y que se han subestimado algunos de los riesgos relacionados con el mismo (Hansen *et*

al. 2007), parece apremiante la necesidad de profundizar en los estudios sobre los diversos efectos del cambio climático, y sobre todo, se necesitan plantear medidas urgentes de adaptación y mitigación para atajar el problema basándonos en el “principio preventivo o precautorio” (CMNUCC,1992).

Las medidas de adaptación son válidas para atenuar los efectos negativos de los impactos del cambio climático o sea, para adaptarse al mismo; estas incluyen cambios en tecnologías, prácticas y políticas. A su vez, dependiendo del momento en que se pongan en práctica pueden distinguirse dos tipos de medidas de adaptación: reactivas y preventivas (Irueta *et al.* 2004; Galindo *et al.* 2013).

Por su parte, las medidas de mitigación contribuyen a reducir la acumulación atmosférica de GEI y por lo tanto, a retardar o minimizar el impacto esperado de estos gases en el clima mundial. Estas medidas pueden estar dirigidas a reducir las emisiones de GEI o a aumentar la fijación de carbono en depósitos terrestres.

Para ser efectivas, tanto las medidas de adaptación como las de mitigación, se requieren modificaciones de gran alcance en los procesos de desarrollo, en los patrones dominantes de uso intensivo de los recursos de la Tierra (aguas, suelos, recursos biológicos, fuentes de energía, servicios ambientales ecosistémicos), así como en las prácticas de producción y los hábitos de consumo (CICC, 2006).

El tema de la adaptación, vinculado al fenómeno del cambio climático, constituye la cuestión central en el diseño de estrategias que permitan enfrentar social, económica y ambientalmente las modificaciones climáticas que están ocurriendo a escala global y que tienen diferentes repercusiones a escala local. Es necesario recordar que muchos sistemas naturales y socioeconómicos pueden tener la capacidad de manera autónoma,

de adaptarse a los impactos adversos previsibles del cambio climático, sin embargo, muchos otros sistemas no (CICCC, 2006).

Son numerosos los reportes internacionales que han alertado al planeta sobre los efectos ya registrados y los esperables, entre los que se destaca el IV Reporte del IPCC. La relevancia de estos estudios sobre los efectos del cambio climático radica en los aportes que ofrecen en términos de métodos, análisis y propuestas que permitan adaptar o mitigar sus impactos en los ecosistemas, las economías y las sociedades de todo el mundo.

La importancia que se reconoce a este tema a nivel mundial queda reflejado por el Convenio sobre la Diversidad Biológica en su Programa de Trabajo Ampliado sobre la diversidad biológica forestal, en el que se aborda una Meta específica sobre el cambio climático dentro del Elemento 1 del Programa (ONU, 1992).

En Cuba se registran diversas informaciones relacionadas con esta temática comprendiendo varios sectores económicos. De acuerdo con Centella *et al.* (2001) la más completa hasta el momento lo constituye la Primera Comunicación Nacional, (PCN) documento presentado por el gobierno cubano a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en cumplimiento de sus obligaciones como parte de la misma.

Uno de los sectores nacionales que tributó a la PCN fue el sector forestal cubano. Álvarez *et al.* (1998) presentaron los resultados de un juicio de expertos sobre los posibles impactos del cambio climático para el sector forestal y un estudio de caso con la Empresa Forestal Integral (EFI) Guanahacabibes, utilizando para ello cinco escenarios sintéticos suministrados por el Instituto de Meteorología (INSMET), que

contemplaron el aumento de la temperatura en 2 °C, NMM en 2,9 mm·año⁻¹ y de la variación del régimen anual de lluvias en ± 20 %. Este estudio de caso permitió identificar a los Manglares y a los bosques semidecíduos como las formaciones forestales más vulnerables en esta zona.

Posteriormente el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales continuó el desarrollo de investigaciones vinculadas con el cambio climático y el sector forestal cubano, a partir de la evaluación de los impactos definidos para el país por el INSMET donde además de ratificar los impactos identificados en 1998, se añadieron a ellos el aumento de los riesgos de incendios forestales; la probable modificación en superficie y composición de algunas formaciones forestales, con afectaciones para la biodiversidad; la interacción entre impactos; el efecto esperable por la intensificación de los huracanes y las alteraciones fenológicas debidas al aumento de la temperatura ambiental.

En el año 2008 el Consejo de Ministros de Cuba aprueba los resultados del macroproyecto ejecutado por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) sobre el aumento del NMM y a su vez acuerda que cada organismo de la administración central del Estado (OACE) debe acometer la preparación de su correspondiente Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático (PECC), en el que las medidas de adaptación a este impacto deben estar incluidas (CITMA, 2011a); por lo que para dar cumplimiento a este acuerdo es necesario realizar las evaluaciones de los impactos esperables.

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).

Los árboles, como todas las plantas verdes, utilizan CO₂ 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.

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 con 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.

Por la variedad de impactos a que se encuentra expuesto el sector forestal cubano, este puede ser considerado como uno de los sectores económicos nacionales más vulnerable al cambio climático, siendo especialmente sensible la región centro-oriental de Cuba por la confluencia de impactos de diversa índole (aumento del NMM, aumento de la temperatura media del aire y variaciones en los patrones de lluvias), aumentando con ello la fragilidad ecológica de la región (Álvarez, 2007).

Dentro de esta región están las principales zonas montañosas del país y una de ellas es la que comprende al municipio Baracoa, provincia Guantánamo, donde se encuentra enclavado el patrimonio forestal de la EFI Baracoa. Este territorio se caracteriza porque el 95 % de su superficie presenta topografía montañosa, con predominio de la formación Pluvial de montaña, concentrada en la porción noroeste del municipio, relacionada con las mayores elevaciones del macizo montañoso Sagua-Baracoa (Rodríguez *et al.* 2009).

Esta empresa es el teniente principal del patrimonio forestal del municipio Baracoa y proyecta el manejo de sus recursos arbóreos tomando como referencia el Proyecto de Ordenación de la misma, el cual no cuenta dentro de los manejos recomendados para alcanzar una mejor sostenibilidad, con medidas para viabilizar la adaptación a los impactos del cambio climático, ni para aumentar 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 económico y este objetivo ambiental simultáneamente.

En correspondencia con todo lo anteriormente planteado y atendiendo a que el territorio administrado por la EFI Baracoa se caracteriza, entre otros aspectos, por constituir una de las zonas de mayor diversidad biológica del país y en la que se localizan un gran número de especies endémicas, se plantea el siguiente **problema**: ¿Qué medidas serían necesarias incluir en el proyecto de ordenación de la Empresa Forestal Integral Baracoa para viabilizar en su patrimonio la adaptación a los impactos del cambio climático y la mitigación por concepto de retención de carbono?.

Esta investigación centra su **objeto de estudio** en el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa.

El **objetivo general** de la investigación consiste en proponer medidas que viabilicen la adaptación al cambio climático y propicien el aumento del potencial de retención de carbono en el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa.

Y se plantean como **objetivos específicos**:

- Evaluar los efectos del aumento de la temperatura media del aire, las variaciones del régimen de precipitaciones y el aumento del nivel medio del mar a partir de escenarios climáticos.
- Evaluar el potencial de retención de carbono.
- Proponer medidas de adaptación y mitigación.

Para dar respuesta al problema planteado anteriormente se formula la siguiente **hipótesis**: Si se evalúan los efectos del aumento de la temperatura media del aire, del nivel medio del mar y de las variaciones del régimen de precipitaciones utilizando escenarios climáticos definidos a nivel nacional y se cuantifica el carbono retenido en el patrimonio forestal de la empresa, se podrían conocer las afectaciones probables en el

componente arbóreo por los impactos del cambio climático y el potencial de retención de carbono, lo que facilitaría la definición de medidas de adaptación y mitigación.

La **contribución teórica** de la investigación radica en que se determinaron en las condiciones edafo-climáticas del área de la empresa, los coeficientes de contenido de carbono en la madera de *Carapa guianensis* Aubl., *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes, *Hibiscus elatus* Sw., *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. y *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. y en los suelos Ferrítico Rojo y Ferralítico Rojo, en sustitución de los valores internacionales, con lo que se contribuye a disminuir las incertidumbres en la cuantificación del carbono retenido.

La **novedad científica** de la tesis consiste en que se utilizan escenarios climáticos para valorar la vulnerabilidad del componente arbóreo del patrimonio de la EFI Baracoa ante la tendencia del aumento de la temperatura ambiental, la variación del régimen de precipitaciones y el aumento del nivel medio del mar y se definen alternativas de mitigación por concepto de retención de carbono para el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa, haciendo adecuaciones de las directrices del Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas para el Cambio Climático para los inventarios de carbono.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Cambio climático. Definición.

El término cambio climático suele usarse para definir de forma general las modificaciones del clima; el IPCC (2007b) lo conceptúa como un proceso de origen antrópico que da lugar a que se refuercen las emisiones y concentraciones de GEI. Este reforzamiento origina aumentos de temperatura y del NMM, cambios del régimen de precipitaciones, sequías e inundaciones. Todos estos desbalances comienzan a generar impactos sobre los sistemas naturales y humanos, generando una respuesta de retorno sobre lo que dio origen al problema (los patrones de desarrollo socio-económico), iniciándose la búsqueda de posibles soluciones: estrategias de adaptación y de mitigación.

1.1.1. Causas del cambio climático.

La Tierra tiene un *efecto natural de invernadero* debido a la presencia en la atmósfera de cantidades de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), entre otros gases que se producen de forma natural (Paz *et al.* 2008). Esos gases que se encuentran en la atmósfera provocan que parte del calor del sol que nuestro planeta refleja quede atrapado manteniendo la temperatura media global o sea, regulan la temperatura de la Tierra, lo cual hace que nuestro planeta sea lo suficientemente cálido para permitir la vida tal y como la conocemos actualmente, conociéndose este proceso como **efecto invernadero**.

Los gases que poseen esa propiedad son los conocidos como GEI y sin su presencia en la atmósfera, la Tierra liberaría el mismo monto de energía nuevamente al espacio, que la que obtiene del sol (Garduño, 2004).

Prevalece un consenso total en la comunidad científica a la hora de atribuir el fenómeno de cambio climático al aumento de concentración de GEI generados por las actividades humanas.

Existen en la atmósfera una gran cantidad de GEI directos e indirectos. Aunque todos tienen importancia para el clima y/o los procesos de la contaminación y la química atmosférica, no todos son relevantes para los procesos relacionados con el calentamiento global y el cambio climático (Lien Skog *et al.* 2010), constituyendo los principales aquellos generados por las actividades del hombre; siendo estos los señalados en la tabla 1.

Tabla 1. Principales GEI.

Gas	Fórmula general	Abundancia	
		2005	1750
CO ₂	CO ₂ (ppm*)	379,0	280,0
CH ₄	CH ₄ (ppb**)	1,774,0	700,0
Oxido nitroso	N ₂ O (ppb)	319,0	270,0
Perfluorometano	CF ₄ (ppt***)	74,0	40,0
Perfluoroetano	C ₂ F ₆ (ppt)	2,9	0,0
Hexafluoruro de azufre	SF ₆ (ppt)	5,6	0,0
HFC-23	CHF ₃ (ppt)	18,0	0,0
HFC-134a	CF ₃ CH ₂ F (ppt)	35,0	0,0
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂ (ppt)	3,9	0,0

*ppm – partes por millón; **ppb – por billón; ***ppt – por trillón.

Fuente: Colque y Sánchez (2007); Paz (2011)

Los gases previamente mencionados están regulados por la CMNUCC y por el Protocolo de Kyoto. El aumento en la concentración de estos gases no sólo provocaría cambios en la temperatura, sino también en el clima mundial: alteraciones en los

regímenes de precipitaciones, incremento en la desertificación, alteraciones en los ciclos agrícolas y el derretimiento de los hielos, lo que incrementaría el NMM causando inundaciones en las zonas costeras.

Los cambios en el clima suelen asociarse solamente a forzamientos externos naturales. Sin embargo, hoy en día está claro que, debido a los patrones de desarrollo, el hombre puede cambiar el clima terrestre y producir así el reforzamiento del efecto invernadero, es por ello que el empleo del término reforzamiento tiene especial importancia para hacer notar que es un proceso de origen natural y que la causa del cambio climático, como consecuencia de las actividades humanas, se asocia con su intensificación, y no con su existencia, pudiendo hacer referencia al cambio climático como el efecto invernadero incrementado por las actividades humanas.

Al respecto, el IPCC (2001a), comunicó en la Tercera Evaluación: *“Existen pruebas nuevas y más convincentes de que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos cincuenta años, se puede atribuir a actividades humanas”*, mientras que en la Cuarta Evaluación IPCC (2007c) afirmó: *“El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se ha hecho ahora evidente a partir de las observaciones de los incrementos en las temperaturas promedio globales del aire y del océano, la extensa fundición de las nieves y los hielos y el aumento global del nivel medio del mar”*.

Diferentes autores (Maser, 1995; Ordóñez, 1998; 1999; Mutuo *et al.* 2005; Ibrahim *et al.* 2007) afirman que el CO₂ es uno de los GEI más importante y que su emisión a la atmósfera por el cambio en el uso del suelo ocupa el segundo lugar a nivel mundial, con una fuerte contribución de las zonas tropicales.

Este gas por su abundancia y permanencia en la atmósfera ha sido identificado como el

más impactante (Seppänen, 2002) y que ha aumentado más rápidamente su presencia en la atmósfera debido a la actividad humana (Acosta *et al.* 2011).

1.2. Vulnerabilidad e impactos del cambio climático.

1.2.1. Vulnerabilidad. Definición.

En la literatura muchos autores han ahondado este concepto y en el contexto de cambio climático, este ha evolucionado y se ha ampliado mucho en los últimos años. Por ejemplo, Álvarez (2006) indica que las vulnerabilidades son los efectos de los impactos que no llegan a ser compensados por la estrategia de adaptación implementada.

El IPCC (2007c) la describe como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos.

Por su parte PNUD (2007) identifica la vulnerabilidad como una medida de la capacidad de manejar los peligros sin sufrir una pérdida de bienestar potencialmente irreversible en el largo plazo.

En resumen todos estos autores han expresado que los análisis de vulnerabilidad buscan entender hasta qué grado un sistema o un componente del sistema, puede experimentar daño debido a la exposición a un peligro o a una perturbación, estando relacionada esta vulnerabilidad con la mayor o menor exposición que tenga un territorio para ser afectado por un evento, en este caso la magnitud de los impactos del cambio climático; lo que implica comprender o conocer la resistencia del sistema a los impactos y como se manifiesta, determinándose esta vulnerabilidad mediante un análisis comparado del clima en el área de distribución original y de las nuevas condiciones en ese territorio bajo escenarios climáticos futuros.

1.2.2. Impactos del cambio climático. Definición.

Se definen los impactos del cambio climático como las consecuencias del mismo en sistemas naturales o humanos, ante los cuales se da lugar a una respuesta de adaptación o ajuste natural o por sistemas humanos para reducir el daño o aprovechar las oportunidades de beneficios (SEMARNAT, 2006).

En los diversos escenarios proyectados a nivel mundial es posible esperar, entre otros impactos, los siguientes: aumento de las temperaturas de entre 1 y 6 °C a lo largo de este siglo; elevación del NMM entre 10,00 y 90,00 cm en el siglo y aumento de las inundaciones costeras; cambios en los regímenes de precipitaciones; aumento de períodos de sequía en algunas regiones; aumentos en la frecuencia, duración e intensidad de los ciclones tropicales; incremento de la frecuencia y severidad de las olas de calor, más acentuadas en las zonas urbanas (IPCC, 2007a).

La magnitud de los impactos que habrán de ocurrir dependerá por un lado, de la evolución que se produzca en el nivel de las emisiones de GEI en el planeta y por otro, de las acciones que se desarrollen para su mitigación.

Con la evidencia del recalentamiento global y el rápido aumento de las respuestas biológicas a ese calentamiento se ha dedicado una considerable atención a predecir el destino de los árboles y los bosques, los que están estrechamente vinculados a los depósitos de carbono atmosférico. Según Melillo *et al.* (1993) casi la mitad de la superficie terrestre de la tierra está cubierta por bosques y muchas especies arbóreas juegan papeles claves proporcionando, hábitat, comida o mutualismos con muchos animales, hongos, micro-organismos y otras plantas, en adición a otros servicios ecosistémicos y recursos para el uso humano.

Sorensen (1995), Aitken *et al.* (2008) y Matías (2012), refieren que un aumento del carbono atmosférico y temperaturas más elevadas (primer elemento del cambio climático) provocarán que ambientes naturales de muchas especies arbóreas se extiendan a mayores latitudes y altitudes. Sin embargo, los bosques sujetos a ello estarían más expuestos a los daños por incendios, contaminación, plagas y reducción de la variación genética, quedando solo los genotipos más resistentes, pudiendo perderse grandes áreas de bosques e incluso especies.

Autores como Mansourian *et al.* (2009) pronostican que como resultado del cambio climático, las especies emigrarán hacia zonas de temperatura y precipitaciones que les serán más favorables, y que con mucha probabilidad otras especies competidoras o incluso invasivas mejor adaptadas a las nuevas condiciones del clima se instalaran en los lugares que las primeras habrán abandonado.

En este sentido el autor coincide con lo planteado por varios autores (Peñuelas y Boada, 2003; Araújo *et al.* 2005; Bowman, 2005; Graumlich *et al.* 2005; Sphen y Körner, 2005; Williams y Wahren, 2005; Wilson *et al.* 2005; Colwell *et al.* 2008) quienes refieren que en las montañas, la consecuencia usual es una migración ascendente que sigue el desplazamiento altitudinal en busca de condiciones medioambientales convenientes. Previéndose según Nogué *et al.* (2009); Novua (2013) que para algunas especies se incrementa el riesgo de extinciones locales por ejemplo para las especies que se encuentran en ecosistemas de mayor altura.

La ocurrencia de una expansión del rango de distribución asociada con el cambio climático es un tópico de investigación que está recibiendo considerable atención empírica. Parmesan (2006) refiere que uno de los mejores lugares para buscar cambios

potenciales en el rango de distribución de las especies es en su línea límite altitudinal y latitudinal, donde se supone que el clima sea el factor limitante primario.

El calentamiento ya está afectando un número creciente de organismos que responden a una variedad de maneras, incluso los cambios en su distribución altitudinal y geográfica (Hughes, 2000; Parmesan, 2006; Rull *et al.* 2005; Rull y vegas, 2006; Pauli *et al.* 2007; Sekercioglu *et al.* 2007; Raxworthy *et al.* 2008).

En tal sentido Vila (2008), refiere que en los Alpes austriacos se descubrió que algunas especies vegetales alpinas habían emigrado hacia zonas más altas a velocidades que iban de menos de un metro a casi cuatro metros al año durante el último siglo, al tiempo que la temperatura de los Alpes centrales aumentó 0,70 °C en ese mismo período. Al respecto plantea que esta tendencia migratoria en latitud o altitud haría a muchas especies forestales más vulnerables, ya que con independencia de otros factores, tales movimientos desestabilizan el equilibrio biológico de las poblaciones, las que se vuelven más sensibles a la acción de agentes nocivos tales como las plagas.

Según García *et al.* (2009), en la Sierra de Guadarrama, plantas herbáceas que precisan periodos largos de nieve y el agua de deshielo, han sido sustituidas por leguminosas arbustivas que crecen lejos de la influencia de la nieve. También autores como Sanz *et al.* (2003) aseguran que en el macizo de Peñalara los arbustos (*Juniperus* y *Cytisus*) son cada vez más abundantes en altitudes donde antes predominaban los pastos.

Según datos del IV Informe de Evaluación del IPCC (2007c) indica que si la temperatura mundial promedio aumenta en más de 1,5 a 2,5 °C, se suscitarían cambios importantes en los climas locales, en lo que se refiere a temperatura, precipitación y

eventos extremos. Los cambios en el clima y la concentración de CO₂ afectarán a la estructura y función de las interacciones ecológicas de las especies de los ecosistemas, así como a las distribuciones geográficas, con consecuencias para la biodiversidad y los servicios ecológicos (Malcolm *et al.* 2006).

Todas las aseveraciones de los autores anteriormente citados (Sorensen, 1995; Parmesan, 2006; Mansourian *et al.* 2009; Garrido, 2010); señalan que de afectarse los ecosistemas por el cambio climático, es de esperar que las especies que conforman los mismos y que actualmente se encuentran identificadas con cierto grado de amenaza serán las primeras en ser afectadas.

Olivo *et al.* (2010) refiere que entre los impactos que se pueden generar por la elevación del NMM se identifican: la inundación y erosión de costas bajas, el incremento de la salinidad en acuíferos, la disminución de la transparencia del agua, la regresión de la línea de costa y una mayor penetración del oleaje, entre otros.

Es de destacar, que muchos de estos efectos actuarán de manera sinérgica con otros problemas ambientales, presentes ya en las zonas costeras, tales como: contaminación del agua por efluentes de aguas domésticas, industriales y agrícolas; disposición y recolección inadecuada de desechos sólidos; urbanización sin control y en zonas sensibles ambientalmente; usos no apropiados del suelo; deforestación y remoción de vegetación; afectación a humedales; entre otros.

El aumento del NMM se ha convertido en una amenaza de mayor proporción para los Pequeños Estados Insulares. Cuba, al ser un archipiélago, corre el riesgo de perder parte de su territorio si aumenta la altura media de las aguas y según

Centella *et al.* (2001), esta situación agravaría el impacto de eventos medios como frentes fríos y huracanes.

Al aumentar la incidencia de estos eventos naturales de corto plazo, también aumentaría la altura de las aguas que rodean a la isla y por consiguiente, los daños a medida que pase el tiempo serían mayores, pues el mar llegaría, mientras persista la fuerza de los vientos, a zonas nunca antes inundadas a pesar de ser bajas y por lo tanto, estarían poco preparadas para el enfrentamiento de estos fenómenos. Ecosistemas como las dunas costeras o los Manglares sufrirían a largo plazo las consecuencias de la erosión del litoral, trayendo efectos sobre el turismo y población asentados en estas zonas.

En Cuba los Manglares constituyen una reserva forestal muy valiosa, representan un 26 % de la superficie boscosa del país, conformando extensas masas boscosas (Menéndez y Prieto, 1994) al ubicarse, por su extensión, en el noveno lugar en el mundo, están entre los de mayor representación en el continente americano y el primer lugar entre los países del Caribe (Suman, 1994).

Capote y Menéndez (2006) apuntan que los Manglares constituyen elementos esenciales para la mitigación de los cambios globales en aspectos tales como: mitigación del cambio climático (fijadores de GEI, barrera física ante fenómenos hidrometeorológicos extremos y la elevación del nivel medio del mar), estabilización de las costas, retención de sedimentos y nutrientes; recarga de acuíferos y depuración de aguas; y conservación de la diversidad biológica, en especial en lo relativo a la cadena trófica para mantener los servicios de la zona costera en el país y en el mundo.

Es tal la conjugación de los Manglares con el cambio climático que autores como Mitrani *et al.* (2000) los declaran como uno de los ecosistemas de mayor vulnerabilidad al cambio climático.

1.2.3. Situación global.

De acuerdo a reportes del IPCC (2013) es *probable* que para finales del siglo XXI la temperatura global en superficie sea superior en 1,5 °C a la del período entre 1850 y 1900 para todos los escenarios considerados de trayectorias de concentración representativas (RCP), excepto para el escenario RCP2.6.

Los cambios que se producirán en el ciclo global del agua durante el siglo XXI no serán uniformes. Se acentuará el contraste en las precipitaciones entre las regiones y entre las estaciones, si bien podrá haber excepciones regionales (IPCC, 2013).

En todos los escenarios de trayectorias de concentración representativas es *muy probable* que el ritmo de elevación del nivel del mar sea mayor que el observado durante el período 1971-2010 debido al mayor calentamiento de los océanos y la mayor pérdida de masa de los glaciares y mantos de hielo (IPCC, 2013).

1.2.4. Situación nacional.

Desde mediados del pasado siglo, la temperatura media anual ha aumentado en Cuba de 0,9 °C. La década de los años 90, así como los años transcurridos de la primera década del siglo XXI, han sido los más cálidos, lo que está fuertemente condicionado por el incremento de los valores de la temperatura mínima que asciende a 1,9 °C (Planos *et al.* 2012).

El aspecto más importante de las precipitaciones en el período lluvioso es el relacionado con la disminución en la región oriental, el que desde la década del 90, ha

manifestado significativos déficit en los acumulados de precipitación, siendo una de las más preocupantes variaciones observadas en el clima de Cuba en las últimas décadas (Pérez *et al.* 2013).

El ascenso lineal del NMM fue como promedio 1,43 mm/año en todo el archipiélago desde 1966 hasta el 2009, estimación basada en todos los registros mareográficos (Planos *et al.* 2012). Durante la segunda mitad del siglo XX el aumento promedio del NMM ha sido de 2,14 mm*año⁻¹; para el archipiélago cubano, siendo el ascenso paulatino del NMM en lo que resta de siglo XXI (según el escenario A1C, 27,00 cm para el 2050 y 85,00 cm para el 2100), la principal amenaza del cambio climático y hasta el momento, implica la disminución gradual de la superficie emergida en zonas bajas en 2,31 % para el año 2050 y 5,44 % a fines del siglo (Morales, 2008).

1.3. Escenarios de cambio climático. Conceptos básicos.

Según IPCC (2001b) los escenarios son descripciones coherentes y consistentes de como el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro.

Álvarez (2006) los define como imágenes alternativas y equiprobables de lo que podría acontecer en el futuro, constituyendo un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras de GEI y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis; coincidiendo en este punto con lo planteado por el IPCC (2006) argumentando que estos escenarios ni predicen ni pronostican. Los escenarios son los encargados de proporcionar un marco para identificar los cambios estructurales de los sistemas climáticos (PNUD, 2007).

Jones *et al.* (2004) los describen como un resultado plausible y consistente que ha sido construido para explicar las consecuencias potenciales de la influencia de las actividades humanas sobre el clima.

Estos escenarios han sido propuestos a nivel internacional y aprobados por el IPCC (Arnillas *et al.* 2012), el cual en función de la posible evolución de los GEI ha descrito cuatro familias de escenarios (A1, A2, B1, B2) y cada uno constituye una representación a nivel cuantitativo de los efectos derivados de estas emisiones (anexo 1).

Los escenarios climáticos basados en la salida de los Modelos de Circulación Global (GCM por sus siglas en inglés) son la mayor fuente de información para las investigaciones climáticas hoy en día. Según Ruiz (2007), la información de estos GCM tiene muchas ventajas y la resolución espacial es de algunos cientos de kilómetros. Sin embargo, los resultados derivados de sus proyecciones no son adecuadas para evaluar los efectos del cambio climático con un cierto detalle pues no capturan los complementos locales frecuentemente necesarios para calcular impactos a nivel local y regional.

Tal información no es totalmente útil para algunos territorios pequeños, como los estados insulares. Por ello, y para que las simulaciones sean representativas a la escala de trabajo considerada, existe la forma de reducir la escala de los resultados de los GCM mediante técnicas estadísticas o dinámicas, las cuales se les conoce como regionalización, escalado o “downscaling” (Arnillas *et al.* 2012) que permiten “traducir” la información fiable que ofrecen los GCMs, para convertirla en la información requerida

sobre efectos en superficie: temperatura y precipitación con una resolución espacial mayor.

La herramienta fundamental utilizada para realizar la reducción de escala dinámica son los Modelos Climáticos Regionales (RCM) y tienen como función básica la de lograr proyecciones climáticas de resoluciones sensiblemente mayores que las alcanzadas por los GCM.

1.4. Acciones para enfrentar el cambio climático.

En forma similar al movimiento internacional contra la destrucción del ozono, en 1979 se celebró la Primera Conferencia Internacional sobre el Clima Mundial. Esta conferencia culminó con un llamado a los gobiernos a anticipar y prevenir potenciales situaciones de cambio climático de origen humano que pudiesen afectar de forma adversa el bienestar de la humanidad.

Continuando con estos esfuerzos, en 1988 se estableció el IPCC, bajo la coordinación del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA) y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), con el objetivo de realizar una evaluación de la información científica disponible sobre cambio climático, evaluar las consecuencias sociales, económicas y ambientales y formular estrategias de respuesta (mitigación y adaptación).

1.4.1. Adaptación.

Según la definición del IPCC (2001a), la adaptación es el conjunto de iniciativas y medidas llevadas a cabo para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados del cambio climático.

Para el PNUMA (2005a) la capacidad de adaptación es “la habilidad de un sistema de ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus extremos) para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias”, estando muy próximo de lo planteado por IPCC (2007c) quien lo define como el ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas.

En resumen, la adaptación a los efectos del cambio climático consiste en desarrollar la capacidad para moderar los impactos adversos, creando o potenciando las defensas frente a ellos.

PNUMA (2005b) plantea que la adaptación ya no es una opción, sino una necesidad, dado que el clima y los impactos relacionados con sus cambios ya están ocurriendo. La adaptación preventiva y reactiva puede ayudar a reducir los impactos adversos del cambio climático, mejorar las consecuencias beneficiosas y producir muchos efectos secundarios inmediatos, pero no evitará todos los daños.

La adaptación no es algo que debe ser aplicado en el futuro, las acciones deben ser necesarias ahora para anticiparse a las condiciones futuras pues algo está claro, si el clima cambia más rápidamente de lo proyectado, las posibilidades de adaptación para disminuir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales serán menores, por lo que las acciones de adaptación al cambio climático que se proyecta se consideran absolutamente necesarias y complementarias a las acciones de mitigación, ya que las acciones de mitigación aún cuando están encaminadas a reducir las emisiones de GEI a la atmósfera y promover su remoción o retención, no han podido lograr la

estabilización de las concentraciones atmosféricas de estos gases, siendo este el principal objetivo de la CMNUCC.

En Cuba, a partir del estudio de impactos del cambio climático sobre el sector forestal, fueron llevados a cabo estudios de caso que permitieron definir un grupo de acciones de adaptación encaminadas a la protección de los recursos forestales entre los que se pueden citar los realizados por Cordero *et al.* (2009), Ortiz (2010), Álvarez y Álvarez (2011).

De igual manera Hechavarría (2009) a partir de un estudio de impacto por aumento de la temperatura observó que existían variaciones temporales de las fenofases de tres especies arbóreas y recomendó realizar el pronóstico y la preparación de la cosecha de las especie, ya que en años calientes la recolección deberá planificarse para comenzar antes y con más recursos.

1.4.2. Mitigación.

Uno de los puntos clave para contrarrestar los impactos a esperar es la mitigación, siendo una de las formas para llevar a vías de hecho la valoración de los bosques por su capacidad de remover CO₂ atmosférico y almacenarlo en la biomasa.

Álvarez (2006) define la mitigación como el conjunto de acciones económicas, sociales o ambientales capaces de atenuar las causas del cambio climático, ya sea mediante la reducción de las emisiones de GEI, por el aumento de las remociones de GEI o por la combinación de ambas acciones.

El IPCC (2007b) la define como una intervención antropógena para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático; abarca diversas estrategias encaminadas a reducir las fuentes y emisiones de GEI y a potenciar sus sumideros.

Bravo *et al.* (2008a) refiere que el manejo del bosque es el factor clave en la mitigación de los efectos del cambio climático. Con ellos se pueden trazar un número de acciones, entre las que se pueden incluir la modificación de la composición de especies y tamaño de distribución de los árboles; promover las plantaciones de árboles genotípicamente más resistentes y plantar árboles para proveer sombra.

A este respecto es importante aclarar que para proponer medidas viables dirigidas a la mitigación del cambio climático a partir del aumento de la retención de carbono, es imprescindible conocer y/o contar con la información básica sobre las concentraciones de carbono en los diferentes almacenes de los ecosistemas.

Para alcanzar este objetivo en el sector forestal cubano, ha sido elaborada una metodología nacional para el establecimiento de la línea base de retención de carbono de las empresas forestales, partiendo de las informaciones contenidas en sus respectivos proyectos de ordenación (Mercadet y Álvarez, 2005; 2009). Empleando esta metodología fueron llevados a cabo estudios de caso que permitieron estimar la capacidad sumidero para un año base en ocho empresas forestales del país (Ciego de Ávila, La Palma, Baracoa, *Victoria de Girón*, Las Tunas, Gran Piedra–Baconao, Villa Clara, Guantánamo) (Parada *et al.* 2004), (Rodríguez, 2005), (Ajete *et al.* 2006), (Ortiz, 2010), (Álvarez y Mercadet, 2012), (Ajete *et al.* 2012a); y en la cuenca del río Puercos (Suárez, 2010).

A partir de la metodología se elaboró un sistema automatizado denominado Sumideros Forestales (SUMFOR) el que permite monitorear nacionalmente la retención anual de carbono para cualquier teniente forestal del país, facilitando además la estimación de la línea base y de varias alternativas de mitigación (Álvarez y Mercadet, 2008).

A la par de estos resultados fue formulado el Indicador “*Contribución de las áreas forestales a la reducción del efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático*”, formando parte del Criterio III “*Contribución de los ecosistemas forestales a los servicios ambientales*”, el cual ha sido puesto en vigor por el MINAG entre los Criterios e Indicadores de manejo forestal sostenible (Herrero *et al.* 2005).

Este indicador fue utilizado por Ajete *et al.* (2012b) para el desarrollo de una investigación con la finalidad de determinar la contribución de las áreas forestales de la EFI Baracoa para reducir el efecto invernadero y de contribuir a la mitigación del cambio climático, evaluándose dentro del mismo el verificador 3.5.1: *Capacidad sumidero de las áreas forestales* el que alcanzó una calificación de Débil; llegándose a la conclusión de que en la empresa se está trabajando con un nivel de sostenibilidad bajo en cuanto a retención de carbono.

Se iniciaron los estudios sobre la modelación del balance de carbono en plantaciones, empleando el modelo holandés CO₂Fix, con la especie *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* destinada a diferentes producciones finales, con turnos de rotación variables (Mercadet y Álvarez, 2010).

1.4.2.1. Los bosques como sumideros de carbono.

Un sumidero de carbono o sumidero de CO₂ es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe este elemento de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire.

El IPCC denomina con ese nombre a los reservorios que atrapan o “secuestran” y almacenan en forma natural GEI. Por ejemplo, los bosques, el océano y el suelo (Paz *et al.* 2008).

La vegetación, a través de los ciclos elementales de la fotosíntesis, transforma energía solar en química absorbiendo CO₂ del aire, para fijarlo en forma de biomasa y liberar a la atmósfera oxígeno (O₂).

Los bosques en particular, siguiendo ese ciclo bioquímico juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono, ya que almacenan grandes cantidades de carbono en la vegetación y el suelo e intercambian este componente con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración (Dixon *et al.* 1994; Jandl, 2001; Masera, 2001) y un buen porcentaje del mismo es almacenado por los árboles en el sistema radical, follaje y principalmente en los tejidos de la madera, convirtiéndolos en sumideros muy importantes por su gran tamaño y su longevidad (Ciesla, 1996; Raev *et al.* 1997). De ahí la gran importancia de los bosques y de su conservación como sumideros de carbono (Martel y Cairampoma, 2012).

De estas aseveraciones se deriva que conforme los bosques asumen su papel como sumideros de carbono, también pueden llegar a ser fuentes de emisiones (lo contrario de un sumidero de carbono), cuando sufren alguna perturbación por la mano del hombre o por causas naturales (incendios, deforestación y otros).

La función sumidero de los bosques hace que estos sean reconocidos como una oferta para reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera a través de la conservación y expansión de los mismos, como han planteado autores como (Raev *et al.* 1997), siendo una de las formas de mitigación y/o reducción de GEI en la atmósfera.

En este sentido, la asimilación de CO₂ de los ecosistemas forestales tiene efectos importantes en el balance global del carbono (Dixon *et al.* 1994). El CO₂ es fijado en moléculas de carbono en el proceso de fotosíntesis y constituye el 50 % de su biomasa

seca (Figuerola *et al.* 2005). Se deduce que la velocidad de fijación de CO₂ es proporcional a la tasa de crecimiento e incremento de biomasa. Paradójicamente, el CO₂ es el principal componente gaseoso responsable del efecto invernadero que origina el cambio climático (Dixon *et al.* 1994).

Los árboles, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzan un tamaño tal que pueden ser aprovechados con fines comerciales. De este aprovechamiento se extraen productos como tablas, tablonos y otros productos que darán origen a subproductos elaborados como muebles y estructuras para casas con un tiempo de vida determinado. En ese periodo una porción del carbono queda retenido (Nabuurs y Mohren, 1993), después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO₂ producto de su descomposición a la atmósfera.

Ordóñez (1998; 1999) declara que durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es re-emitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado. En el momento de liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o la quema de la biomasa), el carbono fluye para regresar a su ciclo.

Según FAO (2006), los bosques poseen un potencial de absorber un décimo de las emisiones medias de carbono previstas para la primera mitad de este siglo en su biomasa, suelo, productos y almacenarlos a perpetuidad.

Por tal razón los bosques adquieren su protagonismo por su capacidad de fijar carbono y su reconocimiento dentro de los mecanismos de flexibilidad, para mitigar las emisiones de CO₂ en los acuerdos internacionales sobre cambio climático y emisiones de GEI.

En este contexto es cada vez mas importante poder cuantificar la fijación de carbono mediante el crecimiento natural de los bosques secundarios y las plantaciones forestales (López *et al.* 2002; Canadell *et al.* 2007; Fonseca *et al.* 2011).

En Cuba se han realizado varios estudios de caso para determinar la retención de carbono a partir de un año base determinado entre los que se pueden citar los de las EFIs Mayabeque, *Victoria de Girón*, Gran Piedra-Baconao y el de la EFI Las Tunas con 11 725,00; 17 709,80; 166 172,20; 2 497,70 y 11 725,00 GgtC respectivamente (Álvarez y Mercadet, 2012).

1.4.2.1.1. Fracción de carbono de la madera.

Vallejo (2009) la define como la proporción de carbono orgánico en la biomasa del árbol. En este caso determinado por método colorimétrico.

Para determinar la cantidad de carbono retenido en un bosque sea monoespecífico o no, es necesario utilizar el factor de conversión de carbono o fracción de carbono de la(s) especie(s) y esto puede generar incertidumbres, debido a que su determinación cuando la cantidad de especies arbóreas resulta numerosa, requiere un prolongado trabajo con tecnología que resulta costosa.

Existen numerosos reportes que hacen referencia a la fracción de carbono en la madera (Segura, 1999; Gayoso y Guerra, 2005; Figueroa *et al.* 2005; Díaz *et al.* 2007; Pacheco *et al.* 2007; Bonilla, 2009; Acosta *et al.* 2011).

Para la mayoría de las especies leñosas se maneja en general el valor por defecto 0,50 (o 50 %) determinado en un estudio realizado por Brown y Lugo (1982; 1984) para los bosques tropicales (IPCC, 1996a; Brown, 1997; Hush, 2001).

Diferentes autores han sugerido la posibilidad de emplear sólo dos valores promedio cuando no se dispone de los valores por especie: 0,45 (o 45 %) para los bosques de latifolias y 0,50 (o 50 %) para los bosques de coníferas, ambos en los bosques tropicales (IPCC, 1996b), pues a grandes rasgos, plantean que la fracción de carbono de la madera de las coníferas está entre un 50 y 53 %, mientras que las especies de hoja ancha (o latifoliadas) varían entre 47 y 50 % (IPCC, 2001c). No se precisa la metodología que fue utilizada para la determinación de estas proporciones de carbono. El valor más usado es el de 50 %, ya que se afirma que la mitad de la biomasa seca de cualquier organismo, corresponde a carbono (Vallejo, 2009).

Éstas leves diferencias, asociadas al alto costo que significan estos análisis, ha llevado a generalizar la fracción de carbono de 0,50 (Gutiérrez y Lopera, 2001).

No obstante el IPCC (1996a) a pesar de haber indicado en las Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI, el empleo de los valores por defecto, alienta a que en la medida de los recursos disponibles, los países no se limiten al uso de los mismos, y que cada país logre contar con valores propios para reducir las incertidumbres que pueden ocasionar el uso de los valores por defecto.

1.4.2.1.2. Coeficientes de carbono en los suelos.

El contenido de carbono en los suelos es otro factor que adquiere mayor importancia en la actualidad, ya que es un elemento a tener en cuenta en las valoraciones de la retención de carbono por los suelos en los ecosistemas forestales.

Diferentes autores consideran que en los ecosistemas forestales es precisamente el suelo el principal componente en términos de retención de carbono, porque además de ser el que reporta las mayores cantidades de carbono acumuladas, es también el único

elemento del sistema boscoso cuya capacidad de retención es siempre creciente (Segura y Kanninen, 2002).

Las Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI del IPCC para estimar el balance neto de carbono en los bosques no incluye la valoración del suelo como elemento del sistema, sin embargo, métodos para el análisis del flujo del carbono en los bosques, tales como el sistema de simulación CO2FIX (Mohren y Goldewijk, 1990) lo toman en consideración, al igual que el sistema SUMFOR, desarrollado en Cuba para la estimación del balance neto de emisiones de las empresas y otros tenentes del patrimonio forestal, lo que permite cuantificar las existencias de carbono y proponer medidas de mitigación. Si se utilizan datos nacionales, se disminuyen las incertidumbres en los cálculos al sustituir los valores por defecto. En Cuba, para los suelos forestales han sido iniciados los estudios de contenido de carbono por Renda *et al.* (2011), Renda *et al.* (2012) y Rodríguez *et al.* (2013).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. 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 Güín, Los Cedrones, Baracoa y Combate de Sabanilla (figura 1).

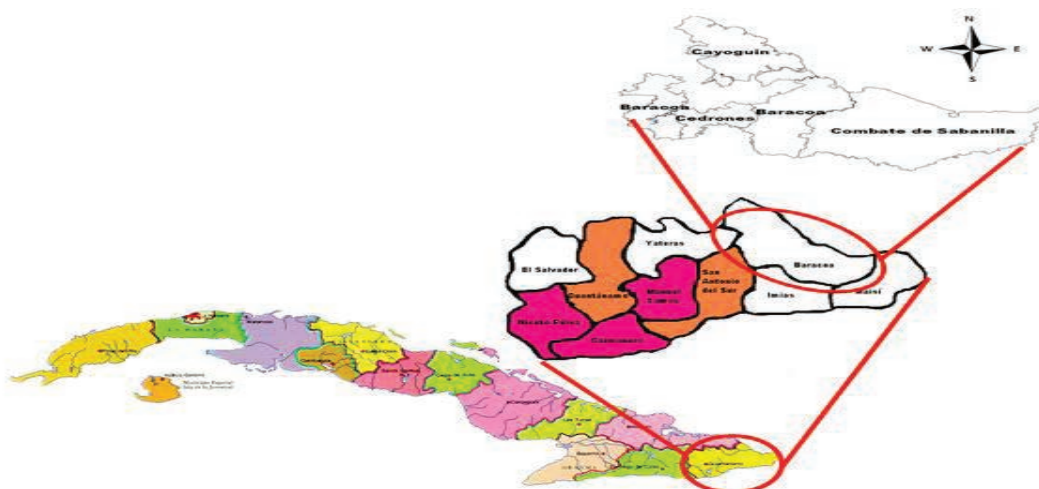


Figura 1. Ubicación de la EFI Baracoa. Fuente: Autor.

Un 95 % de la superficie de la empresa es montañosa, con pendientes mayores de 15 %. Las alturas oscilan entre la cota cero y los 700 m snm, encontrándose las menores de 100 m snm 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 2 000 mm (ONE, 2012).

Las características del patrimonio administrado por la EFI Baracoa son presentadas en las tablas 2, 3, 4 y 5 de acuerdo a los datos reportados por Rodríguez *et al.* (2009).

Tabla 2. Composición del patrimonio administrado por la EFI Baracoa.

Tipo de área	Superficie	
	(ha)	(%)
a) Superficie cubierta de bosques	34 694,00	97,11
- Bosques Naturales	29 228,50	81,82
- Plantaciones Establecidas	5 403,00	15,12
- Plantaciones En desarrollo	62,50	0,17
b) Superficie por reforestar	607,10	1,70
c) Superficie inforestal	424,00	1,19
Superficie total de la empresa	35 725,10	-

Tabla 3. Formaciones naturales presentes en la EFI Baracoa.

Formación forestal	Área (ha)	Volumen (m³)
Manglar	244,30	13 422,00
Manigua	9,20	895,00
Pinar	5 800,40	606 551,00
Pluvisilva	1,10	68,00
Pluvisilva de montaña	16 793,40	1 161 019,00
Semicaducifolio en suelo ácido	3 591,60	261 983,00
Semicaducifolio en suelo calizo	2 629,70	145 074,00
Semicaducifolio en suelo mal drenaje	129,00	6 534,00
Uveral	29,80	906,00
Total	29 228,50	2 196 452,00

Tabla 4. Composición por categorías de los bosques naturales de la EFI Baracoa.

Categoría	Área (ha)	Volumen (m³)
Manejo especial	1 042,40	63 953,00
Productor	12 445,90	1 093 560,00
Protector Aguas y Suelos	15 455,10	1 024 386,00
Protector del Litoral	128,70	5 430,00
Protector Flora y fauna	156,40	9 123,00
Total	29 228,50	2 196 452,00

Tabla 5. Especies presentes en las plantaciones de la EFI Baracoa.

Especie	Plantaciones establecidas	
	Área (ha)	Volumen (m³)
<i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes	10,60	1 549,0
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	80,20	1 168,00
<i>Calophyllum utile</i> Bisse.	624,00	34 237,00
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,90	22,00
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	3,70	188,00
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	13,50	37,00
<i>Eucalyptus</i> sp.	3,40	207,00
<i>Guaiaacum officinale</i> L.	1,60	18,00
<i>Pinus cubensis</i> Sarg. ex Griseb.	4 093,90	476 057,00
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	7,00	246,00
<i>Tabebuia dubia</i> (C. Wright) Britton ex Siebert.	44,60	5 624,00
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	440,90	28 909,00
<i>Tectona grandis</i> L. f.	41,30	877,00
<i>Terminalia catappa</i> L.	10,40	783,00
<i>Trichilia hirta</i> L.	0,40	10,00
Otras especies	26,60	1 057,00
Total	5 403,20	550 989,00

2.2. Efectos del aumento de la temperatura media del aire, las variaciones del régimen de precipitaciones y el aumento del nivel medio del mar a partir de escenarios climáticos.

2.2.1. Obtención de los escenarios de temperatura media del aire, del régimen de precipitaciones y del nivel medio del mar para la EFI Baracoa.

2.2.1.1. Temperatura media del aire y régimen de precipitaciones.

Los escenarios para ambas variables fueron suministrados por el Instituto de Meteorología (INSMET), institución que centra en Cuba la generación de escenarios climáticos a utilizar en las evaluaciones de impacto que se realicen en el país.

El procedimiento seguido por el INSMET parte del empleo de dos de los escenarios de emisiones de gases efecto invernadero (A2 y B2, anexo 1) planteados por el IPCC, (2001a). Seguidamente, considerando el forzamiento climático generado por cada uno de estos escenarios de emisiones, se corrieron para cada uno dos GCM: el Hadley (H) y el Echam (E), para de esta manera obtener cuatro escenarios del clima futuro a escala planetaria: HA2, HB2, EA2 y EB2.

El INSMET realizó un proceso de reducción de escala mediante el empleo del sistema PRECIS (Suministrador de Climas Regionales para los Estudios de Impacto; Willson *et al.* 2008; Centella y Bezanilla, 2008), lo que permite alcanzar una resolución espacial apropiada, con cuadrículas de 50 x 50 km.

Los datos del comportamiento mensual de cada variable no son directamente empleados, sino que son agrupados y promediados por meses para tres periodos de tiempo: 2011-2040 (denominado “corto plazo”); 2041-2070 (denominado “mediano plazo”) y 2071-2099 (denominado “largo plazo”).

Identificada la cuadrícula en la que está comprendido el patrimonio de la empresa (figura 2), se tomó de cada uno de los cuatro escenarios climáticos disponibles, los datos de la temperatura media del aire y de las precipitaciones para cada mes del año, en los tres periodos de tiempo definidos.



Figura 2. Cuadrícula de trabajo utilizada con los escenarios climáticos. Fuente: Microsoft Encarta (2009).

Para conformar los escenarios con los que se evaluaría el impacto futuro de la temperatura y las precipitaciones, se seleccionaron entre los cuatro escenarios disponibles (HA2, HB2, EA2 y EB2), para cada mes y en cada plazo, el límite mínimo y máximo de su variación, determinado a partir del valor promedio anual correspondiente a cada uno.

Los datos usados como valores de referencia para la evaluación del impacto de la temperatura media del aire y de las variaciones mensuales de las precipitaciones fueron registrados en la estación meteorológica ubicada en la localidad de El Jamal, perteneciente al municipio Baracoa de la provincia Guantánamo, para el período 1981-2000 (INSMET, 2010).

2.2.1.2. Aumento del nivel medio del mar.

El análisis se realizó a partir del escenario de emisiones de gases efecto invernadero A1C (IPCC, 2001a), para una sensibilidad climática alta (4,2 °C), según lo planteado por el Instituto de Oceanología de CITMA, institución que centra en Cuba la generación de escenarios de aumento del nivel del mar para las evaluaciones de impacto que se realicen en el país.

Las proyecciones de aumento del NMM para Cuba entre los años 2030 y 2100 (utilizando el modelo MAGICC/SCENGEN, *Versión 4.1*), fueron las reportadas por Salas (2008), seleccionándose el valor de penetración del mar de 85 cm (tabla 6) por ser el escenario de mayor impacto.

Tabla 6. Proyecciones del aumento del NMM para Cuba en el tiempo.

Escenario	Sensibilidad Climática (ΔT)	Año			
		2030	2050	2070	2100
		(cm)			
A1C	Baja (1,5 °C)	4,00	8,00	14,00	22,00
	Media (2,6 °C)	9,00	17,00	30,00	49,00
	Alta (4,2 °C)	15,00	27,00	48,00	85,00

Fuente: Salas *et al.* (2006)

2.2.2. Evaluación de los impactos.

2.2.2.1. Aumento de la temperatura media del aire.

Los resultados de las temperaturas fueron utilizados para estimar el posible desplazamiento altitudinal de las especies que se ubican en las montañas de la EFI Baracoa partiendo de lo reportado por el IPCC (2001b), que plantea que un aumento de la temperatura media de 1 a 3,5 °C equivaldría a un aumento en altitud entre

150 y 550 m para las formaciones vegetales de montaña, lo que aproximadamente representa un aumento medio de altitud de 15 m por cada 0,1 °C de aumento en la temperatura media.

En base al desplazamiento altitudinal estimado, se identificaron las especies que enfrentarían con mayor posibilidad una desaparición futura por ser exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña (la formación que alcanza mayor altitud entre todas las formaciones que componen el patrimonio forestal de la EFI Baracoa).

La distribución de las especies propias de la región oriental del país y las formaciones forestales en que aparecen fueron identificadas a partir de de la informaciones reportadas por Bisse (1988) y los resultados de esta revisión se contrastaron con la lista de Acevedo y Strong (2012) para verificar los nombres científicos. Los niveles de endemismo fueron definidos a partir de lo reportado por Bisse (1988) y Berazaín (2005). También fue consultado el Capítulo 6, Sección Séptima, Artículos 95, 96, 97 del Reglamento de la Ley Forestal (MINAG, 1998), en el que se notifican las especies amenazadas o en peligro de extinción reconocidas oficialmente por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) para las que se establecen prohibiciones y limitaciones de tala y la Resolución No. 160 de 2011 (CITMA, 2011b), que establece las especies de especial significación para la diversidad biológica del país.

Las especies identificadas fueron ordenadas en cuatro grupos, cuyo grado de vulnerabilidad disminuye con el aumento de orden del grupo.

- **Primer grupo:** Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña, de especial significación para la diversidad biológica nacional y reportadas solo para Baracoa.

- **Segundo grupo:** Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña, de especial significación para la diversidad biológica nacional y reportadas para el norte de la región oriental.
- **Tercer grupo:** Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña y reportadas solo para Baracoa.
- **Cuarto grupo:** Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña y reportadas para el norte de la región oriental.

2.2.2.2. Variaciones del régimen de las precipitaciones.

El comportamiento de los escenarios de las precipitaciones fue considerado como un elemento climático complementario a los efectos de la temperatura, de forma tal que si las precipitaciones disminuían a la par que aumentaba la temperatura, el nivel de estrés de las especies crecía, desequilibrándolas más y elevando su vulnerabilidad, lo cual en las especies de los grupos de mayor riesgo generaría un impacto de mayor magnitud.

2.2.2.3. Aumento del nivel medio del mar.

Para evaluar el impacto del aumento del NMM en la EFI Baracoa, se empleó el método reportado por Álvarez *et al.* (1998). El área utilizada para el estudio comprendió solamente la zona del litoral costero de la empresa, tratando de ajustar lo más posible los probables impactos al entorno más cercano a la línea de costa.

Los resultados obtenidos se reflejaron sobre un mapa de vegetación a escala 1: 25 000. Este mapa se superpuso sobre el croquis de lotificación de la empresa, para identificar el área de la empresa que se afectaría por este impacto y con la información contenida en el Proyecto de Ordenación Forestal de la empresa 2007-2008, se realizó una

valoración cuantitativa de las afectaciones probables en términos de área (ha), para el escenario evaluado.

2.3. Evaluar el potencial de retención de carbono.

2.3.1. Coeficientes de carbono en la madera.

Se determinaron los contenidos de carbono en la madera para cinco especies arbóreas forestales existentes en la EFI Baracoa: *Carapa guianensis* Aubl., *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes, *Hibiscus elatus* Sw., *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. y *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. Para ello fueron tomadas muestras de tres árboles por localidad (ver tabla 7).

Tabla 7. Especies estudiadas para determinar el contenido de carbono en la madera.

Nombre científico	Localidad	Edad (años)
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Paso de Cuba (Arboretum)	6
<i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes.	Los Hoyos de Sabanilla	6
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	Los Hoyos de Sabanilla	14
	Paso de Cuba (Prueba de progenie)	21
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Paso de Cuba (Arboretum)	28
<i>Pinus cubensis</i> Sarg. ex Griseb.	Paso de Cuba (San Germán)	23
	Paso de Cuba (Cayo Grande)	9
	Cagueybaje	6
	Palma Clara	7

En cada árbol se tomó una muestra de 100 g de madera; para el caso de *Carapa guianensis* Aubl., *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes, *Hibiscus elatus* Sw. y *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. la muestra fue tomada de ramas adultas y de fuste para *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb.

Estas muestras fueron enviadas a la Universidad de Alicante, España; donde se realizaron las determinaciones de la fracción de carbono en laboratorio. Cada muestra fue desecada en condiciones ambientales, separadas la madera de la corteza y molida posteriormente, para luego proceder a la determinación del contenido de carbono mediante el empleo del analizador elemental LECO, modelo TruSpec CN, utilizando el patrón EDTA con (41 %) de concentración de carbono.

Para conocer si había diferencias significativas entre los valores por defecto (0,45 para las latifolias y 0,50 para las coníferas) reportados por IPCC (1996b) y los obtenidos con las muestras de los bosques de la empresa, se realizó la prueba de t de Student para un parámetro, utilizando el programa estadístico InfoStat (2012).

2.3.2. Coeficientes de carbono en los suelos.

Para obtener valores del contenido de carbono en los suelos que faciliten la sustitución de coeficientes internacionales por defecto, se realizó la determinación del contenido de carbono hasta los 20 cm de profundidad en tres puntos de muestreo en cada localidad para los suelos Ferralítico Rojo y Ferrítico Rojo en plantaciones de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. (tabla 8).

Tabla 8. Localidades muestreadas para determinar el valor promedio de carbono retenido a 20 cm de profundidad en los suelos Ferralítico Rojo y Ferrítico Rojo en plantaciones de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb.

Tipo de suelo	Localidad de muestreo		
	Baracoa	Cagueybaje	Palma Clara
Ferralítico Rojo	7	3	-
Ferrítico Rojo	1	-	3

El contenido de carbono se determinó a partir del método reportado por (Bashking y Binkley, 1998; Ibrahim *et al.* 2007):

$$CTS = CC * DA * p * A$$

donde:

CTS – contenido total de carbono en el suelo (t/ha).

CC – contenido de C en la materia orgánica.

DA – densidad aparente del suelo (t/m³).

p – profundidad de muestreo (m).

A – superficie de la hectárea (10 000 m²).

El valor de la densidad aparente se obtuvo del triángulo textural, a partir de la media de la textura arcillosa determinada en Cuba para los suelos Ferrítico Rojo y Ferralítico Rojo (Renda *et al.* 2011; Rodríguez *et al.* 2013).

El método de análisis de laboratorio utilizado en la determinación del contenido de materia orgánica fue el del Instituto de Investigaciones Forestales (IIF, 1978) basado en el método de Walkey y Black (1934).

Para conocer si había diferencias significativas entre los valores por defecto reportados por Bolin y Sukamar (2000) para los bosques tropicales (para el caso de los pinares) y los obtenidos con los de la empresa, se procesaron los datos mediante la prueba de t de Student para un parámetro, utilizando el programa estadístico InfoStat (2012).

2.3.3. Línea base de retención de carbono.

Para la determinación de la línea base se empleó el sistema automatizado SUMFOR v.2.14 (anexo 2). Este sistema brinda la estimación de la retención de carbono tanto en el año base, como para una línea base de 10 años de proyección, considerando tanto

plantaciones en desarrollo, las establecidas y los bosques naturales, así como las áreas inforestales y por reforestar (Álvarez y Mercadet, 2008).

La información utilizada se obtuvo del Proyecto de Ordenación de la EFI Baracoa, la que se encuentra resumida en las tablas 2, 3, 4 y 5.

A partir de los resultados alcanzados se realizó una evaluación general del comportamiento de la retención de carbono por cada tipo de área de la empresa.

2.3.4. Alternativa técnicamente más adecuada para el aumento de la retención de carbono.

Empleando los mismos datos que fueron utilizados para la determinación del año base y de la línea base, se simularon alternativas que propiciaran una mayor retención de carbono utilizando el sistema SUMFOR. 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 m³/ha/año.

- * Aumentar el incremento medio anual (IMAV) de volumen de madera de los bosques naturales en 1 m³/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.

2.4. Propuestas de medidas de adaptación y mitigación.

Teniendo en cuenta los resultados de las valoraciones realizadas para los bosques de la EFI Baracoa, se proponen medidas de adaptación y mitigación por concepto de retención de carbono.

Las propuestas de las medidas de adaptación se basaron en los resultados de las afectaciones probables para el componente arbóreo del patrimonio de la EFI Baracoa, las características de las especies afectadas y del territorio de la empresa y las propuestas de las medidas de mitigación se basaron en las alternativas que propician una mayor retención de carbono.

CAPITULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Impactos del cambio climático.

3.1.1. Aumento de la temperatura media del aire.

Se muestran los resultados de la temperatura media del aire registrada en la estación meteorológica ubicada en la localidad de El Jamal, perteneciente al municipio Baracoa de la provincia Guantánamo, para el período 1981-2000 tomada como referencia para el estudio (tabla 9).

Tabla 9. Temperatura media del aire para el período 1981-2000.

Mes	Temperatura media (°C)
Enero	23,36
Febrero	21,32*
Marzo	23,34
Abril	24,57
Mayo	25,51
Junio	26,83
Julio	27,63**
Agosto	27,51
Septiembre	26,98
Octubre	25,97
Noviembre	25,16
Diciembre	23,75

* Valor mínimo; ** Valor máximo. Fuente: INSMET (2010).

De las combinaciones de escenarios y modelos obtenidas para esta variable climática en el área de la empresa, durante los tres periodos evaluados (anexo 3) se seleccionaron para evaluar la proyección futura las que se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de la temperatura media mensual del aire obtenidos para cada uno de los modelos seleccionados para los tres periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Meses	Corto plazo (2011-2040)		Mediano plazo (2041-2070)		Largo plazo (2071-2099)	
	Esc*. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo
Enero	24,51	24,20	25,37	24,91	26,45	25,57
Febrero	22,34	22,13	22,97	22,82	24,30	23,46
Marzo	24,42	24,23	25,31	24,99	26,62	25,70
Abril	25,62	25,39	26,44	26,10	27,99	26,75
Mayo	26,85	26,28	27,73	26,96	29,23	27,57
Junio	28,19	27,69	29,03	28,44	30,64	29,12
Julio	28,83	28,53	29,84	29,30	31,35	30,02
Agosto	28,77	28,42	29,84	29,20	31,50	29,93
Septiembre	28,26	27,83	29,38	28,57	31,00	29,25
Octubre	27,44	26,72	28,43	27,37	30,16	27,97
Noviembre	26,37	25,89	27,38	26,52	28,77	27,11
Diciembre	24,78	24,51	25,87	25,17	27,28	25,78

*Esc. Escenario.

En las figuras 3 se observa que los conjuntos de datos para los tres periodos evaluados mostraron una elevada coherencia por modelo y evidenciaron que las diferencias en el calentamiento entre los dos escenarios de emisiones se van incrementando a lo largo del siglo de forma tal que en la medida en que el escenario se aleja temporalmente, la diferencia con respecto al registro histórico aumenta, percibiéndose de forma más clara en las figuras un progresivo calentamiento a lo largo del siglo en toda la zona de estudio.

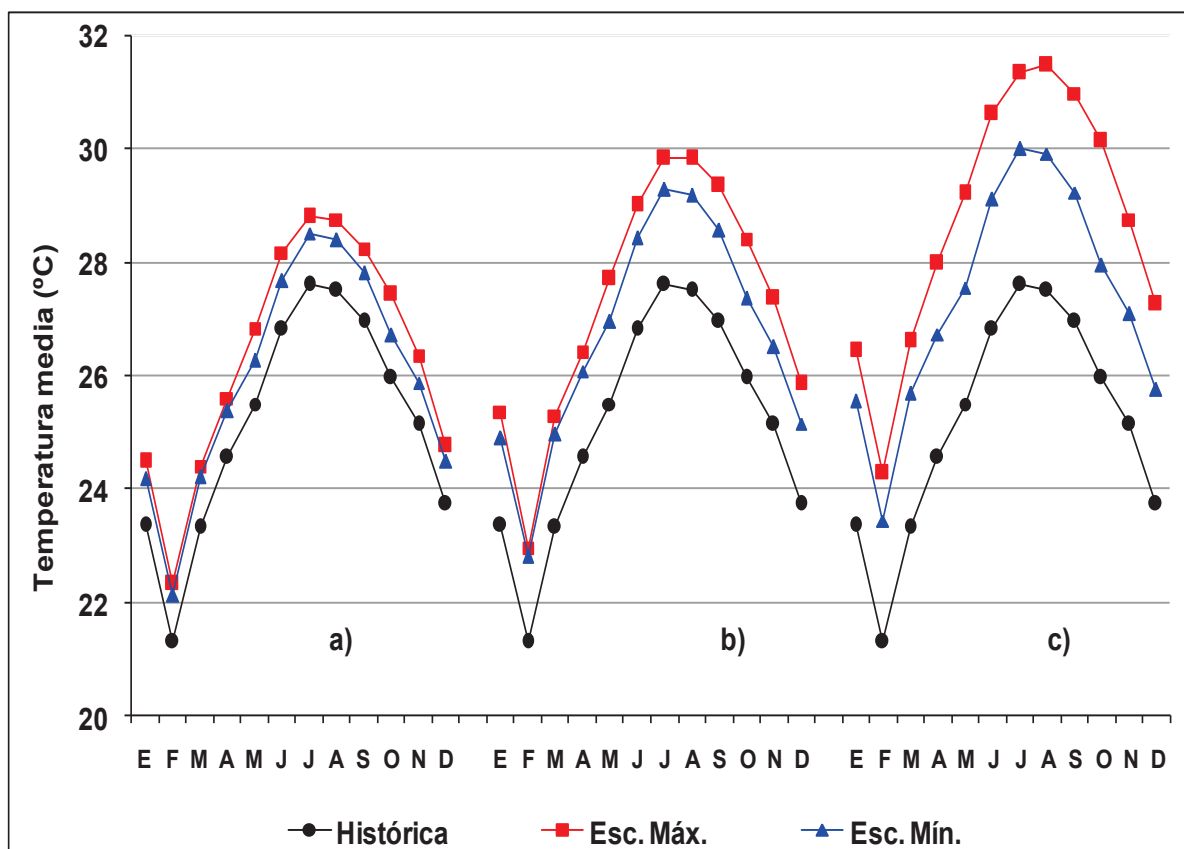


Figura 3. Evolución mínima y máxima del cambio de la temperatura media mensual del aire obtenida para el corto (a), mediano (b) y largo plazo (c) con respecto al periodo 1981-2000, para la zona de la EFI Baracoa (**Esc. Máx.**: Escenario máximo; **Esc. Mín.**: Escenario mínimo).

Las proyecciones del clima con respecto al periodo de referencia (1981-2000) muestran que las variaciones de los límites mínimo y máximo esperables para la temperatura media anual del aire para el periodo 2011-2099, variarán entre un valor mínimo de 0,81 °C a corto plazo y uno máximo de 3,87 °C a largo plazo, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Variación esperable de los límites de la temperatura media mensual del aire, para diferentes períodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Periodo	Año	Δ Temperatura media (°C)	
		Mínima	Máxima
De referencia	1981-2000	0,00	0,00
Corto plazo	2011-2040	+0,81	+1,20
Mediano plazo	2041-2070	+1,50	+2,21
Largo plazo	2071-2099	-2,14	+3,87

En términos generales estos resultados demuestran que la evolución climática futura de la zona comprendida por el territorio de la empresa para el periodo 2011-2099 será hacia un clima más cálido, afectando con ello a los ecosistemas de montañas presentes en la misma.

Autores como Ledig *et al.* (2010) advierten que el cambio climático podría poner en peligro un gran número de especies en peligro de extinción y vulnerables en el mundo debido a los ascensos de las temperaturas, coincidiendo en su señalamiento con lo planteado por Cuesta *et al.* (2008), los que señalan además que el cambio climático afectará de manera especial a los ecosistemas montanos a nivel mundial, los que al estar limitados en términos de temperatura (condicionados a bajas temperaturas) y disponibilidad de espacio, son especialmente susceptibles al calentamiento global por su alta biodiversidad, a lo que se suma el hecho de que el calentamiento en los trópicos se ve amplificado con la altitud, pudiendo provocar una mayor probabilidad de extinciones locales para las especies que tienen una distribución restringida (Peterson *et al.* 2002; Thomas *et al.* 2004; Thuiller *et al.* 2005; Franco *et al.* 2006; Malcolm *et al.* 2006), pues los impactos debido a este cambio acelerado sobre las distribuciones de

especies serán quizás proporcionalmente más perceptibles a altas elevaciones que en los ecosistemas de tierras bajas, y la severidad de estos impactos será probablemente intensificada por el alto número de especies de rango restringido que ocurren en los ecosistemas de montaña (Cuesta *et al.* 2006).

A menudo estos cambios son mucho más evidentes en los límites de distribución de las especies, donde las condiciones ecológicas ya se encuentran próximas a los límites de tolerancia y donde es previsible que las consecuencias sean mucho más severas (Hampe y Petit, 2005), previéndose el riesgo de extinciones locales por ejemplo para las especies que se encuentran en ecosistemas de mayor altura (Nogué *et al.* 2009).

De acuerdo con lo planteado por este autor, se considera que estos cambios serán mucho más evidentes en aquellas zonas donde el principal factor limitante suele ser las bajas temperaturas. Por lo tanto, un aumento de las temperaturas como el previsto por los escenarios para el periodo 2011-2099 pudiera afectar las especies que se encuentran distribuidas en el territorio que abarca la EFI Baracoa, pudiendo originar el comienzo de su desplazamiento vertical ascendente y de esta manera, cambiar su distribución altitudinal, lo que provocaría que a medida que la temperatura aumente, las especies comiencen a moverse hacia lugares más altos siempre que exista un lugar contiguo disponible.

Tomando en consideración estas valoraciones, lo planteado por el IPCC (2001b) y las variaciones de temperatura de la tabla 11 en términos de la migración altitudinal que pudiera inducirse sobre la distribución natural de las especies arbóreas, se establecieron rangos de desplazamientos para las especies propias de las montañas de la región, los que son mostrados en la tabla 12.

Tabla 12. Proyección de variación altitudinal estimada (Δh) para diferentes periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Periodo	Año	Δh (m)	
		Mínima	Máxima
De referencia	1981-2000	0,00	0,00
Corto plazo	2011-2040	121,50	180,00
Mediano plazo	2041-2070	225,00	331,50
Largo plazo	2071-2099	321,00	580,50

Según los resultados mostrados en la tabla 12, el rango de distribución altitudinal de las especies de montaña podría presentar un desplazamiento hacia la cima entre un mínimo de 121,50 m y un máximo de 580,50 m para el periodo 2011-2099.

Para el territorio de la EFI Baracoa, se reportan según Bisse (1988), 78 especies forestales arbóreas (anexo 4), de las que 35 son exclusivas de la formación Pluvilsilva de montaña y de ellas, 26 son endémicas, seis están específicamente distribuidas en Baracoa (todas endémicas) y dos se encuentran protegidas por el Reglamento de la Ley Forestal (MINAG 1998) debido a sus escasas existencias físicas.

Si como señalara este autor, se toma en cuenta que con la excepción del noroeste de la región oriental del país (área de Nipe-Sagua-Baracoa, en Holguín), la formación Pluvilsilva de montaña se encuentra en el noroeste de la región oriental de Cuba a partir de los 300-400 m snm y las zonas montañosas del área de Baracoa excepcionalmente superan los 850 m snm (Magaz, 1989), se puede esperar que un incremento en la temperatura media del aire entre 0,81 y 3,87 °C para los años 2011 al 2099 dé lugar a un desplazamiento altitudinal hacia la cima de 121,50 a 580,50 m, lo que podría ser suficiente para reducir la extensión altitudinal de esa formación y dar lugar incluso a

extinciones locales, colocando en riesgo los recursos genéticos de las 35 especies identificadas como exclusivas de esa formación en la empresa, porque bajo el escenario más extremo, con un desplazamiento altitudinal de 580,50 m y la altitud mínima donde se establecen las Pluvsilva de montaña en la región oriental de Cuba (300 m snm), para el año 2100 le faltarían a estas especies 30,50 m de altitud para establecerse con las condiciones requeridas.

Como efecto adicional a la migración, estas especies sufrirán una restricción en área, lo que las hará más vulnerables a las presiones antrópicas y ambientales, pasando a ser ocupado su territorio posiblemente por especies típicas de la formación Pluvsilva, que es la que le sucede en altitud, y similar al caso anterior, con un aumento de temperatura tenderán a buscar su entorno climático límite, coincidiendo en este caso con lo planteado por Peters y Darling (1985).

Según varios autores (Ciesla, 1995; Peterson *et al.* 2001; Walther *et al.* 2002; Peterson *et al.* 2002; Pearson y Dawson, 2003; Root *et al.* 2003; Thomas *et al.* 2004; Thuiller *et al.* 2005; Walther *et al.* 2005; Cuesta *et al.* 2006; Franco *et al.* 2006; Malcolm *et al.* 2006; Parmesan, 2006; Smith y Smith, 2007; Gavilán, 2008; Gutiérrez, 2010) se sugiere que los rangos de distribución y abundancia de especies, así como la composición de hábitat, podrían variar significativamente como resultado del cambio climático y los resultados de las estimaciones futuras de este estudio indican que existe un riesgo de afectación a la diversidad biológica de la región, cuya intensidad crecería en la medida en que la especificidad de distribución de las especies que conforman la formación Pluvsilva de montaña aumentara y/o la abundancia de sus existencias físicas disminuyera, pudiendo enfrentar esta formación el riesgo de desaparecer debido al

desplazamiento altitudinal ascendente de sus especies en busca de mantener su adaptación al ambiente en que se desarrollan, ya que en su gran mayoría son endémicas.

Esta situación, que se agudizaría de forma creciente, en caso que la concentración de GEI en la atmósfera a lo largo del presente siglo mantuviera el patrón de variación ascendente presentado durante su primera década (en el año 2000 el balance neto mundial de emisiones fue de + 3,30 GtC·a⁻¹, mientras que en el año 2007 fue de + 12,00 GtC·a⁻¹; IPCC, 2007c), pudiera dar lugar incluso, a la extinción de varios de estos taxones.

Los resultados hasta aquí presentados son similares a los obtenidos por Villers y Trejo (2003), quienes evaluaron la vulnerabilidad que tendrían los ecosistemas forestales de México; para ello aplicaron dos modelos de cambio climático (CCC: *Canadian Climate Center*, el *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory*: GFDL-R30) y obtuvieron como resultado que los bosques templados fríos y semicálidos son los tipos de vegetación más sensibles al cambio climático y tenderían a desaparecer al incrementarse la temperatura.

También son afines con los presentados por Álvarez (2010), quien evaluó los riesgos futuros que enfrentarían las formaciones Monte nublado y Monte fresco, con los mismos escenarios y modelos proyectados en este trabajo. La temperatura mostraba aumentos entre 1,00 y 3,50 °C con respecto al periodo 1961-1990, propiciando la ocurrencia de un desplazamiento hacia la cima de 150,00 a 525,00 m, previéndose que en algún momento posterior a la mitad del presente siglo la formación Monte fresco enfrentaría el riesgo de desaparecer, ya que en su totalidad las especies que la conforman son

endémicas. En cuanto a la formación Monte nublado, distribuida entre las mayores elevaciones de la Sierra Maestra, en la provincia Santiago de Cuba, y de la cordillera Sagua-Baracoa, en la provincia de Guantánamo, para finales del presente siglo esta formación habría ascendido entre el 35 y el 55 % de la altura que actualmente tiene disponible, buscando mantener su adaptación ambiental, debido a que 62 % de las especies que la integran son endémicas.

Los resultados de Planos *et al.* (2012) también son similares con los aquí presentados. Estos autores modelaron el comportamiento que tendrían determinadas formaciones vegetales si ocurriera un aumento de 3 °C en la temperatura media del aire, con el mismo régimen de precipitación y considerando que no existieran alteraciones bruscas en el suelo y en la altitud. Realizado en áreas de las provincias orientales situadas a más de 800 m snm, donde la precipitación oscila entre 1 800 y 2 600 mm y la temperatura varía entre 16 y 24 °C, ubicadas hacia el Macizo del Turquino y la Sierra de Cristal, este estudio indicó para algunas de la formaciones incluidas en las áreas evaluadas que un aumento de la temperatura, con el consiguiente incremento de la evaporación, incidiría en la descomposición acelerada del sustrato orgánico del suelo y el aumento de la erosión, afectando las características del suelo, produciéndose un obstáculo para la migración de especies y pudiendo ocurrir cambios en la composición florística hacia las zonas más elevadas, sobre todo en el noroeste de la región oriental; ocupación de áreas de otras formaciones donde la temperatura sea entre 16 y 23 °C; desplazamiento hacia elevaciones superiores de aquellas especies que se ubican en alturas por encima de 900 a 1 900 m snm, con precipitaciones entre 1 800 y 2 200 mm y temperaturas menores a 16 °C, con lo que sufrirían una restricción en área.

Igualmente, los resultados obtenidos coinciden con los de Felicísimo *et al.* (2012). Estos autores analizaron los potenciales impactos del cambio climático sobre la flora española mediante la proyección futura del clima, determinando valores equivalentes para varias combinaciones de escenarios, modelos y períodos futuros, lo que les permitió estimar la evolución de las zonas potenciales para 75 especies forestales y 145 de flora amenazada, concluyendo que un 23 % de las primeras y un 43 % de las segundas presentarían una vulnerabilidad crítica o muy alta.

Estudios realizados en Méjico por Flores (2014) con *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezzi* Patterson para evaluar el impacto del aumento de la temperatura en el hábitat de estas especies, utilizando escenarios climáticos, prevé que en el 2030 la primera especie sólo tendrá condiciones de temperatura adecuadas para existir en el Cerro El Potosí, localidad donde no se encuentra actualmente. La proyección para 2060 y 2090 considera que es drástica, pues el clima adecuado desaparece por completo en la Sierra Madre Oriental y el desplazamiento altitudinal será entre 600-700 m snm en el Eje Volcánico Transversal en la montañas Tláloc y La Malinche y a lo largo de los flancos del volcán Popocatepetl y del Iztaccíhuatl; mientras que *P. martinezzi* tiene las mayores posibilidades de desplazamiento de sus poblaciones, hacia la parte central del Eje Neovolcánico Transversal, de manera tal que la altitud no sería una limitante en la colonización de nuevos ambientes, pudiendo presentar un aumento en altitud de unos 600 a 700 m snm por encima de lo que ocupa en la actualidad.

En base al análisis anterior se consideró que en el área de la EFI Baracoa las especies forestales arbóreas más vulnerables y con peligro de desaparición futura serían:

*** Primer grupo (más vulnerable):** *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *cacuminicola*

(Bisse) G. Klotz; *Cnidoscolus regina* (Leon) Radcl.-Sm. & Govaerts.

* **Segundo grupo:** *Pera ekmanii* Urb.

* **Tercer grupo:** *Bonnetia cubensis* (Britton) R.A. Howard; *Henriettea acunae* (Alain) Alain; *Laplacea moaensis* Vict.; *Ocotea moaensis* Bisse; *Podocarpus angustifolius* Griseb.

* **Cuarto grupo (menos vulnerable):** *Ardisia grisebachiana* (Kuntze) Alain; *Byrsonima lucida* (Mill.) Rich.; *Calophyllum utile* Bisse; *Coccoloba costata* C. Wright; *Erythroxylon longipes* O. E. Schulz; *Guapira rufescens* (Griseb.) Lundell var. *rufescens*; *Guatteria cubensis* Bisse; *Haenianthus variifolius* Urb.; *Hyeronima nipensis* Urb.; *Chionanthus bumelioides* (Griseb.) Stearn subsp. *cubensis* (P. Wilson); *Magnolia cristalensis* Bisse; *Maytenus loeseneri* Urb. var. *loeseneri*; *Chaetocarpus acutifolius* (Britton & P. Wilson) Borhidi; *Terminalia nipensis* Alain; *Terminalia chicharronia* C. Wright subsp. *orientensis* (Monach.) Alwan & Stac.

3.1.2. Variaciones del régimen de las precipitaciones.

En la tabla 13 se muestran los resultados de las precipitaciones medias mensuales registrados en la estación meteorológica ubicada en la localidad de El Jamal, perteneciente al municipio Baracoa, provincia Guantánamo, para el período 1961-2000, tomada como referencia para el estudio y de las combinaciones de escenarios y modelos obtenidas para esta variable climática (anexo 5), cuya síntesis se presenta en la tabla 14.

Tabla 13. Precipitaciones medias mensuales para el período 1961-2000

Mes	Precipitación media mensual (mm)
Enero	207,00
Febrero	170,00
Marzo	170,00
Abril	178,00
Mayo	326,00
Junio	197,00
Julio	129,00
Agosto	169,00
Septiembre	187,00
Octubre	308,00
Noviembre	415,00
Diciembre	269,00

Fuente: INSMET (2010).

Tabla 14. Valores de precipitaciones medias mensuales (mm) obtenidos para los escenarios de valores mínimo y máximo, para diferentes periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Mes	Corto plazo (2011-2040)		Mediano plazo (2041-2070)		Largo plazo (2071-2099)	
	Esc*. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo
Enero	241,86	216,24	241,00	226,63	205,25	241,54
Febrero	164,60	177,78	155,65	186,52	174,98	199,07
Marzo	131,72	177,36	140,76	185,65	143,28	197,53
Abril	206,57	185,36	229,99	193,01	220,98	204,42
Mayo	315,35	326,95	342,20	328,02	354,36	329,55
Junio	257,15	187,57	190,10	176,97	192,50	161,76
Julio	141,57	116,47	125,83	102,38	117,60	82,16
Agosto	166,43	156,16	163,06	141,71	153,09	120,98
Septiembre	197,69	173,13	218,45	157,54	184,70	135,16
Octubre	320,66	298,56	326,99	287,93	333,28	272,70
Noviembre	548,28	406,46	448,37	396,86	462,56	383,09
Diciembre	383,35	265,92	304,09	262,45	311,54	257,48

*Esc. Escenario

La comparación de los tres períodos evaluados con respecto al periodo 1961-1990 para la zona de la EFI Baracoa se presenta en la figura 4.

Las proyecciones de la precipitación media mensual para el periodo 2011-2099 con respecto a la línea de referencia (1961-2000) muestran un aumento en los primeros seis meses del año, pudiendo considerarse desde leve hasta extrema a partir del mediano plazo principalmente, con un incremento de las lluvias entre 0,29 y 30,54 % para ese conjunto de meses, con la excepción constante del mes de marzo.

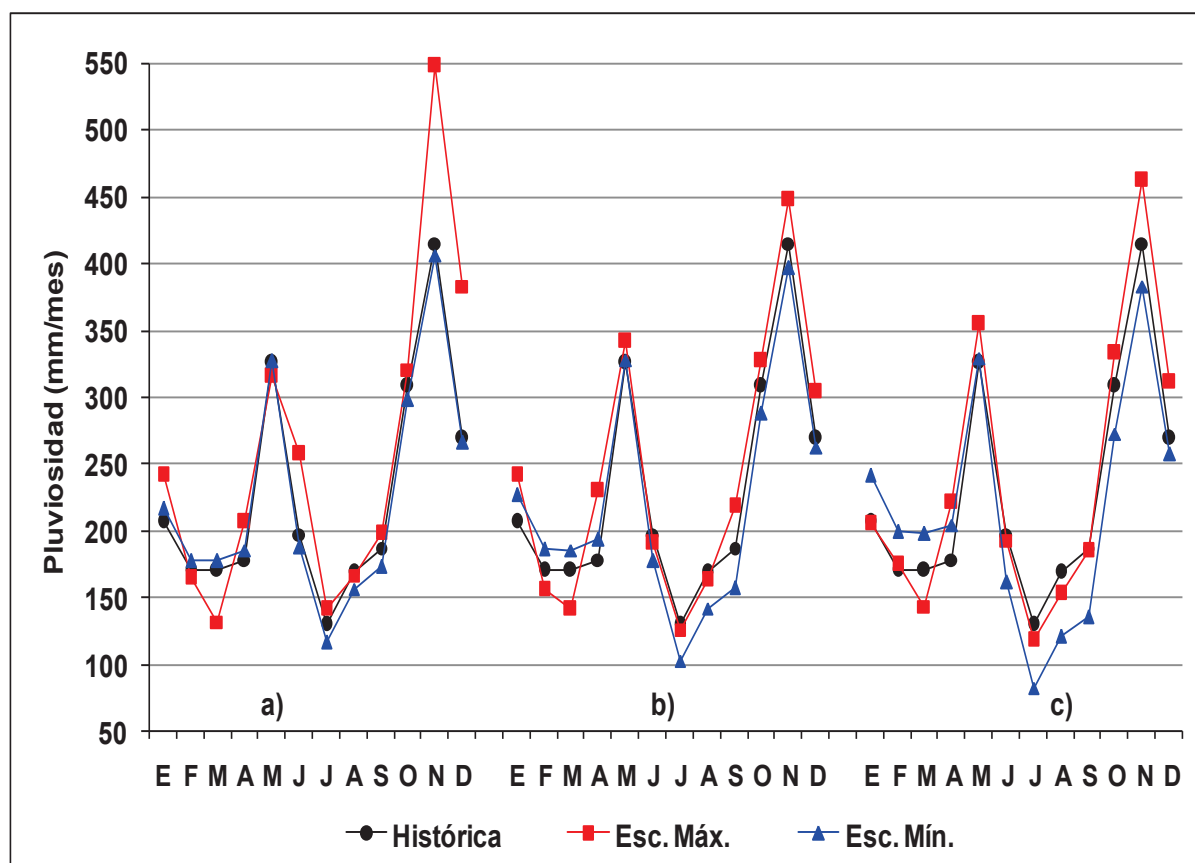


Figura 4. Evolución mínima y máxima del cambio de la pluviosidad media mensual del aire obtenida para el corto (a), mediano (b) y largo plazo (c) con respecto al periodo 1981-2000, para la zona de la EFI Baracoa (**Esc. Máx.**: Escenario máximo; **Esc. Mín.**: Escenario mínimo).

Las reducciones mayores se proyectan para los seis meses finales del año, donde se espera que las lluvias disminuyan entre 1 y 36 %, identificándose como resultado esperable de la proyección realizada en este conjunto los meses de julio y agosto como los meses más secos en la zona de estudio, que muestran las disminuciones más pronunciadas con valores de 11,37 y 11,10 % respectivamente (tabla 15).

Tabla 15. Anomalías de las precipitaciones medias mensuales para los diferentes periodos de estudio con respecto al periodo de referencia (%).

Meses	Corto plazo (2011-2040)		Mediano plazo (2041-2070)		Largo plazo (2071-2099)		Prom.
	*Esc. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo	Esc. Máximo	Esc. Mínimo	
Enero	17	4	16	9	-1	17	11
Febrero	-3	5	-8	10	3	17	4
Marzo	-23	4	-17	9	-16	16	-4
Abril	16	4	29	8	24	15	16
Mayo	-3	0,29	5	1	9	1	2
Junio	31	-5	-4	-10	-2	-18	-1
Julio	10	-10	-2	-21	-9	-36	-11
Agosto	-2	-8	-4	-16	-9	-28	-11
Septiembre	6	-7	17	-16	-1	-28	-5
Octubre	4	-3	6	-7	8	-11	-0,43
Noviembre	32	-2	8	-4	11	-8	6
Diciembre	43	-1	13	-2	16	-4	11

*Esc. Escenario máximo

Según los datos presentados en la figura 4 los límites mínimo y máximo esperables para la precipitación media mensual en los años correspondientes al corto, mediano y largo plazos se exponen en la tabla 16.

Tabla 16. Límites mínimo y máximo esperables para la precipitación media mensual.

Periodo	Año	Precipitaciones (mm)	
		Mínima	Máxima
Referencia	1961-1990	129,00	415,00
Corto plazo	2011-2040	116,47	548,28
Mediano plazo	2041-2070	102,38	448,37
Largo plazo	2071-2099	82,16	462,56

En la tabla 17 se presenta un resumen de las variaciones identificadas en las precipitaciones medias mensuales que sintetiza la variación de la proporción de la precipitación total, con respecto al período 1961-2000, en la región de la EFI Baracoa para los periodos evaluados.

Tabla 17. Variación esperable de los límites de la precipitación media mensual, para diferentes períodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Periodo	Año	Δ Precipitación media mensual (mm)	
		Mínima	Máxima
Referencia	1961-1990	0,00	0,00
Corto plazo	2011-2040	-12,53	133,28
Mediano plazo	2041-2070	-26,62	33,37
Largo plazo	2071-2099	-46,84	47,56

Con independencia del escenario proyectado, estas variaciones en la precipitación media mensual muestran que la precipitación media mensual variará con respecto al período 1961-2000 entre un valor mínimo de -46,84 mm y un máximo de 133,28 mm.

En general las disminuciones más importantes de las lluvias se proyectan para los meses julio-diciembre, lo que es válido para los tres periodos de tiempo, lo cual significa

que en el futuro las precipitaciones estarán concentradas en menos meses de acuerdo a los modelos empleados y a lo largo del siglo, los valores mínimo y máximo de lluvia durante el año tenderán a disminuir.

Los cambios de las precipitaciones proyectados por los modelos indican que su tendencia futura en el territorio comprendido por la EFI Baracoa estará caracterizada por una evolución hacia un clima en el que el segundo semestre será más seco, mientras que el primer semestre será más húmedo y hacia años con acumulados anuales cada vez menores.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Hernández *et al.* (2011) quienes realizaron una evaluación del futuro comportamiento de las precipitaciones en la región oriental de Cuba utilizando cuatro modelos globales: CSMK3, ECHOG, HADCM3, IPCM4, bajo el escenario de emisiones A1B, donde los resultados indican un clima más seco y severo, produciéndose los mayores cambios en las variaciones de las precipitaciones en los periodos 2040-2069 y 2070-2099 respecto al periodo 1961-1990, siendo el 2070-2099 el que presente las mayores variaciones y los mayores déficit de precipitaciones, coincidiendo esta proyección con la realizada para la EFI Baracoa, la cual manifestó las mayores reducciones de sus valores de precipitación para el periodo 2071-2099.

Dado que el régimen pluviométrico de Baracoa está caracterizado por ser el mayor de Cuba, del orden de los 2 000 mm anuales (ONE, 2012), el efecto de una disminución de las lluvias en el orden de los 46,84 mm anuales para fines de siglo, equivalente al 2 % del total, no significaría una modificación drástica de la disponibilidad de agua o de la humedad en la región, así como tampoco acrecentaría de manera acentuada los

riesgos potenciales de incendios. Sin embargo, las 35 especies identificadas como vulnerables que estarán bajo el estrés causado por el aumento de la temperatura y por la modificación del área altitudinal de distribución, se verán obligadas además a reducir en alguna medida la evapo-transpiración, lo que pudiera contribuir al proceso de alteración de sus equilibrios poblacionales, razón por la que esta ligera disminución de la lluvia no deberá ser subestimada.

3.1.3. Aumento del nivel medio del mar.

El impacto más obvio, cuando se piensa en ascenso del NMM, es precisamente la inmersión de las costas bajas que pasarán a estar totalmente cubiertas (Walsh *et al.* 2004).

Este fenómeno puede tener diferentes implicaciones según el tipo de costa que se trate y los ecosistemas que en ellas se desarrollen, pero será particularmente impactante en aquellos ecosistemas litorales emergidos, donde la influencia de los factores dinámicos como las mareas y el oleaje, tienen un efecto más directo sobre su comportamiento.

Mitriani *et al.* (2000) reconocen a los manglares como uno de los ecosistemas de mayor vulnerabilidad, los que por su ubicación en las zonas costeras más bajas, coinciden aproximadamente con las áreas de inundación permanente por ascenso del NMM. En este sentido, se encuentran expuestos directamente a una de las consecuencias del cambio climático, que es el ascenso del NMM (Morales, 2008; Planos *et al.* 2012).

Durante la segunda mitad del siglo XX el aumento promedio del nivel del mar ha sido de $1,43 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$; para el archipiélago cubano, el ascenso paulatino del NMM en lo que resta de siglo XXI (según el escenario A1C, 27 cm para el 2050 y 85 cm para el 2100), se considera la principal amenaza del cambio climático para Cuba y hasta el momento,

implica la disminución gradual de la superficie emergida en zonas bajas en 2 % para el año 2050 y 5 % a fines del siglo (Morales, 2008).

La evaluación cuantitativa de los impactos esperables para la EFI Baracoa con los escenarios de cambio climático estimados a largo plazo para el año 2100 indicó que un ascenso del NMM de 0,85 m, implicará una pérdida del 0,2 % (5,6 ha) de la superficie total de tierra firme en el patrimonio de la empresa, siendo las áreas más afectadas las ocupadas por la formación Manglar (tabla 18).

Tabla 18. Afectación de superficie esperable por aumento del NMM para la EFI Baracoa en el año 2100.

Unidades silvícolas	Lote	Área total	Área afectada	Rodal	Área total	Área afectada
		(ha)			(ha)	
Cayo Güín	12	1 261,30	0,90	19	60,59	0,90
	29	264,60	0,96	1	5,15	0,03
				4	23,48	0,41
				5	17,05	0,52
	32	670,91	1,42	1	2,17	1,05
				2	22,11	0,37
	Subtotal	2 196,81	3,28		130,55	3,28
Combate de Sabanilla	1	9 922,94	2,32	1	26,06	0,31
				3	3,29	1,54
				5	60,71	0,47
	Subtotal	9 922,94	2,32		90,06	2,32
Total		12 119,75	5.60		220.61	5.60

En la figura 5 se muestra la localización de las afectaciones por unidad silvícola, lotes y rodales.

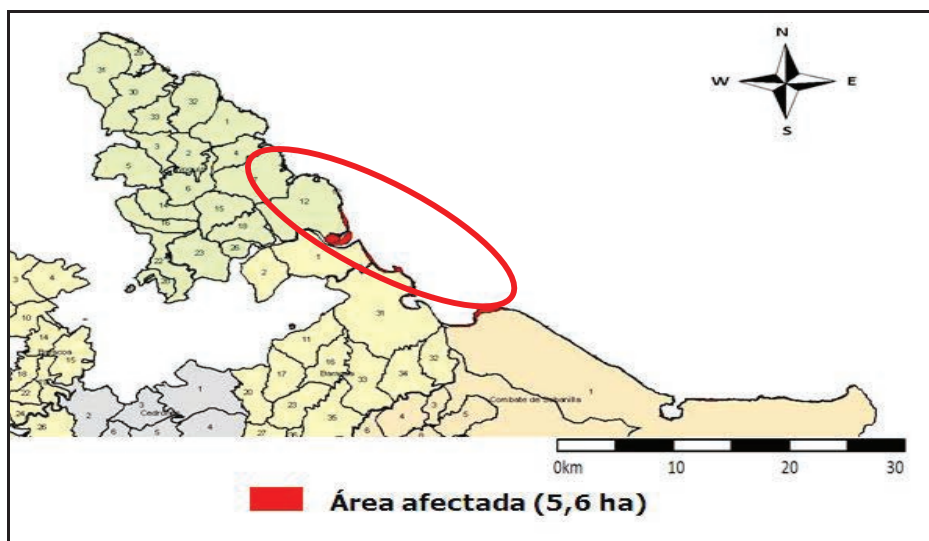


Figura 5. Representación gráfica de las afectaciones en la EFI Baracoa por penetración estimada del mar. Fuente: El autor.

Las unidades silvícolas que se verán afectadas por la penetración del mar para el año 2100 serán Cayo Güín y Combate de Sabanilla, con pérdida de áreas de 3,28 y 2,32 ha, respectivamente (tabla 16), considerándose esta inundación como uno de los problemas a enfrentar en el futuro, lo cual traerá aparejado los mayores impactos para las especies *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. (patabán) y *Rhizophora mangle* L., (mangle rojo), ambas representativas de la formación Manglar; siendo identificada esta última especie también para la unidad silvícola Combate de Sabanilla.

Este impacto está determinado por las características del relieve eminentemente montañoso que presenta el área que ocupa la empresa, ya que posee 95 % de su superficie montañoso, con pendientes mayores de 15 %, mientras que el 5 % restante se encuentra en áreas limitadas por los valles aluviales, llanuras aluvio-marinas y cárnicas. Las alturas oscilan entre la cota cero y los 665 m snm y en estas últimas o un poco más inferiores, es donde se localizan mayormente las áreas forestales de la

empresa, lo que favorece que no se vea fácilmente inundada con los escenarios de elevación del NMM. Atendiendo a ello es de esperar que el impacto debido al nivel de penetración del mar para el año 2100 no sea tan importante; sin embargo estos resultados indican que son áreas a las que se les debe prestar atención.

Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Ortiz (2010) en un estudio realizado para la zona sur de la península de Zapata el que arrojó pérdidas de 22 774,38 ha, debido a ser un área que se caracteriza por pendientes muy bajas, inferiores a 2 %, por lo que con los escenarios de inundación se ocuparían grandes extensiones, coincidiendo esto con lo planteado por Díaz *et al.* (2010) quien declara que el efecto de una misma tasa de incremento puede perturbar en diferente magnitud a cada región, dependiendo de variables tales como pendiente de la costa, tipos de playa, amplitud de marea, estado de los acuíferos costeros, asentamientos humanos, infraestructura urbana, así como el tipo actividades humanas que se realizan en la zona.

También son inferiores estos valores a los obtenidos en un estudio realizado por Cordero *et al.* (2009), que indicó que en el año 2100 el patrimonio de la EFI Mayabeque en la costa Sur presentaría una afectación de 8 889,6 ha, equivalente al 12 % del área total en la costa sur.

Para algunos autores el impacto del aumento del NMM podría ser la mayor amenaza que tendrán que enfrentar los manglares ante los efectos del cambio climático (Sánchez, 2008). La respuesta de esta formación dependerá de la tolerancia de cada especie al período, frecuencia y profundidad de inundación, pues se ha demostrado que las especies de mangle poseen diferentes tolerancias al cambio en el nivel del mar, a la salinidad y a las tormentas (McLeod y Rodney, 2006).

3.2. Potencial de retención de carbono.

3.2.1. Coeficientes de carbono en la madera.

En la tabla 19 se resumen los resultados del contenido de carbono en madera de las cinco especies estudiadas.

Tabla 19. Contenido de carbono en madera para las cinco especies evaluadas.

Especie	Carbono Madera (%)
<i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes	47,44
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	47,99
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	47,28
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	48,95
<i>Pinus cubensis</i> Sarg. ex Griseb	48,83

Las cuatro especies de latifolias muestreadas, alcanzaron valores por encima de 45 %, valor por defecto recomendado por el IPCC (1996b) para las regiones tropicales, mientras que en el caso de las coníferas, *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb mostró su valor por debajo de 50 %, que es el valor por defecto del IPCC. Estos resultados corroboran la importancia de contar con valores nacionales.

En tabla 20 se muestra que los coeficientes obtenidos para las condiciones edafo-climáticas de Baracoa mostraron diferencias significativas, respecto a los coeficientes reportados por el IPCC.

Tabla 20. Prueba t de Student para un parámetro.

Especie	Valor del parámetro probado	n	Media	DE	T	p (bilateral)
<i>Falcataria moluccana</i>	0,45	3	0,47	4,8 E-03	8,77	0,0127**
<i>Swietenia mahagoni</i>	0,45	3	0,48	0,01	5,66	0,0298 *
<i>Carapa guianensis</i>	0,45	2	0,47	1,3 E-03	23,95	0,0266 *
<i>Hibiscus elatus</i>	0,45	5	0,49	0,01	7,28	0,0019 **
<i>Pinus cubensis</i>	0,50	11	0,49	0,02	-2,47	0,0330 *

** 0,01: Muy significativo; * 0,05: Significativo

Para el cálculo de la retención de carbono con el SUMFOR los coeficientes de carbono en la madera recomendados internacionalmente, fueron sustituidos por los coeficientes obtenidos a nivel del patrimonio de la empresa. En la tabla 21 se resumen las incidencias en los resultados del carbono retenido por la biomasa utilizando los valores de la fracción de carbono por defecto y los nacionales.

Tabla 21. Carbono retenido en la biomasa utilizando dos fracciones de carbono.

Indicadores	Especies				
	<i>Pinus cubensis</i>	<i>Falcataria moluccana</i>	<i>Carapa guianensis</i>	<i>Swietenia mahagoni</i>	<i>Hibiscus elatus</i>
Biom*. total (kt)	1 209,70	2,61	0,05	0,69	69,68
FC** (%) IPCC	50,00	45,00	45,00	45,00	45,00
C en Biom.(kt)	60 485,00	117,45	2,25	31,05	3 135,60
FC nacional (%)	48,83	47,44	47,28	47,99	48,95
C en Biom.(kt)	59 069,65	123,82	2,36	33,11	3 410,84
Diferencia de C retenido (kt)	1 415,35	-6,37	-0,11	-2,06	-275,24
Diferencia entre FC	1,17	2,44	2,28	2,99	3,95
Diferencia de C retenido (%)	2	5	5	6	8

*Biom.: Biomasa; **FC.: Fracción de carbono

En la tabla 21 se puede apreciar que en la medida que aumenta la cantidad de biomasa es mayor la diferencia de la cantidad de carbono retenido, ya sea porque se superen los

valores cuando se utilizan los coeficientes nacionales como sucede con las latifolias o por debajo como es el caso del *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb, lo que demuestra la disminución de la imprecisión en los cálculos cuando se utilizan coeficientes nacionales. Estos resultados constituyen una contribución meritoria para minimizar las incertidumbres en las estimaciones de retención de carbono en el patrimonio de la EFI Baracoa y a nivel nacional.

3.2.2. Coeficientes de carbono en los suelos.

En la tabla 22 se resumen los resultados del contenido de carbono en dos tipos de suelos forestales de la EFI Baracoa.

Tabla 22. Contenido de carbono en dos tipos de suelos presentes en la EFI Baracoa.

Tipo de suelo	Contenido de Carbono (t/ha)
Ferralítico Rojo	23,32
Ferrítico Rojo	19,96

En tabla 23 se muestra que los coeficientes de las especies evaluadas mostraron diferencias significativas, respecto a los coeficientes reportados por Bolín y Sukumar (2000).

Tabla 23. Prueba t de Student para un parámetro.

Tipo de suelo	Valor del parámetro probado	n	Media	DE	T	p (bilateral)
Ferralítico Rojo	80	10	23,32	4,53	-39,59	0,0001 ***
Ferrítico Rojo	80	4	19,96	7,35	-16,34	0,0005 ***

*** 0,001: Altamente significativo

Para el cálculo de la retención de carbono con el SUMFOR los coeficientes de carbono en el suelo recomendados internacionalmente, fueron sustituidos por los coeficientes obtenidos a nivel del patrimonio de la empresa para los suelos Ferralítico Rojo y Ferrítico Rojo en plantaciones de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb.

En la tabla 24 se observa la diferencia del contenido de carbono en los suelos cuando se utiliza el valor por defecto reportado por Bolín y Sukamar (2000) para los bosques tropicales (para el caso de los pinares) y el valor nacional. Se puede apreciar que para ambos tipos de suelos las cuantías de retención de carbono son inferiores cuando se utilizan los coeficientes nacionales, o sea que se sobrestima el cálculo con el coeficiente internacional, lo que demuestra la disminución de la imprecisión en los cálculos con la conveniencia de utilizar valores nacionales.

Tabla 24. Carbono retenido en el suelo utilizando dos fracciones de carbono.

Indicadores	Suelos	
	Ferralítico rojo	Ferrítico Rojo
Valor nacional	23,32	19,96
Contenido de Carbono para los pinares (t/ha)	7 868,17	6 706,56
Valor por defecto*	80	80
Contenido de Carbono para los pinares (t/ha)	26 992,00	26 880,00
Diferencia de C retenido (t/ha)	-19 123, 83	-20 173,44
Diferencia entre valores	56,68	60,04

* Valor por defecto reportado por Bolín y Sukamar (2000).

3.2.3. Carbono retenido en la Empresa Forestal Integral Baracoa.

Compartiendo el criterio de (Avendaño *et al.* 2011), sobre la necesidad de conocer la cantidad de biomasa de las especies arbóreas para estimar la cantidad de carbono que

retiene un bosque, proceso que actualmente representa un servicio ambiental y por tanto constituye una alternativa para el manejo de recursos naturales, se realizó esta valoración en el patrimonio forestal de la EFI Baracoa.

- Bosques naturales (Por formación natural).

La EFI Baracoa cuenta con 30 434,60 ha de las cuales los bosques naturales ocupan unas 29 228,50 ha equivalente al 82 % de la superficie total de la empresa. Esta superficie se distribuye en nueve formaciones boscosas de las 16 presentes en el país según la clasificación de los bosques de Cuba hecha por Bisse (1988), las cuales retienen 5 966,15 kt de carbono hasta el año 2008 y de ellas 2 400,84 kt están acumuladas en la biomasa, prevaleciendo en su aporte las Pluvsilva de montaña con 1 131,41 kt, considerándose por esta razón como un reservorio de carbono de gran importancia para el sostén de la contribución ambiental de la entidad, pues acumula más de la mitad del carbono total retenido por los bosques naturales (figura 6, anexo 6).

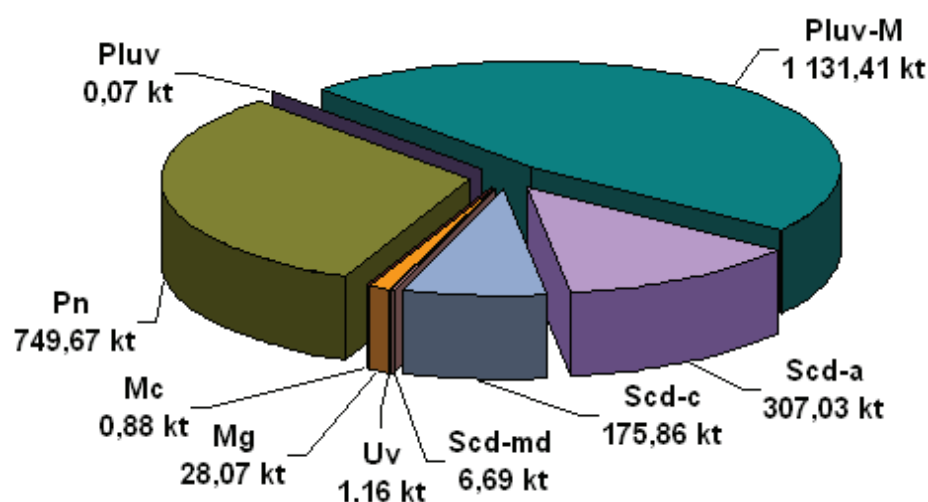


Figura 6. Carbono retenido en la biomasa de las formaciones boscosas naturales presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

La formación Pinar constituye la segunda formación boscosa en importancia para este objetivo, en tanto que los bosques Semicaducifolios se ubican en un tercer lugar y en particular, aquellos que se desarrollan sobre suelos ácidos. Sin embargo los Uverales, Pluvsilva y Manigua costera son los que tienen menor cantidad de carbono retenido en la biomasa.

Estos resultados también se ven fuertemente influenciados por la superficie que ocupa cada una de la formaciones estudiadas, aunque no se puede descartar que el hábito de crecimiento, las densidades de las maderas de las especies integrantes en cada ecosistema en particular y las condiciones edáficas también influyan en la capacidad de retención de carbono de la vegetación, como plantean Díaz y Romero (2000).

Según se refiere en el anexo 6 la media de la cantidad de carbono retenido por la biomasa de las formaciones forestales es de 0,20 kt/ha resultando este valor inferior al rango promedio total de carbono en la biomasa de bosques naturales de cinco zonas estudiadas en Venezuela por Delaney *et al.* (1997) las cuales reportaron valores de 0,30 kt/ha a 0,49 kt/ha; sin embargo, se encuentra en el rango reportado por Brown y Lugo (1982) para la biomasa aérea de los árboles tropicales con valores entre 0,02 kt/ha a 0,27 kt/ha.

Los suelos también contienen una extensa retención de carbono en el ecosistema terrestre (Moreno y Oberbauer, 2008). En relación con este criterio Jandl (2003) refiere que los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres, los cuales contienen cuatro veces la cantidad de carbono que la vegetación, encontrándose en la hojarasca, en el sistema radical vivo y muerto y en el carbono negro. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 % del total del

carbono del suelo a un metro de profundidad. Por eso merecen atención cuando se buscan mecanismos de retención de carbono

Según McVay y Rice (2002), el suelo constituye la segunda fuente más grande de carbono a nivel mundial, mientras que Arias *et al.* (2001), aseguran que el 75 % del carbono orgánico del suelo se localiza entre los 20 y 80 cm de profundidad.

Rodríguez *et al.* (2011) han señalado que el contenido de materia orgánica del suelo, y con ello la relación carbono-nitrógeno (C-N), está determinado sobre todo por el clima y la vegetación, mientras que también influyen otros factores como relieve, el tipo y la duración del suelo, por otra parte Cairo y Quintana (1983), afirman que la distribución de materia orgánica está determinada por el tipo de vegetación y que en el caso de los bosques el aporte principal es de la parte aérea, por ello la mayor cantidad de humus se encuentra en la superficie del suelo.

Los suelos que sustentan las formaciones boscosas naturales de la entidad en estudio retienen un total de 3 315,64 kt de carbono (anexo 6), siendo las Pluvisilva de montaña las que muestran la primacía con 62 %, mientras que la retención de carbono de las Pluvisilva representa menos del 1 % del total retenido, resultado relacionado con la escasa superficie que ocupan con 1,10 ha con respecto al resto de las formaciones (figura 7, anexo 6).

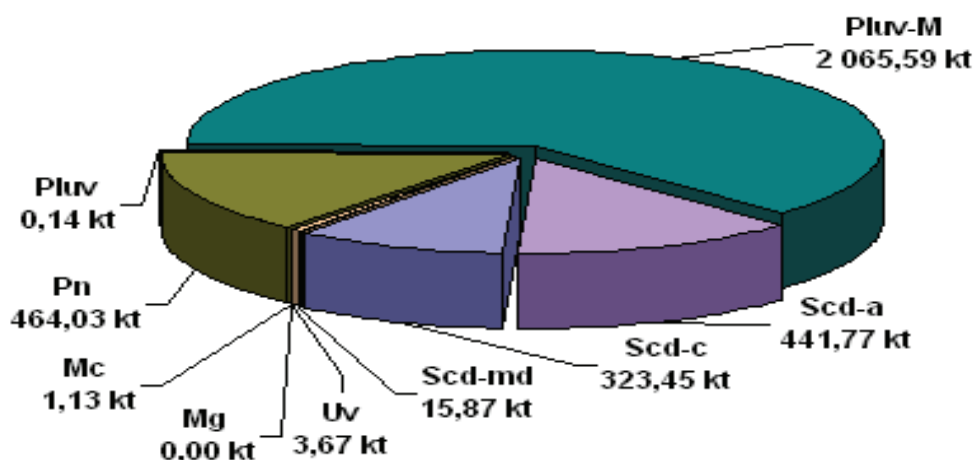


Figura 7. Carbono retenido en el suelo de las formaciones naturales presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

Para los Manglares no se reportan niveles de retención de carbono para este componente, lo cual está influenciado por la premisa metodológica que excluye el cálculo de carbono en el suelo para esta formación, dado que una parte importante del área cubierta pero no precisada de ella se encuentra en el agua, y como generalmente no es posible delimitar que parte está formada por suelo, se decidió omitir esta valoración como medida de seguridad (figura 7).

La formación que muestra los niveles más bajo de retención de carbono en sus suelos es la Manigua costera seguida del Uveral, con valores de 1,13 y 3,67 kt respectivamente (figura 7, anexo 6). En la última de estas dos formaciones, el bajo nivel de retención de carbono se considera que es debido a que la especie predominante presenta una hoja de constitución un poco coriácea lo cual implica que la descomposición de la misma sea más retardada, proceso influyente en la tasa de asimilación del carbono orgánico del suelo (COS), uno de los componentes principales de la retención de carbono en el sustrato, ya que la reducción del (COS) ocurre por la

reducción en la cantidad de biomasa que retorna al suelo en forma de materia orgánica, un incremento en el rango de mineralización ocasionado por los cambios en los regímenes de humedad y temperatura y una disminución en la cantidad de raíces o biomasa soterrada que retorna al suelo (Lal, 2006).

Estos resultados muestran que el carbono retenido por los suelos de los bosques naturales se distribuye por unidad de superficie a razón de 0,11 kt/ha encontrándose este valor superior a lo reportado por Feldpausch *et al.* (2004) en los suelos de un bosque secundario regenerado en el Amazonas, donde a una profundidad de 45,00 cm, se registra entre 0,04 y 0,08 kt/ha. Estos resultados son superiores además, a los reportado por Feller *et al.* (2007) en un estudio realizado en Martinica, donde se alcanzan valores de 0,02 y 0,03 kt/ha. Esto puede responder a las diferencias existentes en cuanto a condiciones edáficas y de temperaturas, factores que intervienen de forma decisiva en la regulación de la fijación de carbono, ya que estas modifican el proceso de formación y transformación de la materia orgánica en el suelo.

También se encontraron diferencias cuando se comparan el valor obtenido para los suelos de las formaciones naturales de la EFI Baracoa, siendo superior al reportado por la FAO (2006), para el suelo de la región del Caribe (0,07 kt/ha) e inferior al carbono estimado para los suelos de Cuba, en valores de 0,19 kt/ha, reportado por esta misma organización, para la evaluación de los recursos forestales del mundo en el año 2005 (FAO, 2005).

Al respecto Delaney *et al.* (1997), plantean que aunque la productividad de la biota sirve como entrada de carbono al suelo, otros factores tales como el tipo de suelo, su textura, mineralogía y el clima, regulan la cantidad.

Otro de los componentes importantes en el ciclo global de carbono es la necromasa, la que constituye una gran porción de la biomasa y de los nutrientes del ecosistema (Baker *et al.* 2007; Chao *et al.* 2009).

Este componente presenta un importante impacto sobre el carbono retenido en los sistemas forestales porque puede incrementar el riesgo de alteraciones, resultando en un aumento de la incidencia de fuegos, plagas y patógenos (Moreno y Oberbauer, 2008).

Existe escasa literatura que hace referencia a la evaluación de la necromasa en los ecosistemas forestales, aunque consideran que es corto el tiempo que se mantendrá secuestrado el carbono, mucho de éste se incorpora al suelo quedando almacenado por muchos años (Araujo *et al.* 2011).

Las estimaciones de carbono retenido por la necromasa en las formaciones naturales muestran variaciones entre 0,01 y 143,28 kt (figura 8, anexo 6), encontrándose una gran diferencia entre formaciones, siendo la Pluvial de montaña la que reporta los mayores niveles (57 %), pudiendo estar respaldado este resultado por la superficie.

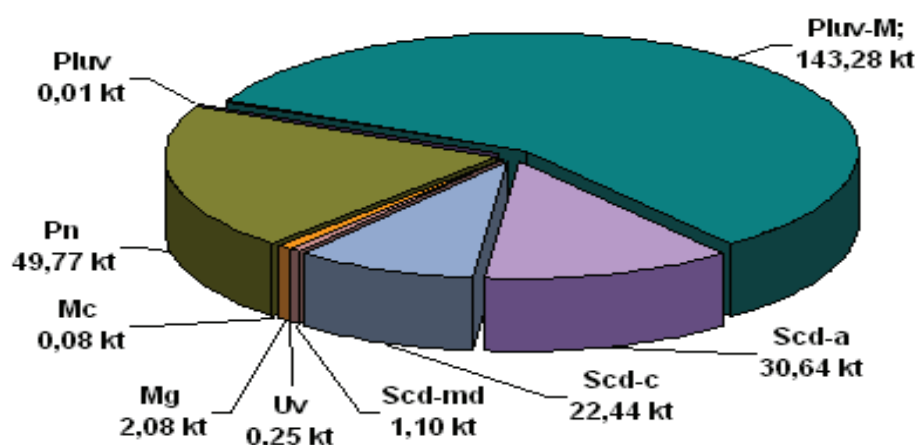


Figura 8. Carbono retenido en la necromasa de las formaciones naturales presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

Esta diferencia porcentual entre formaciones reafirma los planteamientos de Lal (2006) el cual notifica que el carbono en la materia orgánica depende de la calidad de la biomasa y se reafirma la referencia de Le May y Kurz (2008), los cuales notifican que el monto de carbono, en este componente, es afectado por la vegetación, el tiempo y tipo del último manejo, así como de otros factores de sitio y climáticos. Además, Moreno y Oberbauer (2008) refieren que la tasa de descomposición de los materiales de madera caídos varía con la especie, tamaño del material muerto, tipo de material (ejemplo: corteza, si es madera blanda o dura) y la condición de sitio (ejemplo: temperatura, humedad).

En resumen se puede observar que los bosques Pluvialva de montaña constituyen la formación forestal que muestra mas carbono total retenido con 3 340,28 kt, lo que representa el 55,99 % del total retenido (5 966,15 kt) por las formaciones forestales hasta el 2008, estando representado en su mayor cuantía en los depósitos de carbono (biomasa y suelo) estimados en este estudio. Esta retención es secundada por los pinares y en una menor cuantía por los bosques Semicaducifolios (anexo 6). Esto se debe fundamentalmente a que la formación Pluvialva de montaña aparece con la mayor extensión superficial y volumen en el área que ocupan, lo cual guarda relación de proporcionalidad directa con la biomasa estando en correspondencia con lo planteado por Segura (2001), aunque no se puede descartar que el hábito de crecimiento, las densidades de las maderas de las especies integrantes de cada ecosistema en particular, así como las condiciones edáficas, también influyen en la capacidad de retención de carbono de la vegetación como plantean Díaz y Romero (2000).

Cuando se analizan estos resultados a nivel de hectárea, se encontró que proporcionalmente la formación Manigua costera pasa a ocupar una posición cimera, con aportes de 0,23 kt/ha, secundada por las formaciones Pinar y Semicaducifolio sobre suelos ácidos que igualan sus valores con retenciones de 0,22 kt/ha; superando en cualquiera de estos casos a la Pluvilva de montaña que cuantifica 0,20 kt/ha (anexo 6), dado fundamentalmente porque preservan una biomasa superior por hectárea al registrar valores de 0,20, 0,27 y 0,17 kt/ha para Manigua costera, Pinar y Semicaducifolio sobre suelos ácido respectivamente y las Pluvilva de montaña almacenan 0,14 kt/ha (figura 9).

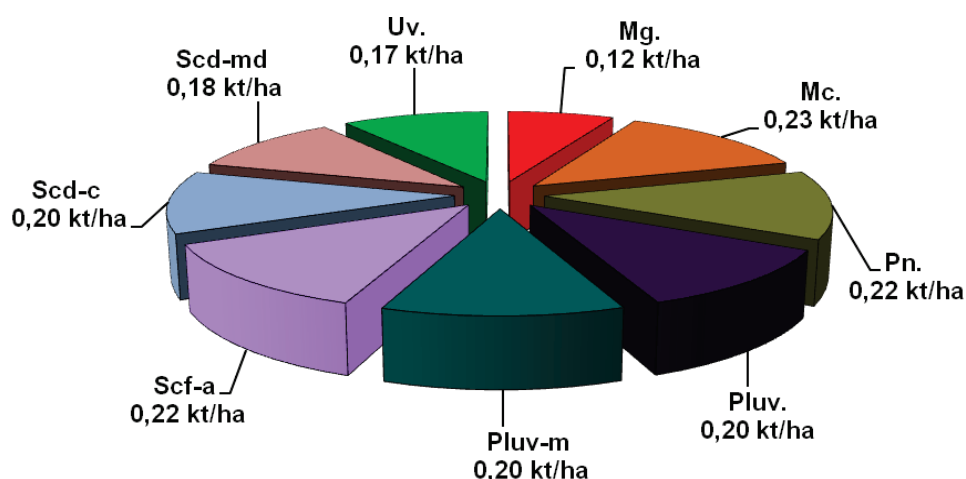


Figura 9. Carbono total retenido en las formaciones boscosas naturales presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt/ha).

- Bosques naturales (categorías de manejo).

Los bosques para un mejor manejo se agrupan en categorías según su función y ubicación. De las cinco categorías de manejo existentes en los bosques naturales de la

empresa, son los bosques Productores los que reportan la mayor cantidad de carbono en la biomasa con 1 260,15 kt (52 %), dado porque concentran la mayor cantidad de biomasa (2 679,74 kt), además de ser una categoría en la que predomina el *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb, especie de crecimiento rápido; siendo esta característica favorable para incrementar los niveles de retención de carbono. Esta superioridad de los bosques productores está seguida de los bosques Protectores de agua y suelos con aportes de 1 046,20 kt (figura 10, anexo 7).

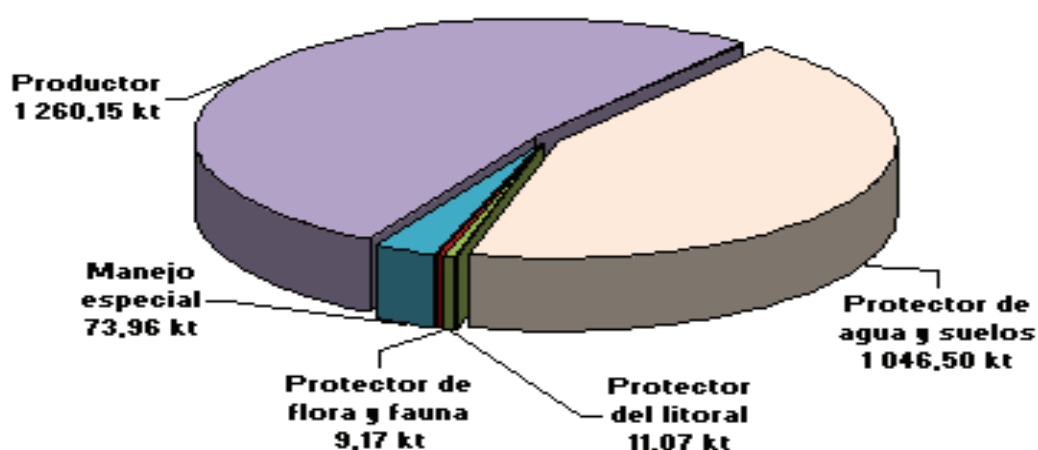


Figura 10. Carbono retenido por la biomasa de las categorías de manejo presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

En cuanto al carbono total retenido en los suelos la preponderancia se distingue en los que ocupan los bosques Protectores de agua y suelos (figura 11, anexo 7) con el 56 % del carbono retenido (1 865,31 kt).

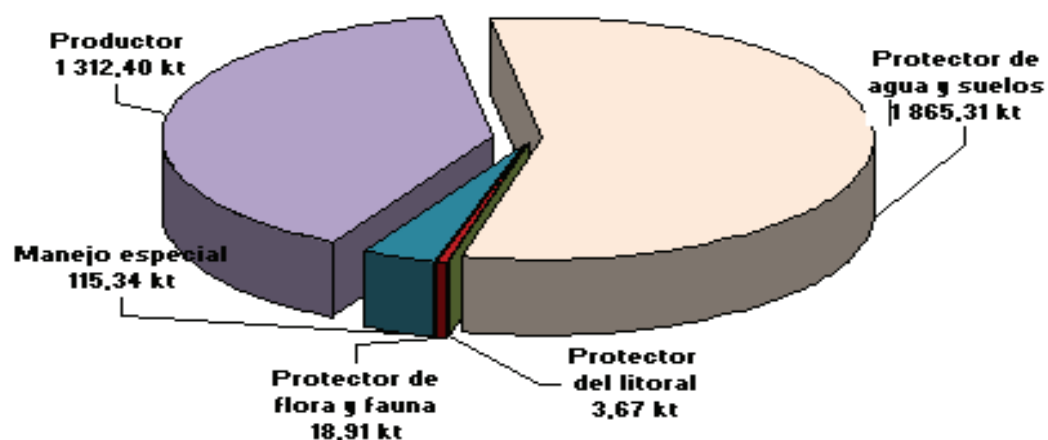


Figura 11. Carbono retenido por los suelos de las categorías de manejo presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

Estos resultados validan los criterios de Jarvis y Linder (2007) al referir que la cantidad de carbono retenido en el suelo depende de los desechos bajo el suelo (raíces) y restos de corta que existan sobre éste (tocones, ramas cortadas).

En lo que a carbono presente en la necromasa se refiere, constituyen los bosques Protectores de agua y suelos los de mayor retención, aspecto evidenciado en la figura 12.

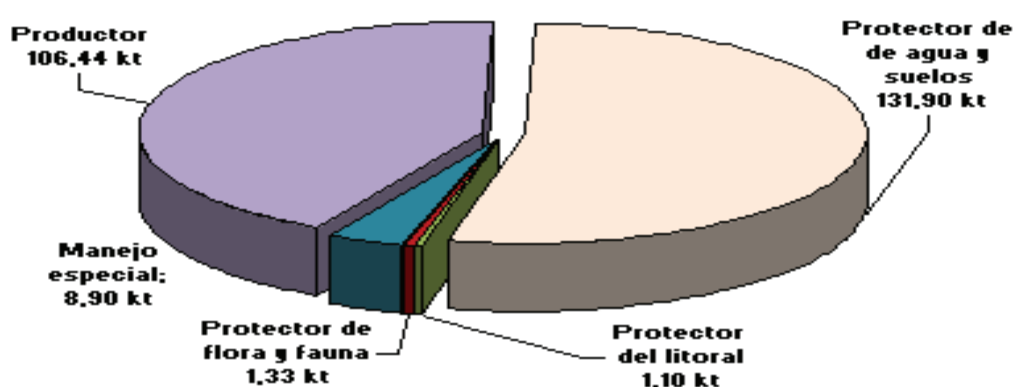


Figura 12. Carbono retenido en la necromasa por las categorías de manejo presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt).

En cuanto al carbono total retenido por las categorías de manejo de la empresa estas retienen 5 966,15 kt de carbono total, estando almacenada la mayor concentración en el sustrato y la biomasa con valores de 3 315,64 kt y 2 400,84 kt respectivamente; siendo los bosques Protectores de agua y suelos los que muestran los valores más altos de retención de carbono total (51,02 %), seguido de los Productores (44,90 %) y los valores inferiores (0,23 %) están presentes en los Protectores del litoral (anexo 7); categoría de manejo que está representada fundamentalmente por la formación Manglar y como se ha fundamentado anteriormente en otros acápites no fue considerado en la valoración del carbono en los suelos.

No obstante a nivel de hectárea, los bosques productores, superan a los protectores de agua y suelos con aportes de 0,22 kt/ha vs. 0,20 kt/ha (figura 13, anexo 7), dado porque los productores preservan una biomasa superior por hectárea al registrar 0,21 kt/ha y los protectores de agua y suelos almacenan 0,14 kt/ha. El mayor aporte en el total del carbono retenido en los bosques productores recae en el suelo, ya que como resultado del aprovechamiento que se realiza en la misma por estar destinada a satisfacer las demandas productivas de la empresa; acumula una gran cantidad de biomasa residual (restos de corta, tocones, ramas cortadas) que contribuye al incremento de carbono en los suelos, lo que está respaldado por los criterios de Jarvis y Linder (2007) al referir que la cantidad de carbono retenido en el suelo depende de los desechos bajo el mismo y de los restos de corta que existan sobre éste y consolidan las aseveraciones referidas por Bravo *et al.* (2008b) al informar que el carbono retenido varía en dependencia de los objetivos y manejos del bosque, incluyendo si estos son manejados como áreas productivas o de conservación pues estas últimas tienen un impacto

limitado sobre el carbono removido a medida que los árboles alcancen su madurez, ya que en esta etapa de la vida las tasas o niveles de remoción de CO₂ adquieren niveles más bajos.

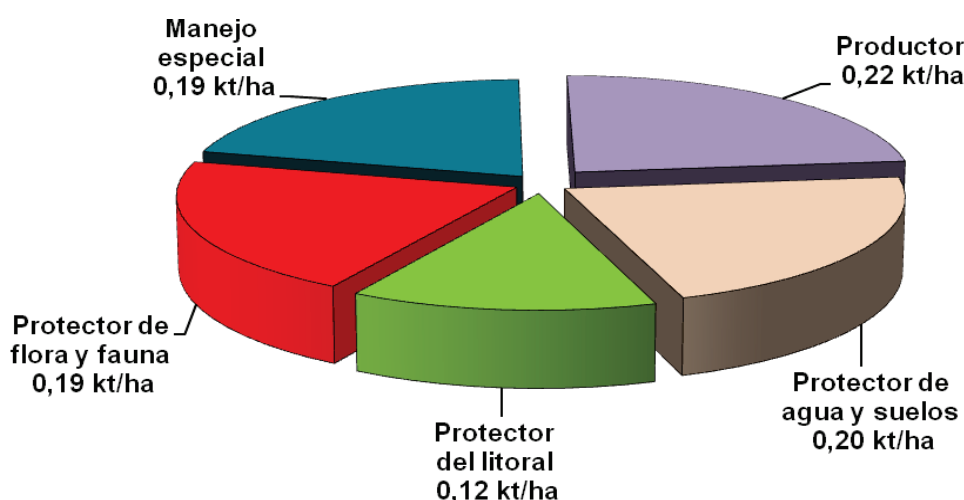


Figura 13. Carbono total retenido por las categorías de manejo presentes en los bosques naturales de la EFI Baracoa (kt/ha).

- Plantaciones.

En la biomasa de las plantaciones de la EFI Baracoa se retienen 665,73 kt de carbono, sobresaliendo *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. con un total de 570,37 kt, estando este resultado respaldado por la mayor representatividad de la especie (4 093,90 ha) y a su vez, un mayor aporte en volumen maderable de 476 057,00 m³ (anexo 8), lo cual está en correspondencia con lo planteado por Segura (2001) acerca de que el volumen maderable de cada especie guarda relación de proporcionalidad directa con la biomasa y a su vez con la retención de carbono.

Según Bonilla *et al.* (2011) una de las vías para incrementar los niveles de “almacenamiento” de carbono consiste en fomentar plantaciones con especies de

rápido crecimiento y en Cuba las especies de pino nativas tienen la característica de poseer un crecimiento relativamente rápido y por ello tienen gran potencialidad como sumidero de carbono, esto denota la superioridad de esta especie con respecto al resto en cuanto al potencial de retención de carbono, por la capacidad biológica intrínseca de ser una especie de rápido crecimiento, debido a su carácter heliófilo no tolerante de la excesiva competencia y por poseer en su biomasa grandes cantidades de lignina que la hacen mucho más promisorias para cumplir con el objetivo de retención de carbono.

Los valores inferiores fueron mostrados por *Coccoloba uvifera* (L.) L., *Guaiaacum officinale* L., *Carapa guianensis* Aubl. y *Trichilia hirta* L. las cuales acumulan menos de 1,00 kt de carbono (anexo 8). En la figura 14 se representa el carbono retenido en la biomasa total de las plantaciones forestales (solamente se señalan los valores de aquellas especies que acumulan mayor cantidad de biomasa).

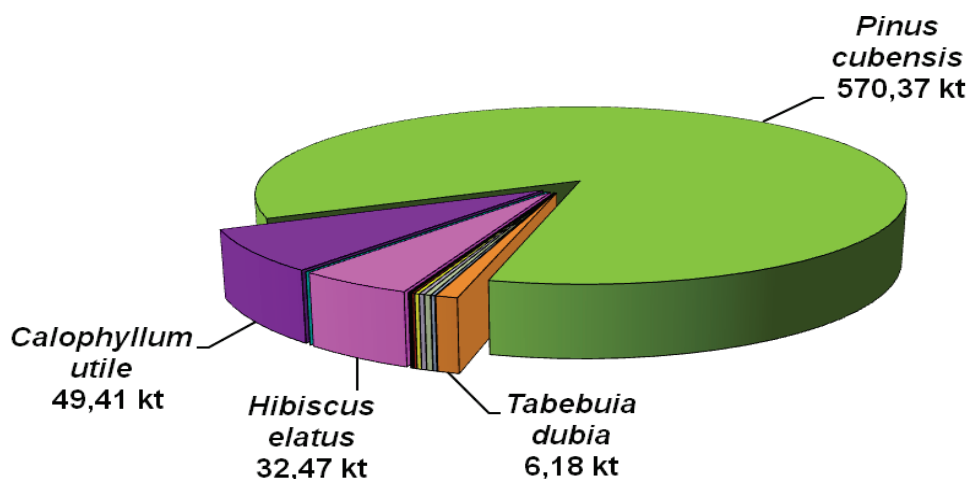


Figura 14. Carbono retenido en la biomasa total de las plantaciones forestales de la EFI Baracoa (kt).

Los suelos que sustentan las plantaciones forestales retienen un total de carbono 488,53 kt de carbono en una superficie de 5 403, 00 ha, evidenciándose la superioridad en los suelos que ocupa el *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb., constituyendo la especie arbórea de máximos acumulados de carbono en el suelo (327,51 kt), que representan el 67 % del total de carbono retenido en suelo por las plantaciones (figura 15, anexo 8). Tal resultado se encuentra influenciado por el área ocupada, siendo la especie de mayor extensión territorial (76 % del área total plantada), siendo la especie más representada en los planes de reforestación de la empresa, ya que como bien se había planteado con anterioridad la superficie de la vegetación influye mucho con los resultados obtenidos.

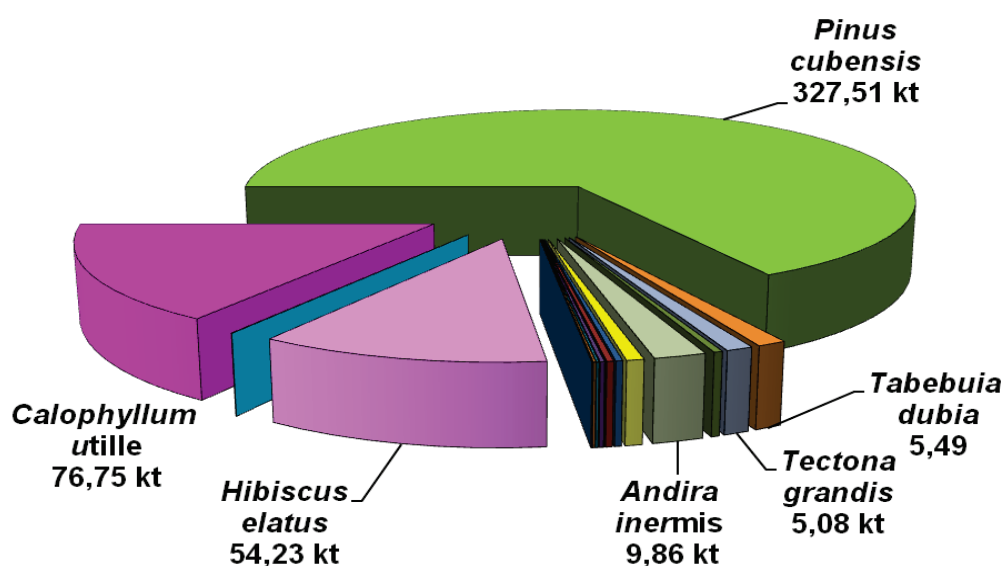


Figura 15. Carbono retenido en los suelos de las plantaciones forestales de la EFI Baracoa (kt).

A la retención de carbono de las plantaciones de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. le sigue el de las plantaciones de *Calophyllum utile* Bisse e *Hibiscus elatus* Sw. que

acumulan 11,53 y 8,15 % respectivamente del carbono total retenido en el suelo. Para las restantes especies los valores están por debajo del 3 %.

Esta diferencia porcentual también puede ser debido al grado de deposición de materia orgánica de las especies ya que de acuerdo con (Reichstein, 2007) cualquier cambio en el carbono en el suelo será causado por un desbalance entre el carbono que entra dentro del suelo por vía de la producción primaria y el perdido por vía de la descomposición, por lo que cualquier aumento en la producción primaria (biomasa) tenderá a incrementar el carbono secuestrado en el suelo, pues sobre éste incide el CO₂, deposición de N₂.

En las plantaciones de la EFI Baracoa se retienen entre 0,01 y 35,13 kt de carbono en la necromasa, siendo *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. la especie que aportó los mayores niveles con 76 % del carbono total retenido en la necromasa (figura 16), superioridad esta respaldada fundamentalmente por la superficie, el suelo y tipo de bosque (anexo 8).

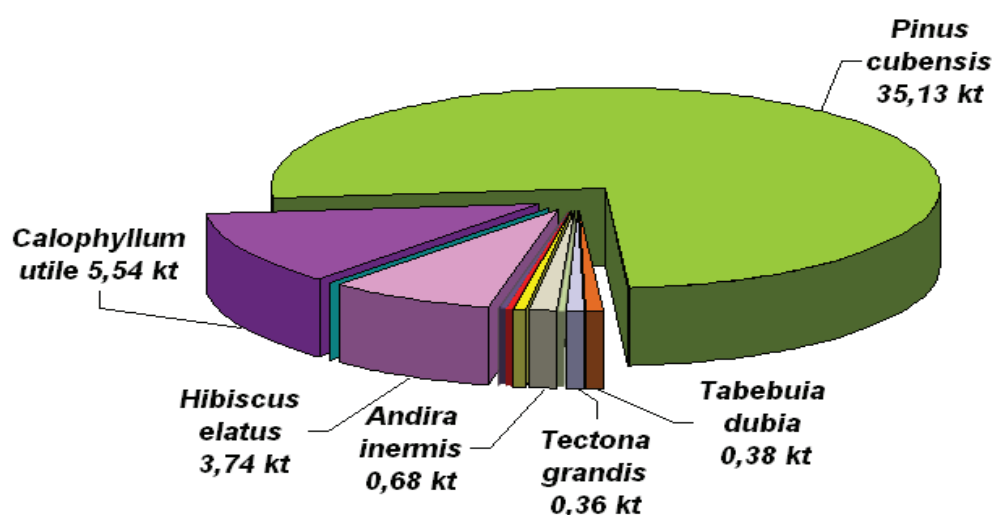


Figura 16. Carbono retenido en la necromasa de las plantaciones forestales de la EFI Baracoa (kt).

En cuanto al carbono total retenido por las plantaciones, estas añaden 1 200,76 kt al carbono total acumulado en los bosques naturales (anexo 8), destacándose las plantaciones de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. que representan el 78 % de la retención, seguido de las de *Calophyllum utile* Bisse y las de *Hibiscus elatus* Sw. con un 11 y 8 % del carbono retenido respectivamente. El resto de las especies representan menos del 5 % del total. En la figura 17 se reflejan los valores de la retención de carbono en las plantaciones forestales de la empresa por especie, destacándose las plantaciones de *Tabebuia dubia* (C. Wright) Britton ex Siebert., *Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes y *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb. con retenciones de 0,27, 0,25 y 0,23 kt/ha respectivamente (figura 17, anexo 8).

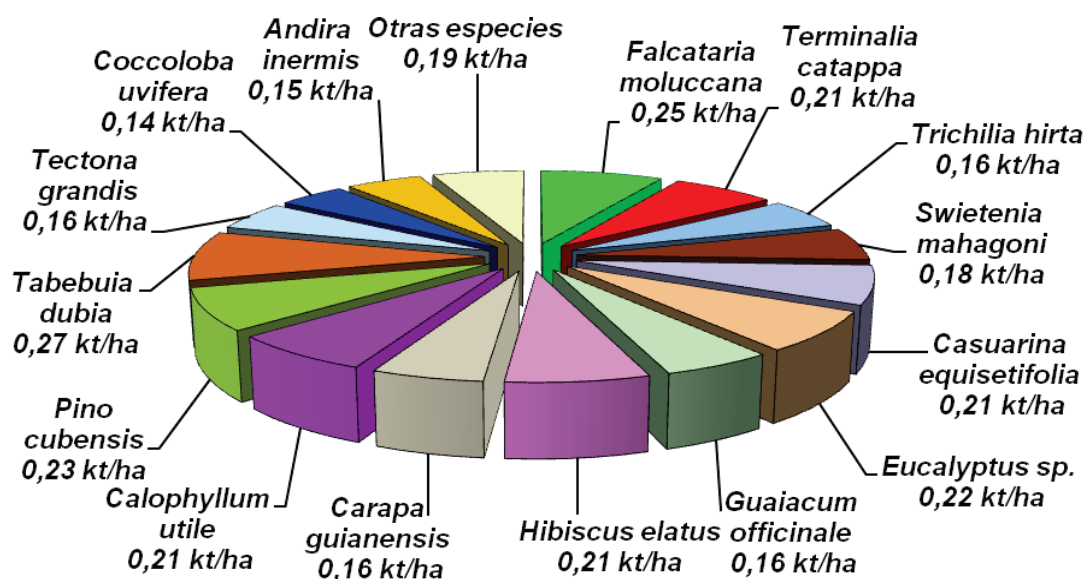


Figura 17. Carbono total retenido por las plantaciones forestales de la EFI Baracoa (kt/ha).

En general las plantaciones forestales han retenido un total 0,22 kt/ha de carbono. Este registro está en el rango de 0,14 - 0,27 kt/ha acumulando entre un 40 y 77 % del carbono retenido por la biomasa forestal en Cuba durante el 2005 según cifras del PNUD (2007) y en el rango de 0,20- 0,48 kt/ha para rodales de *Pinus patula*, en Colombia según lo demostrado por Lopera y Gutiérrez (2001). De igual manera estos valores de carbono total retenido por las plantaciones de la EFI Baracoa se encuentran entre las cuantías descritas por Kanninen (2000), el cual cita que las plantaciones en Costa Rica incluyen una cantidad de carbono entre 0,06 y 0,23 kt/ha.

Así mismo los suelos que sustentan el patrimonio de la EFI Baracoa, retienen un total de 3 830,26 kt de carbono en una superficie de 3 434,60 ha; a razón de 1,12 kt/ha, superior al reportado por Rodríguez (2005) para el estudio de mitigación de la EFI La Palma y al reportado por Mojena (2013) para la EFI Granma con retenciones de 0,10 kt/ha para ambos estudios.

- Áreas por re-forestar.

La vegetación presente en las áreas por re-forestar hace un aporte significativo al acumulado de carbono en el suelo y la biomasa. La entidad en estudio cuenta con una existencia total de 607,10 ha para almacenar en ellas un total de 32,18 kt de carbono (anexo 9) equivalente a 0,05 kt/ha, registro este similar al reporte de Cordero *et al.* (2004) en áreas de la EFI Mayabeque en el cual se registró un valor de 0,05 kt/ha y muy similar a lo reportado por Mojena (2013) para la EFI Granma quien reporta para las áreas por re-forestar de esa entidad 0,06 kt/ha.

- *Áreas inforestales.*

Las áreas inforestales son las menos representativas del patrimonio de la empresa en cuanto a superficie, contando con un total de 424 ha atendiendo a reportes ofrecidos en el 2008 por Rodríguez *et al.* (2009). Para el cálculo del carbono retenido solo se consideraron 22 ha, correspondientes a los territorios integradas por pantanos, pastizales y tierras agrícolas, el resto correspondía a territorios con construcciones. Las evaluaciones arrojaron un total de 3,22 kt de carbono total retenido, de las cuales 0,19 kt se encuentran retenidas en la biomasa y 3,02 kt en el suelo (anexo 9).

- *Carbono total retenido.*

La figura 18 muestra un resumen de los resultados del carbono total de la empresa. Un análisis general de los resultados alcanzados para el año 2008 muestra que la empresa retiene unas 7 202,99 kt a razón de 0,20 kt/ha, ubicándose en el rango promedio de almacenamiento de carbono de los bosques tropicales que según Hernández (2008), alcanza valores entre 0,07 y 0,40 kt/ha y siendo superior al obtenido para la EFI Granma, donde Mojena (2013) obtuvo valores de 0,12 kt/ha.

El carbono total retenido por la EFI Baracoa se encuentra reflejado en su mayor valor en los suelos (3 830,26 kt), secundados por la biomasa total (3 075,87 kt). Esta primacía de los suelos está en consonancia con lo planteado por Jandl (2003), quien expresa que los suelos son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres y que contienen cuatro veces la cantidad de carbono que la vegetación.

A su vez, ambos componentes (suelo y biomasa) se encuentran reflejados en su mayor cuantía en los bosques naturales que, fundamentalmente por su extensión aportan 5 966,15 kt y por las plantaciones establecidas con 1 200,76 kt (anexo 10), siendo

estas ultimas las que proporcionalmente retienen mas carbono que los bosques naturales (0,22 kt/ha vs 0,20 kt/ha), resultado este altamente influenciado porque las plantaciones incrementan su crecimiento a un ritmo mayor que los bosques naturales, y por ende acumulan más carbono en la biomasa corroborando lo planteado por Kyrklund (1990); aunque no se puede descartar que el hábito de crecimiento, las densidades de las maderas de las especies integrantes en cada ecosistema en particular y las condiciones edáficas también influyan en la capacidad de retención de carbono de la vegetación, como plantean Díaz y Romero (2000).

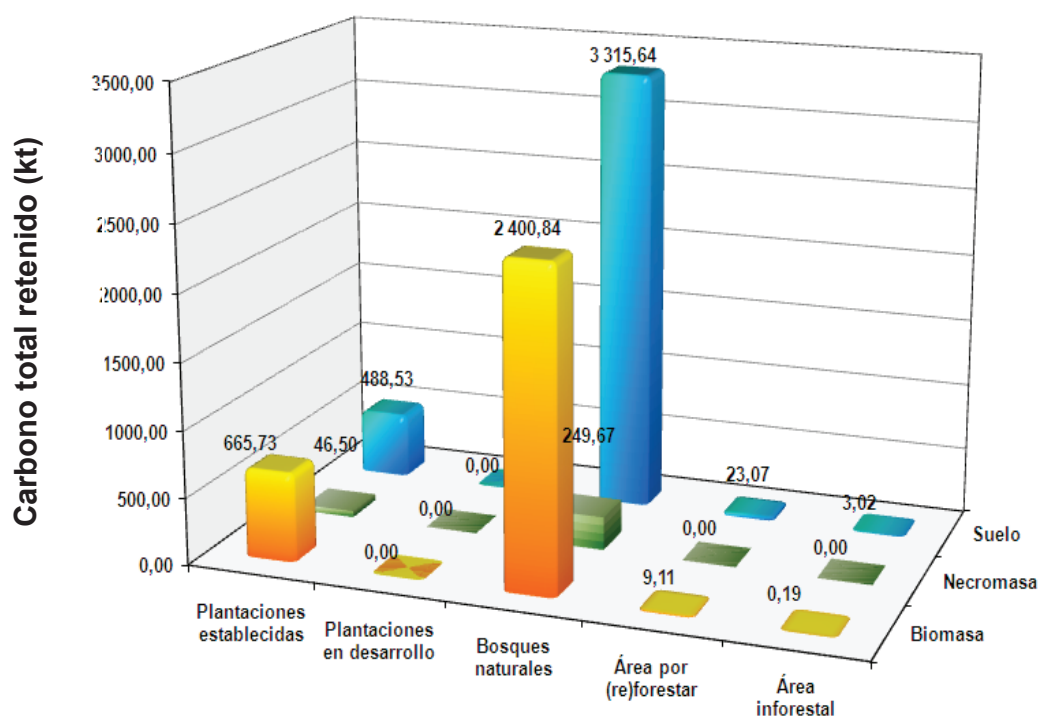


Figura 18. Estimado de carbono total retenido (kt) por la EFI Baracoa. Año base 2008.

En este estudio se mostró que la fijación de CO₂ por los bosques de la EFI Granma contribuye a estabilizar los niveles de CO₂ en la atmósfera, corroborando lo planteado

por Brown (1996) quien refiere que la forma principal a través de la cual los bosques pueden contribuir al cambio climático es mediante su influencia en los niveles de CO₂ de la atmósfera, y por consiguiente, en el ciclo global del carbono.

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 absorbido de la atmósfera 3,66 tCO₂, se estimó que los bosques de la EFI Baracoa han absorbido de la atmósfera hasta el año 2008 un total de 26 362 935,35 tCO₂ (26 362,93 ktCO₂), contribuyendo a disminuir el exceso CO₂ de la atmósfera; superando el estimado de 3 292 357,00 tCO₂ obtenido por Mojena (2013) para la EFI Granma, o sea cada hectárea de superficie de la EFI Baracoa ha contribuido a disminuir el exceso de CO₂ en la atmósfera, absorbiendo 7 675,69 kt/ CO₂ superando el estimado de 28,2 t para una hectárea típica, obtenido por Ramírez y Gómez (1999).

Estos resultados permiten validar el criterio universal de que los bosques son sumideros naturales de carbono, como lo han defendido Alfaro (1997); Pardos (1999), Emrich *et al.* (2000) y Brown (2002).

3.2.4. Línea base de retención de carbono para el periodo 2008-2018.

La tendencia que manifiesta el proceso de retención de carbono en cualquier empresa forestal es crucial para valorar su incidencia en la mitigación del cambio climático.

Asumiendo que en los próximos 10 años la empresa mantendrá un patrimonio y una gestión técnica similar a las presentadas en las tablas 2, 3, 4 y 5 y considerando el desarrollo futuro de las plantaciones y bosques naturales existentes en el 2008, la línea base proyectada presenta una variación en el tiempo ascendente (figura 19).

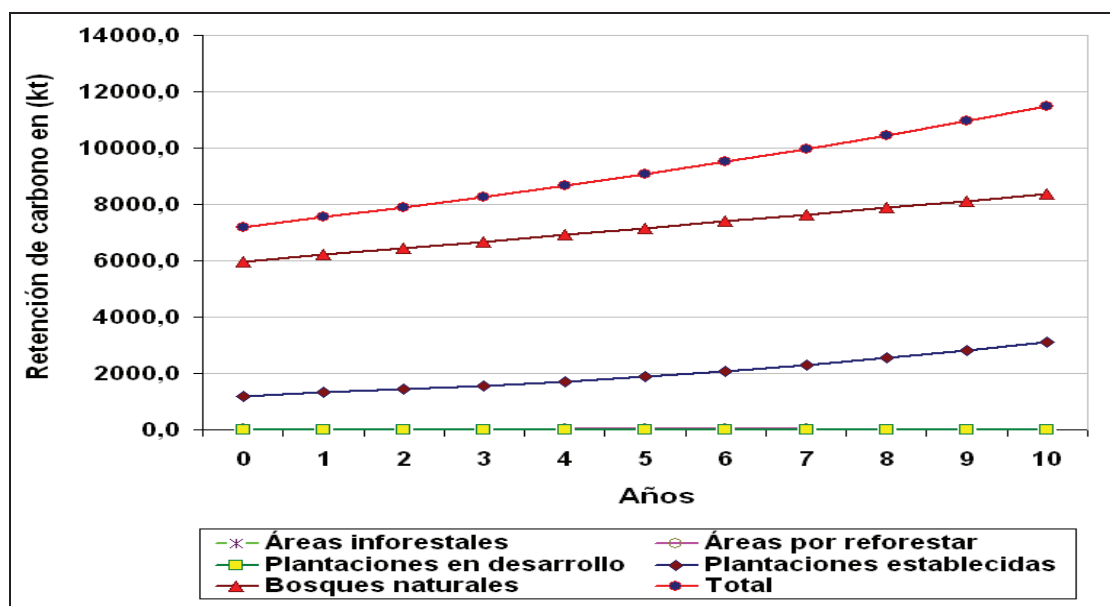


Figura 19. Representación gráfica de la línea base de la EFI Baracoa y de sus componentes.

La superposición de varias líneas del gráfico (áreas inforestales, plantaciones en desarrollo y áreas por reforestar) sobre el eje de las abscisa (eje X o coordenada horizontal) no significa que la variación temporal de sus valores sea cero, sino que debido a la escala utilizada en el gráfico y al valor de esos indicadores, estas líneas no pueden ser diferenciadas en la imagen. Lo anterior puede ser ratificado al observar los valores presentados en el anexo 11.

La proyección prevista refleja que en un plazo de 10 años la empresa aumentará su retención total de carbono en algo más de 4 292,91 kt de carbono con una media anual de unas 429,29 kt, siendo los bosques naturales los que presentan mayor acumulado de carbono, seguidos de las plantaciones establecidas, con 2 388,11 y 1 922,00 kt respectivamente (anexo 11), estos resultados difieren de los obtenidos por Mojena (2013) en un estudio realizado para la EFI Bayamo en el que se declaran a las

plantaciones como la que presentó los mejores acumulados de carbono.

3.2.5. Alternativa de gestión técnicamente más adecuada para aumentar el potencial de retención de carbono.

Los resultados de las alternativas de mitigación evaluadas se presentan en los anexos 12 al 19, indicando 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 $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, siendo esta última la más prometedora (figura 20, anexos 12 al 19); que de cumplirse la misma, le permitiría alcanzar al final del periodo una acumulación adicional de carbono superior a las 6 000,00 ktC (6 681,00 ktC).

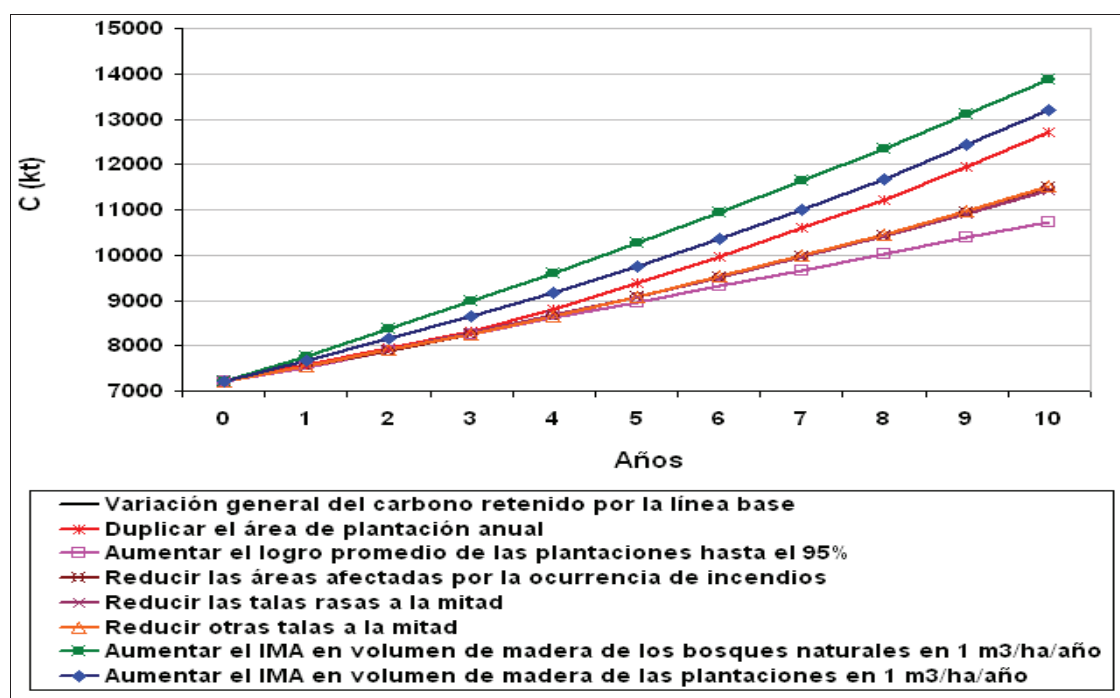


Figura 20. Alternativas de mitigación más prometedoras.

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 m³*ha-1*año-1 (Álvarez *et al.* 2010).

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, además 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.

3.3. Medidas de adaptación y mitigación

Tomando en consideración el grado de afectación previsto en cada periodo analizado para las áreas del patrimonio de la EFI Baracoa por las condiciones climáticas cambiantes y la evaluación de las alternativas simuladas, se proponen las siguientes medidas de adaptación y mitigación que podrían viabilizar en su patrimonio la adaptación a los impactos del cambio climático y la mitigación por concepto de retención de carbono.

3.3.1. Medidas de adaptación.

- Conservación *ex situ* de los recursos amenazados:

Para emprender esta medida es necesario localizar sobre el terreno ejemplares de cada una de estas especies, determinar su abundancia relativa, estudiar su fenología, recolectar material propagativo, definir el beneficio de las semillas y el manejo de las plántulas en vivero y en plantación. Esta medida permitirá garantizar la conservación de los genofondos de las especies amenazadas aplicando la conservación *ex situ* en otras zonas o áreas, así como el empleo de técnicas de conservación de material propagativo a largo plazo (que incluya polen, semillas y tejidos).

Esta medida podrá ser efectiva para aquellas especies presentes agrupadas en el segundo y cuarto grupo las que se distribuyen en toda la región nororiental del país, las cuales podrán ser conservadas en aquellas áreas que cuenten con las condiciones necesarias en lo que a requerimientos de altitud se refiere, lo que proporcionaría en caso de un continuado aumento de la temperatura, un desplazamiento ascendente, en aquellas áreas donde la formación Pluvisilva de montaña aparece por encima de los 600 msnm, específicamente en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa (Pico Cristal y Loma de la Mesura con 1 231 y 995 msnm respectivamente).

En el caso de las especies que componen los grupos uno y tres, se hace difícil su conservación *ex situ* debido a su alto grado de endemismo.

- Monitoreo de poblaciones forestales de interés y de la temperatura:

Esta medida consiste en elaborar un sistema de monitoreo a las áreas de distribución de las formaciones forestales de la EFI Baracoa y al aumento de la temperatura, con el fin de generar la información necesaria para la elaboración de propuestas de manejo de

las especies identificadas como vulnerables, para así asegurar la conservación de las mismas.

Para ello se debería empezar inmediatamente con las formaciones forestales más vulnerables y/o de mayor valor (en este caso, las Pluvisilvas de montaña) y posteriormente, a mediano plazo, se debería incluir toda la superficie forestal.

Los impactos que pueden derivarse de la implementación de estas medidas, serán positivos siempre y cuando los resultados sean utilizados para generar propuestas de manejo.

Esta medida se considera imprescindible dado el limitado conocimiento que existe en relación al funcionamiento de los ecosistemas en distintos escenarios de cambio climático y tomando en consideración lo planteado por autores como Sotolongo *et al.* (2009) que refieren que la ecología reproductiva y la dinámica de las poblaciones siguen siendo desconocidas o mal comprendidas para la mayoría de las especies arbóreas, criterio que se asume así especialmente para las especies arbóreas tropicales, por lo que no sería recomendable esperar a disponer de estos conocimientos para adoptar medidas de conservación.

- Establecimiento de un sistema de monitoreo permanente de la situación costera:

Permitirá conocer sistemáticamente el comportamiento con el nivel medio del mar y los efectos que se estén produciendo sobre los recursos arbóreos forestales del área y parte de las plantaciones que paulatinamente quedarán bajo las aguas. Además facilitará también conocer el comportamiento de la intrusión salina y su incidencia en las especies a utilizar en plantaciones.

-

- Identificación de las áreas que enfrenten riesgos de inundación inminente y permanente:

Facilitará la definición del momento a partir del cual el aprovechamiento de los recursos forestales maderables y no maderables en ellos existentes deberá ser priorizado.

3.3.2. Medidas de mitigación.

Tomando en consideración la evaluación de las alternativas simuladas, se identificaron 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:

- Aumento de la superficie anual de plantaciones:

A la par que quedaría cubierta el área por reforestar en menor período de tiempo, proporcionaría 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 plantaciones y bosques naturales) son factible 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 y 11 % con valores superiores (anexo 20). Del total de rodales con densidad inferior a 0,7, 49 % están representados por los bosques productores y un 28 % por los bosques protectores o de conservación (anexo 21).

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.

- Se proyecta para el periodo 2011-2099 que el clima de la región evolucionará hacia un clima más cálido, acompañado de variaciones estacionales de las precipitaciones y que esto pudiendo provocar el desplazamiento altitudinal de algunas especies.
- La proyección del aumento del nivel medio del mar basado en el escenario AIC hasta el 2100 posibilita delimitar el área del patrimonio de la empresa que será afectada, siendo las unidades silvícolas afectadas, Cayo Güín y Combate de Sabanilla.
- Las potencialidades de retención de carbono para la EFI Baracoa en su año base estimado están reflejados en su mayor cuantía en los bosques naturales.
- 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 1m³/ha/año en los bosques naturales la de mayor perspectiva.
- Las medidas de adaptación están dirigidas a viabilizar en el patrimonio de la empresa la adaptación a los impactos del cambio climático mediante la conservación *ex-situ*, el monitoreo del aumento de la temperatura ambiental, de las especies amenazadas y de la penetración del mar, y las de mitigación al aumento de la retención de carbono mediante el incremento de la biomasa.

RECOMENDACIONES.

A la Empresa Forestal Integral Baracoa:

- 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 adaptación y mitigación seleccionadas.

Al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales:

- Continuar la investigación con el monitoreo del aumento de temperatura ambiental; los posibles cambios en el desplazamiento altitudinal de especies, y a la penetración del mar.
- Continuar los estudios para la determinación de los coeficientes de carbono en la madera de las especies y diferentes tipos de suelos, en las condiciones edafoclimáticas de la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, P., Strong, M.T. 2012. Catalogue of Seed Plants of the West Indies. Smithsonian contributions to botany; no. 98. 1221 p.
2. Acosta, M., Carrillo, F., Gómez, R.G. 2011. Estimación de biomasa y carbono en dos especies de bosque mesófilo de montaña. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas I.2 (4): 529-543, julio-agosto.
3. Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, J.A., Wang, T., Curtis-McLane, S. 2008. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. Evolutionary Applications 1 (1): 95-111, febrero.
4. Ajete, A., Mercadet, A., Álvarez, A., Fuentes, V.M., Rodríguez, P.E. 2006. Mitigación del cambio climático por concepto de fijación de CO₂ en los bosques de la EFI Baracoa, provincia Guantánamo: segunda aproximación. Revista Forestal Baracoa 25 (2): 43-50.
5. Ajete, A., Toirac, W., Mercadet, A., Conde, F. 2012a. Estimación del contenido de carbono en los bosques de la Empresa Forestal Integral Guantánamo. Revista Forestal Baracoa 31 (2): 3-8, julio-diciembre.
6. Ajete, A., Toirac, W., Rodríguez, P.E. 2012b. Evaluación de la capacidad de las áreas forestales de la EFI Baracoa para la reducción del efecto invernadero según indicador de manejo sostenible. Revista Forestal Baracoa 31 (1): 85-89, enero-junio.
7. Alfaro, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas forestales. Forestal Centroamericana 19 (6): 9-12.
8. Almenares, J.I. 2014. Comunicación personal.

9. Álvarez, A., Milián, C., Álvarez, L. 1998. Estudios de caso nacional para la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de la Habana. 23 p.
10. Álvarez, A. 2006. El cambio climático y el sector agrario cubano: Presentación al Consejo Técnico Asesor del Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones Forestales, marzo. La Habana. 26 p.
11. Álvarez, A. 2007. El cambio climático y la actividad agraria cubana. Situación del sector forestal. Conferencia Magistral. IV Congreso Forestal de Cuba (Palacio de Convenciones, 17-20 abril: La Habana) Cuba.
12. 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.
13. Álvarez, A. 2010. Riesgo que enfrentan las formaciones de montaña por los efectos del cambio climático: el Bosque nublado y el Bosque fresco. Suproyecto 12.69.02. Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategias de adaptación. Proyecto 11.69. Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Subsector Forestal. Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana. 20 p.

14. Álvarez, A., Mercadet, A., Yero, L., Zulueta, I., Ortiz, O., Ajete, A., Suárez, T. 2010. Formulación de estrategias de mitigación para Empresas Forestales, Subproy. 11.69.03: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos. Proy. 11.69: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático, Subsector Forestal, Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana. 54 p.
15. Álvarez, Y., Álvarez, A. 2011. Consecuencias del aumento del nivel del mar por el cambio climático en el Delta del Cauto. V Congreso Forestal Internacional (Palacio de las Convenciones, 25-29 abril: La Habana) Cuba.
16. Álvarez, A., Mercadet, A. 2012. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 248 p.
17. Araújo, M.B., Pearson, R., Thuiller, W., Erhad, M. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11:1504-1513.
18. Araujo, A., Parada, A., Terán, J.J., Baker, T.R., Feldespausch, T.R., Phillips, O., Brien, R. 2011. Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú: una comparación entre bosques de tierra firme y de bajos. *Revista Peruana de Biología* 18 (1): 113-118.
19. Arias, K., Ruíz, C., Milla, M., Fabio, H., Escobar, A. 2001. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales en Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*. 13 (5):1-11 [en

- línea]. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrd.org/lrrd13/5/ruiz135.htm>.
[Consulta: 5 de marzo 2013].
20. Arnillas, C.A., Tovar, C., Cuesta, F., Buytaert, W. 2012. Potenciales impactos del cambio climático sobre la biodiversidad en los Andes Tropicales. Serie Panorama Andino sobre Cambio Climático: Vulnerabilidad y Adaptación en los Andes Tropicales. CONDESAN, SGCAN. Lima-Quito [en línea]. Disponible en: http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/impactos_biodiversidad.pdf. [Consulta: 22 de octubre 2013].
21. Avendaño, D.M., Acosta, M., Carrillo, F., Etchevers, J.D. 2011. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. Forest [en línea]. Disponible en: <http://revistafitotecniamexicana.org/documentos/32-3/8a.pdf> [Consulta: 13 de marzo 2012].
22. Baker T.R., Coronado, E.N., Phillips, O.L., Martin, J., Heijder, G.H, García, M., Silva Espejo, J. 2007. Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. *Oecología* 152 (3): 495-504, febrero.
23. Bashkin, M.A., Binkley, D. 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. *Ecology* 79 (3): 828-833, abril.
24. Berazaín, R., Areces, F., Lazcano, J.C., González, L.R. 2005. Lista roja de la flora vascular cubana. Documentos del Jardín Botánico Atlántico (Gijón) 4:1-86 \ 5. 86 p.
25. Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 384 p.

26. Bolin, B., Sukumar, K. 2000. En: M. Kanninen. 2001. Bosques tropicales y ciclo de Carbono. CATIE. Curso Internac. "Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético. Oportunidades de Desarrollo para los países Latinoamericanos". CATIE-PNUD, Costa Rica, 24-28 septiembre.
27. Bonilla, E. 2009. Uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus montezumae* Lamb. 70 h. Tesis (en opción al título de Ingeniero Forestal). Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Mexico.
28. Bonilla, M., Martínez, L.W., Pita, S., Bonilla, R., Villalba, M.J., García, M., Carballo, L., Domínguez, O., Zaldivar, A., Domínguez, O., Betancourt, Y., León, M.A., Frías, M. 2011. Potencialidades ambientales y económicas de las plantaciones de pino como sumideros de carbono en la Empresa Forestal Integral de "Viñales". Informe Final de Proyecto. Programa: Los cambios Globales y la evolución del medio ambiente cubano. Universidad de Pinar del Río. Facultad Forestal y Agronomía, Departamento Forestal. 43 p.
29. Bowman, W. 2005. The response of alpine plants to environmental change. Feedbacks to ecosystem function. En: Huber, U., Bugmann, H., Reasoner, M. Global change and mountain regions. An overview of current knowledge. Springer, Dordrecht. p. 377-382.
30. Bravo, F., Le May, V., Jandl, R., Von Gadow, K. 2008a. Managing forest ecosystems: The challenge of climate change. Managing Forest Ecosystem. Springer. 6 p.

- 31.Bravo, F., Del Río, M., Bravo, A., Del Peso, C., Montero, G. 2008b. Forest management strategies and carbon sequestration. Managing Forest Ecosystem. Springer. p. 79-194.
32. Brown, S., Lugo, A.E. 1982. The storage and production of organic matter in Tropical Forest and their role in the Global Carbon Cycle. Biotropica 4 (3): 161-187, septiembre [en línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org> [Consulta: 11 de marzo 2013].
- 33.Brown, S; Lugo, A.E. 1984. Biomass of Tropical Forests: A New Estimate Based on Forest Volumen. Science 223 (4642): 1290-1293, marzo [en línea]. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1692790> [Consulta: 11 de marzo 2013].
- 34.Brown, S. 1996. A primer for estimating biomass and biomass change in tropical forest. FAO Brown, S. 200 SW 35th St Corvallis, Oregon 97333, USA.
- 35.Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer. A forest resources assessment publication. FAO, Roma. Forestry Paper 134: 66.
- 36.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].
- 37.Cairo, P., Quintana, G. 1983. Suelo. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 366 p.

38. Canadell J.G., Kirschbaum, M.U.F, Kurz, W.A., Sanz, M.J., Schlamadinger, B., Yamagata, Y. 2007. Factoring out natural and indirect human effects on terrestrial carbon sources and sinks. *Science and Environmental Policy* 10: 370-384, febrero.
39. Capote, R.P., Menéndez, L. 2006. Ecosistemas de Manglares y cambios globales. En: Menéndez, L., Guzmán, J.M. *Ecosistemas de Manglar en el Archipiélago Cubano. Estudios y experiencia enfocados en su gestión*. La Habana. Editorial Academia. p. 315-321.
40. Centella, A., Llanes, J., Paz, L. 2001. Primera Comunicación Nacional de la República de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 169 p.
41. Centella, A., Bezanilla, A. 2008. Segunda comunicación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Escenarios climáticos simulados generados con el Modelo Climático Regional PRECIS para el ejercicio de integración Sur de la Habana. Instituto de Meteorología (INSMET), Ciudad del Habana, Cuba (Inédito). 39 p.
42. Chao, K.J., Phillips, O.L., Baker, T. R., Peacock, J., López, G., Vásquez, R., Monteagudo, A., Torres, A. 2009. After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences* 6: 1615-1626 [en línea]. Disponible en: <http://biogeosciences-discuss.net/6/1979/2009/bg-6-1979-2009.pdf> [Consulta: 9 de noviembre 2010].

43. CICC (Comisión Intersecretarial de Acción Climática). 2006. Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático/Semarnat, México.
44. Ciesla, W. 1995. Cambio climático, bosques y ordenamiento forestal, una visión de conjunto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Italia. 146 p.
45. Ciesla, W. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal, una visión de conjunto. Roma. FAO. 150 p.
46. CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente). 2011a. Macroproyecto sobre peligros y vulnerabilidad costera (2050-2100). Resultados generales. Directrices y plan de acción del macroproyecto. La Habana, Cuba (inédito).
47. CITMA. 2011b. Resolución No. 160 de 2011. Regulaciones para el control y la protección de especies de especial significación para la diversidad biológica en el país. Anexo único: Lista de especies. Interpretaciones y exenciones. p. 50-83.
48. CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 1992. Artículo 3: principios. p. 4-5 [en línea]. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> [Consulta: 22 de octubre 2013].
49. Colque, M.T., Sánchez, V.E. 2007. Los Gases Efecto Invernadero: ¿Por qué se produce el Calentamiento Global? Asociación Civil Labor/Amigos de la Tierra-Perú [en línea]. Disponible en:

<http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion%20abc%20cc.pdf>

[Consulta: 14 de febrero 2008].

50. Colwell, R.K., Brehm, G., Cardelus, C.L., Gilman, A.C., Longino, J.T. 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322: 258-261 [en línea]. Disponible en: <http://www.enviroment.ucla.edu/media/files/Colwell-Global-Warning2008.pdf> [Consulta: 20 de julio 2013].

51. Conde, A.C., Gay, C. 2008. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Centro de Ciencias de la Atmósfera (UNAM). 105 p.

52. Cordero, 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. III Congreso Forestal de Cuba (Palacio de las Convenciones, 14-16 septiembre: La Habana) Cuba.

53. Cordero, E.M., Mercadet, A., Álvarez, A., Hernández, H., Cárdenas, V. 2009. Estudio de Caso sobre el impacto del cambio climático en la costa sur de la provincia Habana. La Empresa Forestal Integral Mayabeque. IV Encuentro Internacional por el Desarrollo Forestal Sostenible (Palacio de las Convenciones, 14-17 abril: La Habana) Cuba.

54. Cuesta, F., Peralvo, M., Ganzenmuller, A., Saenz, M., Novoa, J., Río frío, G., Beltrán, K. 2006. Identificación de vacíos y prioridades de conservación para la biodiversidad terrestre en el Ecuador. *Ecociencia, The Nature*

- Conservancy, Conservation International, Ministerio del Ambiente del Ecuador. 58 p.
55. Cuesta, F., Peralvo, M., Ganzenmüller, A. 2008. Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales. Páramo y Cambio Climático. Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador/ EcoCiencia. Serie Páramo. 23 p.
56. Delaney, M., Brown, S., Lugo, E., Lezcano, A., Quintero, B. 1997. The distribution of organic carbon major components of forest located in five live zone of Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 13: 697-708.
57. Díaz, F., Romero, E. 2000. Cuantificación y valoración económica de la captura de CO₂ por plantaciones del género *Eucalyptus* establecido por el precio de las cuencas carboníferas del CESAR, IUFRO-RIFALC. Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono (Universidad de los Andes, 16-20 julio: Mérida) Venezuela.
58. Díaz, R., Acosta, M., Carrillo, F., Buendía, E., Flores, E., Etchevers, J.D. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Madera y Bosques* 13 (1):25-34.
59. Díaz, S.C., Aragón, E.A., Arreola, A., Brito, L., Burrota, M.S., Carreón, S., González, P., Manzano, M.M., Martínez, G., Padilla, G., Urias, D. 2010. Módulo Incremento del nivel medio del mar. 25 p [en línea]. Disponible en: http://spyde.bcs.gob.mx/cgds/files/proyectos/PEACC/Reporte_Final_NMM_PEACC-BCS.pdf [Consulta: 7 de diciembre 2013].

60. Dixon R., Brown, S., Houghton R., Solomon A., Trexler M., Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
61. Emrich, A., Pokorny, B., Sepp, C. 2000. Investigación de los bosques tropicales. Importancia del manejo de los bosques secundarios para la política de desarrollo. Eschborn. Ed: GTZ. 98 p.
62. FAO. 2005. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. p.129-147.
63. FAO. 2006. Las funciones del bosque en el cambio climático [en línea]. Disponible en: <http://www.Fao.org/forestry/site/17827/sp> [Consulta: 20 de febrero 2006].
64. Feldpausch, T.R., Rondon, M.A., Fernández, E., Riha, S., Wandelli, E. 2004. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in Central Amazonia. *Ecological applications* 14 (4): 164-176.
65. Felicísimo, A.M., Muñoz, J., Mateo, R.G., Villalba, C.J. 2012. Vulnerabilidad de la flora y vegetación españolas ante el cambio climático. *Ecosistemas* 21 (3): 1-6, septiembre-diciembre.
66. Feller, C., Clermont-Dauphin, C., Venkatapen, C., Albrecht, A., Arrouays, D. 2007. Soil organic carbon sequestration in the Caribbean. En: Freer, PH., Broadmeadow, M.S.J., Lynch, J.M. *Forestry and climate change*. p. 187-211.

67. Figueroa, C., Etchevers J. D., Velásquez, A., Acosta, M. 2005. Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la Sierra norte de Oaxaca. *Terra* 2: 57-64.
68. Flores, C. 2014. Líneas para la conservación de los recursos genéticos de *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson. 136 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor) Universidad de Pinar del Río, Cuba.
69. Fonseca, W., Benayas, J.M.R., Alice, F.E. 2011. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 262: 1400-1408 [en línea]. Disponible en: http://www2.uah.es/josemrey/Reprints/Fonseca_CarbonAccumulationYoungForests_FEM_2011.pdf [Consulta: 21 de mayo 2012].
70. Franco A., Hill, J., Kitschke, C., Collingham, Y., Roy, D., Fox, R., Huntley, B., Thomas, C. 2006. Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology* 12 (8): 1545-1553.
71. Galindo, L.M., Samaniego, J.L., Alatorre, J.E., Ferrer, J.A. 2013. Cambio climático y adaptación en América Latina División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos CEPAL Unidad de Cambio Climático. Santiago de Chile. 38 p [en línea]. Disponible en: <http://www.eclac.cl/ccas/noticias/paginas/9/49769/adaptacioneuroclima.pdf> [Consulta 28 de marzo 2014].
72. García, A., Muñoz, J., Andrés, N., Palacios, D. 2009. Relationship between climate change and vegetation distribution in the Mediterranean mountains:

- Manzanares Head valley, Sierra De Guadarrama (Central Spain). *Climatic Change* 100: 645-666.
73. Garduño, R. 2004. ¿Qué es el efecto invernadero? En: Martínez J., Fernández, A. Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT. México, D.F. p. 29-39.
74. Garrido, S. 2010. Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y seguridad alimentaria en El Salvador. Unidad Ecológica salvadoreña (UNES). 42 p [en línea]. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RXSANY64DRUJ:unes.org.sv/sites/default/files/documentos/2012/03/impactosdelcambioclimatico.pdf+garrido+temperatura+biodiversidad+eventos+extremos&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=cu> [Consulta: 9 de abril 2013].
75. Gavilán, R.G. 2008. La vegetación de alta montaña. En: Redondo, M., Palacios, M., López, F., Santamaría y T.D. Sánchez. Avances en Biogeografía. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. España. p.165-174.
76. Gayoso, J.; Guerra, J.; 2005. Contenido de carbono en biomasa aérea de bosque nativo en Chile. *Bosque* 26 (2): 33-38.
77. Graumlich, L., Waggoner, L., Bunn, A. 2005. Detecting global change at Alpine treeline; Coupling paleoecology with contemporary studies. En: Huber, U., Bugmann, H., Reasoner, M. Global change and mountain regions. An overview of current knowledge. Springer, Dordrecht. p. 501-510.

78. Gutiérrez, V.H., Lopera, 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 (Valdivia, 18-20 octubre) Chile [en línea]. Disponible en: <http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposiocarbono/15Gutierrez.pdf> [Consulta: 11 de marzo 2007].
79. Gutiérrez, E.E. 2010. Efecto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas de México. 89 h. Tesis (en opción al título de Biólogo). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
80. Hampe, A., Petit, R. 2005. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology letter* 8: 461-467.
81. Hansen, J., Sato M., Kharecha, P., Russell, G., Lea, D., Siddall, M. 2007. Climate change and trace gases. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 365:1925-1954.
82. Hechavarría, O. 2009. Contribución del estudio de la fenología a la conservación de tres especies forestales arbóreas en Tope de Collantes. Cuba. 93 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
83. Hernández, L. 2008. Cambio global y su relación con la conservación y el uso sostenible de bosques neotropicales. CONFLAT IV: IV Congreso Forestal Latinoamericano (Centro de Convenciones Mucumbarila, 2-5 abril: Mérida) Venezuela.

84. Hernández, M., Boudet, D., Fonseca, C. 2011. La sequía en la zona oriental de Cuba y su proyección futura. VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. II Congreso Internacional de Cambio Climático (Palacio de Convenciones, 4-8 julio: La Habana) Cuba.
85. Herrero, J.A., Bravo, J.A., Gómez, L.M. 2005. Manual de Criterios e Indicadores de manejo forestal sostenible: una visión de futuro. Ciudad de La Habana. Ediciones Agrinfor. p. 36-37.
86. Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already here? *Trends in Ecology and Evolution* 15 (2): 56-61, febrero.
87. Husch, B.; 2001. Estimación del contenido de carbono de los bosques. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (Universidad Austral de Chile 18-20 octubre: Valdivia) Chile.
88. Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45: 27-36.
89. IIF (Instituto de Investigaciones Forestales). 1978. Manual de análisis del Laboratorio de Suelos, Foliar y Aguas. La Habana.
90. Imaña, E., Encinas, O. 2008. *Epidometría Forestal*. Primera Edición. Edikapas C.A. RELAFOR. 66 p.
91. InfoStat. 2012. InfoStat, versión 2012. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

92. INSMET (Instituto de Meteorología). 2010. Base de datos del clima.
93. IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 1996a. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Volumen 2. En: Houghton, J.T., Meira, L.G., Lim., B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., Callander, B.A. Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero. 31 p.
94. IPCC. 1996b. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook. Module 5: Land-Use Change & Forestry. 56 p.
95. IPCC. 2001a. Climatic Change 2001: impacts, Adaptation, and Vulnerability. En: McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., White, K. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. University of Cambridge. 18 p [en línea]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-syr/english/wg2-summary-policymakers.pdf> [Consulta: 13 de marzo 2008].
96. IPCC. 2001b. Special Report on Emissions Scenarios. En: Nakićenović, N., Davidson, O., Davis, G., Grubler, A., Kram, T., Lebre, E., Metz, B., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Sankovski, A., Shukla, P., Swart, R., Watson, R., Dadi, Z. Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 35 p.
97. IPCC. 2001c. Third assessment report-climate change, The scientific basis: summary for policymakers. A report of working Group I of the

Intergovernmental Panel on Climate Change. UNEP-WMO [en línea].

Disponible en: www.ipcc.ch [Consulta: 19 marzo 2011].

98. IPCC. 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (cinco volúmenes). En: Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Irving, W., Drug, T. 18 p [en línea]. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf [Consulta: 15 de marzo 2008].
99. IPCC. 2007a. Informe de síntesis. En: Pachauri, R.K., Reisinger, A. Cambio climático 2007: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. 104 p.
100. IPCC. 2007b. Summary for Policymakers. En: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 996 p.
101. IPCC. 2007c. Summary for Policymakers. En: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. Climate Change 2007: impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p. 7-22.

102. IPCC. 2013. Summary for Policymakers. En: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 33 p [en línea]. Disponible en: http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf [Consulta: 5 de diciembre 2013].
103. Irueta, S., Brum de Mello, O., Olano, W., Saizar, A. 2004. Programa de medidas generales de mitigación y adaptación al cambio climático en Uruguay . 59 p. [en línea]. Disponible en: http://archivo.presidencia.gub.uy/web/cambio_climatico/pmegema.pdf [Consulta 10 de diciembre 2013].
104. Jandl, R. 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (Universidad Austral de Chile 18-20 octubre: Valdivia) Chile.
105. Jandl, R. 2003. Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo. Forestal Iberoamericana 1(1): 57-62 [en línea]. Disponible en: <http://www.estrucrucplancom.ar/Articulos/verarticulos.asp?IDArticulo=1127> [Consulta: 13 de marzo 2012].
106. Jarvis, P.G., Linder, S. 2007. Forests remove carbon dioxide from the atmosphere: Spruce forest tales. En: Freer, P.H; Broadmeadow, M.S.J., Lynch, J.M.

- Forestry and climate change. CAB International. UK/USA/London. p. 60-72.
107. Jiménez, F. 2014. Comunicación personal.
108. Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S.S., Jenkins, G.J., Mitchell, J.F.B. 2004. Generating High Resolution Climate Scenarios using PRECIS, Met Office's, Hadley Center, Exeter, United Kingdom. 40 p [en línea]. Disponible en: <http://www.precis.org.uk> [Consulta: 17 de enero de 2013].
109. Kanninen, M. 2000. Secuestro de carbono en bosques, su papel en el ciclo global. En: Sánchez, M.D, Rosales, M. Agroforestería para la producción animal en América latina-II. Estudios FAO. Dirección de Producción y Sanidad animal. p. 99-110 [en línea]. Disponible en: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/0054435s/y4435s00.pdf> [Consulta: 13 de marzo 2011].
110. Kyrklund, B. 1990. The potential of forests and forest industry in reducing excess atmospheric carbon dioxide. Unasylva 43 (163): 12-14.
111. Lal, R. 2006. Soil carbon sequestration in Latin America. En: Lal, R.; Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Etchevers, J., Cerri, C.E.P. Carbon sequestration in soils of Latin America. Food Products Press. N. York, London, Oxford. p. 49-64.
112. Ledig, F.T., Rehfeldt, G.E., Sáenz, C., Flores, C. 2010. Projections of suitable habitat for rare species under global warming scenarios. American Journal of Botany 97 (6): 970-987.
113. Le May, V., Kurz, W.A. 2008. Estimating carbon stocks and stock changes in forests: linking models and data across scales. En: Bravo, F., Le May, V.,

- Jandl, R., Von Gadow, K. Managing Forest Ecosystems. Springer. p. 63-81.
114. Lien Skog, K., Brevik, R., Rypdal, K., Butenschon, S.H., Fremstad, E., Constance C., Laupsa, H. 2010. Auditoría sobre las Respuestas del Gobierno al Cambio Climático. Grupo de Trabajo de Auditoría sobre Medio Ambiente (WGEA) [en línea]. Disponible en: <http://www.environmental auditing.org> [Consulta: 25 de mayo 2012].
115. Lopera, A., Gutiérrez, M. 2001. Flujo de carbono y respuesta a diferentes estrategias de manejo en plantaciones tropicales de *Pinus patula*. Simposio Internacional de Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (Universidad Austral de Chile 18-20 octubre: Valdivia) Chile. 20 p.
116. López, M., Koning, F., Paredes, H., Benítez, P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidental de Ecuador. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH. Eschborn. Alemania. 32 p [en línea]. Disponible en: <http://www2.gtzt.de/dokumente/bib/02-5080.pdf> [Consulta: 22 de mayo 2008].
117. Louman, B., Fischlin, A., Glück, P., Innes, J., Lucier, A., Parrotta, J., Santoso, H., Thompson, I., Wreford, A. 2009. Forest ecosystem services: a cornerstone for human well-being. En: Seppälä, R., Buck, A., Katila, P. (eds.). Adaptation of forests and people to climate change - a global assessment report. IUFRO. Viena, Austria. p 15-27.

118. Magaz, A.R. 1989. Mapa de Hipsometría. En: Nuevo Atlas de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto de Geodesia y Cartografía. IV.1.2.3: 1.
119. Malcolm J., Liu, C., Neilson, R., Hansen, L., Hannah, L. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 20 (2): 538-548.
120. Mansourian, S.; Belokurov, A., Stephenson, P.J. 2009. La función de las áreas forestales protegidas en la adaptación al cambio climático. *Unasylva*, 60 (231/232): 63-69.
121. Martel, C., Cairampoma, L. 2012. Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en CICRA, Madre de Dios Perú. *Ecología Aplicada* 11 (2): 59-65, agosto-diciembre.
122. Masera, O. 1995. Carbon mitigation scenarios for Mexican forests: methodological considerations and results. *Interciencia* 20 (6): 388-395.
123. Masera, O. 2001. Carbon sequestration dynamics in forestry projects: the CO₂FIX V.2. Model approach. Simposio Internacional de Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (Universidad Austral de Chile 18-20 octubre: Valdivia) Chile. 13 p.
124. Matías, L. 2012. Cambios en los límites de especies arbóreas como consecuencia de las variaciones climáticas. *Ecosistemas* 21 (3): 91-96 [en línea]. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/703/682> [Consulta: 10 de marzo 2013].

125. McLeod, E., Rodney, S. 2006. Managing mangroves for resilience to climate change. IUCN, Gland, Switzerland. 64 p.
126. McVay, K.A., Rice, Ch. 2002. Soil organic carbon and the global carbon cycle. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 4 p [en línea]. Disponible en: <http://www.oznet.ksu.edu> [Consulta: 10 de octubre 2008].
127. MEA (Millenium Ecosystem Assessment). 2005. Evaluación de los ecosistemas del milenio, informe de síntesis. Washington D.C., USA. 43 p.
128. Melillo, J.M., Mcguire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore, B., Vorosmarty, C.J., Schloss, A.L. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. Nature 363: 234-240.
129. Méndez, A.L., Castro, L.R., Pérez, R., López, C.M., Lapinel, B., Pajón, J.M, Celeiro, M., Ortega, F., Hernández, M. 2008. Curso Cambio climático. Suplemento Especial, Primera Parte. Editorial Academia, La Habana. 16 p.
130. Menéndez, L., Prieto, A. 1994. Los manglares de Cuba: Ecología. p. 64-75. En: Suman, D.O. El ecosistema de manglar en América latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science y The Tinker Foundation. 263 p.
131. Mercadet, A., Álvarez, A. 2005. Metodología para el establecimiento de la línea base de carbono por las Empresas Forestales de Cuba. Informe final del Subproyecto 11.25.03. Programa Ramal de Medioambiente, Ministerio de la Agricultura. 27 p.

132. Mercadet, A., Álvarez, A. 2009. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Ortega, F., Fernández, L. y A. Volpedo. Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. RED CYTED 406RT0285. Efecto cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica. p. 107-118.
133. Mercadet, A., Álvarez, A. 2010. Modelación del ciclo de carbono de *P. caribaea* para objetivos productivos diferentes. Informe Final Subproyecto 11.69.03: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos. Proyecto 11.69: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana. 48 p.
134. Microsoft Encarta. 2009. Microsoft Corporation 1993-2008. Reservados todos los derechos.
135. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 1982. Norma Ramal 595. Tratamientos silviculturales. Coníferas y Latifolias. Raleos en plantaciones y bosques naturales. 14 p.
136. MINAG. 1998. Reglamento de la Ley Forestal No. 85. Resolución No. 330-99. Capítulo VI: Del aprovechamiento forestal. Sección séptima: prohibiciones y limitaciones de tala. Artículo 95-96. p. 21-23.
137. Mitrani, I., Pérez, R., García, O.F., Salas, I., Juantorena, Y. 2000. Las penetraciones del mar en las costas de Cuba, las zonas más expuestas y su sensibilidad al cambio climático. Instituto de Meteorología, CITMA, La Habana.

138. Mohren, G.M.J., Goldewijk, C.G.M. 1990. CO2FIX: A dynamic model of the CO2fixation in forest stands. "De Dorschkamp", Report 624, 35 p.
139. Mojena, O.E. 2013. Evaluación del potencial de retención de carbono por el patrimonio de la Empresa Forestal Integral Granma. 70 h. Tesis (en opción al título de Master en Gestión Ambiental) Universidad de Granma, Cuba.
140. Morales, A. 2008. Estado actual de las investigaciones de la influencia de los cambios climáticos sobre nuestros ecosistemas costeros. Proyecciones y tendencias de trabajos futuros. Taller Cambios Globales y Medio Ambiente. Tendencias mundiales, resultados y proyecciones de trabajo. Panel 1: Cambio global y clima (Acuario Nacional, 25-26 marzo: La Habana) Cuba.
141. Moreno, F.H., Oberbauer, S.F. 2008. Dynamics of soil carbon in primary and secondary tropical forests in Colombia. En: Bravo, F., Le May, V., Jandl, R., Von Gado, K. Managing Forest Ecosystems. Springer. p. 283-296.
142. Mutuo, P.K., Cadisch, G., Albrecht, A., Palm, C.A., Verchot, L. 2005. Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71: 43-54.
143. Nabuurs, G.J.; Mohren, G.M.J. 1993. En: M. Kanninen, 2001. Bosques tropicales y ciclo de carbono. CATIE. Curso Internacional Proyecto de cambio climático en los sectores forestal y energético. Oportunidades de Desarrollo para los países latinoamericanos.

144. Nogué S., Rull, V., Vegas, T. 2009. Modeling biodiversity loss by global warming on Pantepui, northern South America: projected upward migration and potential habitat loss. *Climatic Change* 94: 77-85.
145. Novua, O., Cejas, F., Pérez, J. 2013. Aplicación de un sistema de información geográfica para la determinación de áreas de conflicto en la vegetación originadas por cambios climáticos en zonas clave de la región oriental de Cuba. 19 p [en línea]. Disponible en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/index/assoc/HASH0104.dir/doc.doc> [Consulta: 5 de diciembre 2013].
146. Olivo, M.L., Martín, A., Sáez, V., Soto, A. 2010. Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar. Medio socioeconómico: área Cabo codera-Laguna Tacarigua, estado Miranda, Venezuela. *Terra Nueva Etapa* 26 (39): 59-75, enero-junio.
147. 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].
148. ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1992. Convenio sobre la biodiversidad biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 34 p.
149. Ordóñez, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. 265-295 h. Tesis (en

- opción al grado de Licenciatura) Universidad Autónoma de México, México.
150. Ordóñez, A. 1999. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. México D.F. 72 p.
151. Ortiz, O. 2010. Impactos del cambio climático en el sector forestal de la península Ciénaga de Zapata, Matanzas, Cuba. 264 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas). Universidad de Alicante-Universidad de Pinar del Río, Cuba.
152. Pacheco, F.C., Aldrete, A., Gómez, A., Fierros, A.M., Cetina, V.M., Vaquera, H. 2007. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *Pinus greggii* Engelm. Fitotecnia Mexicana 30 (3): 251-254.
153. Parada, D.; Álvarez, A.; Díaz, L., García, O. 2004. Mitigación del cambio climático por los bosques en la Empresa Forestal Ciego de Ávila (caso de estudio). III Congreso Forestal de Cuba (Palacio de las Convenciones, 14-16 de septiembre: La Habana) Cuba.
154. 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: fuera de serie 1: 93-99, diciembre.
155. Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 37: 637-669.
156. Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C., Grabherr, G. 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps:

- observations (1994-2004) at the GLORIA*master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147-156.
157. Paz, L.R., López, C., Pérez, R., Limia, M.E., Lapinel, B., Centella, A., Pajón, J.M., Caleiro, M., Ortega, F., Menéndez, A.L, Hernández, M. 2008. Efecto Invernadero. En: Carreiro, R., Moreno, H. *Curso Cambio Climático: Parte I*. Ediciones Academia. La Habana, Cuba. 16 p.
158. Paz, L.R. 2011. El cambio climático y sus consecuencias para Cuba. Centro del clima. Instituto de meteorología. 13 p [en línea]. Disponible en: <http://www.bimestrecubana.cult.cu/ojs/index.php/revistabimestre/article/download/58/39> [Consulta: 15 de junio 2012].
159. Pearson, R.G., Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
160. Peñuelas, J., Boada, M. 2003. A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology* 9: 131-140.
161. Pérez, R., Aguilar, G., Ballester, M., Carnesoltas, M., Cutié, V., Fonseca, C., González, C., Lapinel, B., Limia, M., Planos, E., Vega, R. 2013. Segunda Evaluación de las Variaciones y Tendencias del Clima en Cuba. Taller sobre la Vulnerabilidad y Adaptación en Cuba al Cambio Climático. La Habana, Cuba, 29 de marzo.
162. Peters, R.I., Darling, J.S. 1985. *The Greenhouse Effect and Nature Reserves*. Springfield., V.A. American Institute of Biological Science. 707 p.

163. Peterson, A.T., Sánchez, V., Soberon, J., Bartley, J., Buddemeier, R.W., Navarro, A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144: 21-30.
164. Peterson, A., Ortega-Huerta, M., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R., Stockwell, D. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
165. Pineda, M.R. 2011. El cambio climático como escenario en la gestión de los recursos forestales: cambio en el uso del suelo, almacenes de carbono y acciones de mitigación en una comunidad del Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México. 218 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor) Universidad de Santiago de Compostela, México.
166. Planos, E., River, R., Guevara, V. 2012. Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba. 426 p.
167. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2007. Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World. Edit: GreenInkInc. Nueva York, EEUU. 384 p.
168. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2005a. Manual de diversidad biológica. Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 27 p [en línea]. Disponible en: <http://www.pnuma.org/ciudadania/index.php> [Consulta: 17 de julio 2009].

169. PNUMA. 2005b. Manual de Cambio Climático. Proyecto Ciudadanía Ambiental Global. 33 p [en línea]. Disponible en: <http://www.pnuma.org/ciudadania/index.php> [Consulta: 17 de julio 2009].
170. Rada, M., Buitrago, J. 2009. Estimación del valor económico de la fijación de carbono en el parque nacional laguna de la restinga, Isla de Margarita, Venezuela. En: Ortega, F., Fernández, L., Volpedo, A. RED CYTED 406RT0285. Efecto cambios globales sobre el ciclo del carbono. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. p. 37-50.
171. Raev, I., Asan, Ü., Grozev, O. 1997. Accumulation of CO₂ in the above-ground biomass of the forests In Bulgaria and Turkey in the recent decades. Proceedings of the XI World Forestry Congress 1: 131-138.
172. Ramírez, O.A., Gómez, M. 1999. Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono. Forestal Centroamericana 27: 17-22, julio-septiembre.
173. Rathe, L. 2008. Plan de acción nacional de adaptación al cambio climático en la República Dominicana. Secretaría de Estado de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARENA). Proyecto de la Segunda Comunicación Nacional para la CMNUCC. Santo Domingo, República Dominicana. Noviembre 2008. 114 p.
174. Raxworthy, C., Pearson, R., Rabibisoa, N., Rakotondrazafy, A., Ramanamanjato, J.B., Raselimanana, A., Wu, S., Nussabaum, R.A., Stone, D. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in

Madagascar. *Global Change Biol* 14(8):1703-1720 [en línea]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1365486.2008.1596x.pdf?v=1t&=hng8cwfn&s=1505826f6d7b7cb5d090e1cebd2fd2f862b53fe2> [Consulta: 31 de octubre 2013].

175. Reichstein, M. 2007. Impacts of climate change on forest soil carbon: principles, factors, models, uncertainties. En: Freer, P.H.; Broadmeadow, M.S.J., Lynch, J.M. *Forestry and climate change*. CAB international. UK/USA/LONDON. p. 127-135.
176. Renda, A., Rodríguez, Y., Mercadet, A. 2011. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferralítico Rojo Amarillento. *Revista Forestal Baracoa* 30 (2): 61-66, julio-diciembre.
177. Renda, A., Rodríguez, Y., Mercadet, A. 2012. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnesial. *Revista Forestal Baracoa* 31 (2): 9-14, julio-diciembre.
178. Rodríguez, J.L. 2005. Estrategia de mitigación del cambio climático para la Empresa Forestal Integral La Palma. Pinar del Río, Cuba. 59 h. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
179. 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.

180. Rodríguez, G., Arnulfo, A., González, V.A., De Los Santos, H.M., Gómez, A., Fierros, A.M. 2011. Does thinning affect aboveground biomass accumulation in a *Pinus patula* plantation? *Agrociencia* 45 (6): 719-732, agosto-septiembre.
181. Rodríguez, Y., Renda, R., Mercadet, A. 2013. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. *Ferríticos. Revista Forestal Baracoa* 32 (1): 51-55, enero-julio.
182. Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C., Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421 (6918): 57-60.
183. Ruiz, J.F. 2007. Escenarios de cambio climático, algunos modelos y resultados de lluvia para Colombia bajo escenario A1B. nota Técnica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 55 p.
184. Rull, V., Vegas, T., Nogué, S. 2005. Climate change and diversity of the vascular in the high mountain range of Guyana. *Orsis* 20: 61-71 [en línea]. Disponible en: <http://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/teresa.vegas/ref-18/Cambio%20clim%c3%a1ico%20y%20flora.pdf> [Consulta: 17 de noviembre 2013].
185. Rull, V., Vegas, T. 2006. Unexpected biodiversity loss under global warming in the neotropical Guayana Highlands. *Global Change Biology* 12:1-9.
186. Salas I., Pérez R., Samper, S.T., Chávez, J.D., Pérez, A.L., Rodríguez, C., Pantaleón, B., Favier, L., Restivo, R. 2006. Impacto de la Surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos. Informe de

- proyecto del Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano. Archivo Científico del Instituto de Meteorología. 220 p.
187. Salas, I. 2008. Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los cambios climáticos. Taller de cambios globales y medioambiente: Tendencias mundiales, resultados y proyecciones de trabajo. Panel I: Cambio global y clima (Acuario nacional, 25-26 marzo: La Habana) Cuba.
188. Sánchez, R.O. 2008. Evaluación de Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación de la Biodiversidad al Cambio Climático en la República Dominicana. Informe final de consultoría. Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 45 p.
189. Sanz, M., Dana, E.D., González A., Sobrino E. 2003. Changes in the High-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany* 92: 273-280.
190. Sarre, A. 1994. Los bosques tropicales como sumideros de carbono. *Actualidad Forestal Tropical* 2 (2): 6, abril-junio.
191. Segura, M. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados del área de conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. 133 h. Tesis (en opción al grado científico de master). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
192. Segura, M. 2001. Estimación de carbono en ecosistemas tropicales: los aportes de modelos de biomasa. En: Curso Internacional Proyecto Cambio Climático en los Sectores Forestales y Energético: Oportunidades de desarrollo para

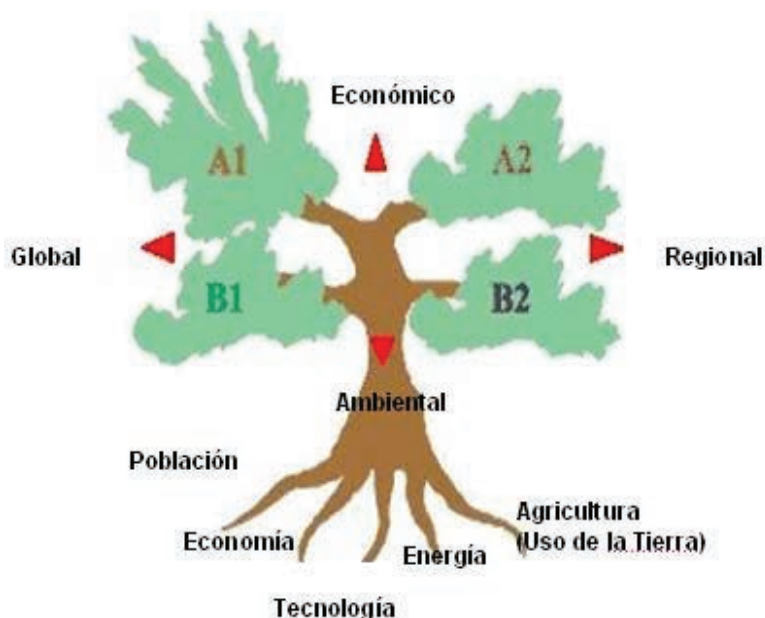
- países latinoamericanos (CATIE-PNUD, 24-26 septiembre: Turrialba) Costa Rica.
193. Segura M., Kanninen, M. 2002. Estimación de biomasa y carbono en ecosistemas forestales. En: Curso Internacional Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético (CATIE-PNUD, 23-27 septiembre: Turrialba) Costa Rica.
194. Sekercioglu, C., Schneider, S., Fay, J., Loarie, S. 2007. Climate Change, Elevational Range Shifts and Bird Extinctions. *Conservation Biology* 22(1): 140-150 [en línea]. Disponible en: http://www.researchgate.net/Publication/597055_Climate_elevational_range_shifts_and_bird_extinctions/file/d912f509290590d3b.pdf [Consulta: 11 de febrero 2013].
195. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Glosario de términos en cambio climático [en línea]. Disponible en: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/glosario.html# [Consulta: 11 de febrero 2013].
196. Seppänen, P. 2002. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. *Foresta Veracruzana* 4 (2): 51-58.
197. Smith, T., Smith, R. 2007. *Ecología*. Sexta Edición. Pearson. España. 682 p.
198. Sorensen, K.W. 1995. Los cambios climáticos y la biodiversidad. *Actualidad Forestal Tropical* 2 (2): 4-5.
199. Sotolongo, R., Geada, G., Cobas, M. 2009. *Fomento Forestal*. Texto para la carrera de Ingeniería Forestal. 233 p.

200. Spehn, E., Körner, C. 2005. A global assessment of mountain biodiversity and its function. En: Huber, U., Bugmann, H., Reasoner, M. Global Change and Mountain Regions: An Overview of Current Knowledge. Springer, Dordrecht. p. 393-400.
201. Suárez, J.T, Palenzuela, L., Roldán, P.P. 2002. Manual para la Ejecución de la Ordenación Forestal. Dirección Forestal. MINAG. 106 p.
202. Suárez, J.T. 2010. Modelo Metodológico para la Gestión Agroforestal .en cuencas menores de 100 km². Estudio de caso Cuenca Hidrográfica del río Puercos. 213 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas). Universidad de Alicante-Universidad Pinar del Río, Cuba.
203. Suman, D.O. 1994. El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Universidad de Miami y the Tinker Foundation, New Cork, 263 p.
204. Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., S. van Jaarsveld, A., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., Williams, S.E. 2004. Extinction risk from climate change. Nature 427: 145-148.
205. Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences 102: 824-825.

206. Vallejo, A. 2009. Introducción a la estimación de biomasa y carbono en biomasa. Curso Formulación de Proyectos MDL Forestal y Bioenergía. Buenos Aires, Argentina, 16-20 de febrero. 50 p.
207. Vila, I. 2008. Parte III. Vulnerabilidad de los bosques naturales a las plagas forestales bajo la influencia del cambio climático. Primera aproximación. p. 21-30. En: Álvarez, A., Mercadet, A., Cruz, H., Vila, I., Hechavarría, O., Milián, C., Álvarez, L., Ortiz, O., Ajete, A. Informe Final de Subproyecto 11.69.02. Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategia de adaptación. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de la Habana. 97 p.
208. Villers, L., Trejo, I. 2003. El cambio climático y la vegetación en México. Comisión Nacional del Agua, 2003. Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región VI Río Bravo. México. p. 57-67.
209. Walkey, A., Black, A. 1934. An examination of the Degtjoreff method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
210. Walsh, K.J.E., Betts, H., Church, J., Pittock, A.B., McInnes, K.L., Jackett, D.R., McDougall, T.J. 2004. Using Sea Level Rise Projections for Urban Planning in Australia. Journal of Coastal Research 20 (2): 586-598.
211. Walther, R.G., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T., Fromentin, J.M., Guldberg, O.H., Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389-395.
212. Walther, R.G., Beibner, S., Burga, A. 2005. Trends in the upward shift of alpine

- plants. *Journal of Vegetation Science* 16: 541-548.
213. Williams, R., Wahren, C. 2005. Potential impacts of global change on vegetation in Australian Alpine landscapes: climate change, land use, vegetation dynamics and biodiversity conservation. En: Huber, U., Bugmann, H., Reasoner, M. *Global change and mountain regions. An overview of current knowledge.* Springer, Dordrecht. p. 401-408.
214. Willson, S., Hassell, D., Hein, D., Jones, R., Taylor, R. 2008. Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system PRECIS. Version 1.6.1. United Kingdom. 158 p.
215. Wilson, R., Gutiérrez, D., Martínez, D., Agudo, R., Montserrat, J. 2005. Change to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8:1138-1146 [en línea]. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/50212235_Changes_to_the_elevational_limits_and_extent_of_species_ranges_associated_with_climate_change/file/5046351f1371d515c5.pdf [Consulta: 25 de julio 2013].

Anexo 1. Ilustración esquemática de las familias de escenarios de emisiones A1, A2, B1, B2 y de sus principales fuerzas conductoras. Fuente: Conde y Gay (2008).



A1: Describe un mundo con un rápido crecimiento económico, baja tasa de crecimiento de la población y rápido cambio hacia tecnologías más eficientes. Ocurre una convergencia entre regiones y se reducen sustancialmente las diferencias en ingreso personal. Esta familia se divide en tres grupos, cada uno diferente en términos del sistema energético a utilizar: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía de origen distinto al fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B) entendiéndose por equilibrada la situación en que no dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimenten mejoras similares.

A2: Describe un mundo heterogéneo, autosuficiente y que mantiene las identidades locales. Las tasas de crecimiento de la población convergen lentamente, lo cual resulta en un elevado crecimiento de la población. Crecimiento económico per cápita es más lento y fragmentado que en otras familias evolutivas.

B1: Describe un mundo convergente, con bajo crecimiento de la población y con rápidos cambios en las estructuras económicas. Ocurre un movimiento hacia una economía basada en los servicios y en la tecnología de la información y se reduce la intensidad en el uso de materiales, y se introducen tecnologías limpias y eficientes. El énfasis es en soluciones globales para la sostenibilidad ambiental, económica y social, incluyendo aumentos en la equidad.

B2: Esta historia describe un mundo con énfasis en soluciones locales a la sostenibilidad ambiental, social y económica. El crecimiento de la población, y el desarrollo económico, son moderados y el cambio tecnológico es menos rápido pero más diverso que en A1 y B1. Aunque está orientado a la protección ambiental y equidad social, se enfoca en los niveles regional y local.

Anexo 2. Datos generales de la empresa, las plantaciones y de los bosques naturales que constituyen la entrada de SUMFOR.

1	Nombre de la empresa/UM:			
2	Año base de la información:			
3	Superficie de bosques naturales (ha):			
4	Superficie de plantaciones establecidas (ha):			
5	Superficie de plantaciones en desarrollo (ha):			
6	Superficie por reforestar (ha):			
	Sin Marabú (< 50 %) (%):			
	Con Marabú (≥ 50 %) (%):			
7	Superficie de ciénagas (ha):			
8	Superficie de pastizales (ha):			
9	Superficie de tierras agrícolas (ha):			
10	Superficie de semidesiertos (ha):			
11	Superficie de otras áreas inforestales (ha):			
12	Superficie promedio anual de plantación (ha):			
13	Logro promedio de las plantaciones (%):			
14	Superficie promedio anual de áreas quemadas (ha):			
	Áreas quemadas en zonas inforestales (%)			
	Áreas quemadas en zonas por reforestar (%)			
	Áreas quemadas en plantaciones en desarrollo (%)			
	Áreas quemadas en plantaciones establecidas (%)			
	Áreas quemadas en bosques naturales (%)			
15	Volumen promedio anual extraído por tratamientos/raleos (m³):			
	Tratamientos/raleos en plantaciones (%)			
	Tratamientos/raleos en bosques naturales (%)			
16	Superficie promedio anual de talas rasas (ha):			
	Talas rasas en plantaciones (%)			
	Talas rasas en bosques naturales (%)			
17	Volumen promedio anual extraído por otras talas (m³):			
	En plantaciones establecidas (%)			
	En bosques naturales (%)			
18	Incremento medio anual de los bosques naturales (m³/ha/año):			
19	Incremento medio anual de las plantaciones (m³/ha/año):			
PLANTACIONES ESTABLECIDAS				PLANTACIONES
Nº	Nombre común	Área (ha)	Volumen (m³)	Área (ha)
1	Acacia			
Nº	Formación	Categoría		Área (ha)
1	Charrascal	Productor		
		Protector Aguas y Suelos		
		Protector del Litoral		

Fuente: Álvarez y Mercadet (2012).

Anexo 3. Combinaciones de escenarios y modelos obtenidas para la temperatura media mensual del aire para diferentes periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Meses	Corto plazo (2011-2040)				Mediano plazo (2041-2070)				Largo plazo (2071-2099)			
	EA2	HA2	EA2	HB2	EA2	HA2	EB2	HB2	EA2	HA2	EB2	HB2
Ene.	24,51	24,22	24,27	24,20	25,37	25,18	25,16	24,91	26,45	25,57	25,82	25,57
Feb.	22,34	22,17	22,38	22,13	22,97	23,13	23,01	22,82	24,30	23,46	23,72	23,46
Mar.	24,42	24,18	24,56	24,23	25,31	25,13	25,23	24,99	26,62	25,70	25,78	25,70
Abr.	25,62	25,47	25,61	25,39	26,44	26,49	26,48	26,10	27,99	26,75	27,05	26,75
May.	26,85	26,31	26,74	26,28	27,73	27,22	27,66	26,96	29,23	27,57	28,30	27,57
Jun.	28,19	27,72	28,07	27,69	29,03	28,72	28,98	28,44	30,64	29,12	29,51	29,12
Jul.	28,83	28,53	28,79	28,53	29,84	29,54	29,75	29,30	31,35	30,02	30,31	30,02
Ago.	28,77	28,38	28,78	28,42	29,84	29,36	29,79	29,20	31,50	29,93	30,39	29,93
Sep.	28,26	27,83	28,32	27,83	29,38	28,79	29,24	28,57	31,00	29,25	30,05	29,25
Oct.	27,44	26,79	27,54	26,72	28,43	27,71	28,44	27,37	30,16	27,97	29,08	27,97
Nov.	26,37	25,94	26,33	25,89	27,38	26,83	27,18	26,52	28,77	27,11	27,88	27,11
Dic.	24,78	24,59	24,84	24,51	25,87	25,54	25,68	25,17	27,28	25,78	26,37	25,78

A2 y B2: Escenarios de emisiones de GEI; **E- Echam**; **H- Hadley**: Modelos de circulación global del clima.

Anexo 4. Principales especies forestales arbóreas reportadas en las formaciones boscosas de la EFI Baracoa según Bisse (1988).

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
1	Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	X		X					1		
2	Rutaceae	<i>Amyris lineata</i> C. Wright ex Griseb.		X						3	X	
3	Primulaceae	<i>Ardisia grisebachiana</i> (Kuntze) Alain		X						2	X	
4	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.							X	1		
5	Lauraceae	<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl		X						3		
6	Bonnetiaceae	<i>Bonnetia cubensis</i> (Britton) R.A. Howard			X						1	X
7	Combretaceae	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A. Howard			X					3		
8	Malpighiaceae	<i>Byrsonima lucida</i> (Mill.) Rich.		X						2	X	
9	Calophyllaceae	<i>Calophyllum utile</i> Bisse		X						2	X	
10	Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	X							1		X
11	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	X		X					4		
12	Euphorbiaceae	<i>Chaetocarpus acutifolius</i> (Britton & P. Wilson) Borhidi		X						2	X	

Donde: **Pluv:** Pluvisola, **Pluv-m:** Pluvisola de montaña, **Scd:** Semicaducifolio, **Scd-a:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (**E-** Especies endémica; **P-** Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 4. Continuación.....

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
13	Oleaceae	<i>Chionanthus bumelioides</i> (Griseb.) Stearn subsp. <i>cubensis</i> (P. Wilson).		X						2	X	
14	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	X							2		
15	Theaceae	<i>Cleyera albo-punctata</i> (Griseb) Krug. et Urb.		X		X				2		
16	Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	X	X	X		X			4		
17	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus regina</i> (Leon) Radcl.-Sm. & Govaerts		X						1	X	X
18	Polygonaceae	<i>Coccoloba caesia</i> Ekman ex O.C. Schmidt	X							2	X	
19	Polygonaceae	<i>Coccoloba costata</i> C. Wright		X						2	X	
20	Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.						X		1		
21	Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i> L. var. <i>erectus</i>							X	1		
22	Cyrillaceae	<i>Cyrilla racemiflora</i> L.		X						3		
23	Ebenaceae	<i>Diospyros caribaea</i> (A. DC.) Standl.	X	X						3		
24	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylon coriaceum</i> Britt. et Wils.	X							2	X	
25	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylon longipes</i> O. E. Schulz.		X						2	X	

Donde: Pluv: Pluvisilva, **Pluv-m:** Pluvisilva de montaña, **Scd:** Semicaducifolio, **Scd-a:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (**E-** Especies endémica; **P-** Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 4. Continuación.....

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
26	Clusiaceae	<i>Garcinia polyneura</i> (Urb.) Borhidi				X				2	X	
27	Nyctaginaceae	<i>Guapira rufescens</i> (Griseb.) Lundell var. rufescens.		X						2	X	
28	Annonaceae	<i>Guatteria blainii</i> (Griseb.) Urb.		X						3		
29	Annonaceae	<i>Guatteria cubensis</i> Bisse		X						2	X	
30	Annonaceae	<i>Guatteria moralesii</i> (M. Gomez) Urb.	X							2	X	
31	Rubiaceae	<i>Guettarda baracoensis</i> Bisse	X							1		
32	Leguminosae (Fabaceae)	<i>Guibourtia hymenifolia</i> (Moric.) J. Leonard	X		X					4	X	X
33	Oleaceae	<i>Haenianthus variifolius</i> Urb.		X						2	X	
34	Melastomataceae	<i>Henriettea acunae</i> (Alain) Alain		X						1	X	
35	Malvaceae	<i>Hibiscus elatus</i> Sw	X	X	X					1		
36	Flacourtiaceae	<i>Homalium racemosum</i> Jacq.		X						3		
37	Euphorbiaceae	<i>Hyeronima nipensis</i> Urb.		X						2	X	
38	Bignoniaceae	<i>Jacaranda arborea</i> Urb.	X							1	X	

Donde: **Pluv:** Pluvicultura, **Pluv-m:** Pluvicultura de montaña, **Scd:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (**E-** Especies endémica; **P-** Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 4. Continuación.....

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
39	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.							X	1		
40	Theaceae	<i>Laplacea moaensis</i> Vict.		X						1	X	
41	Lauraceae	<i>Licaria jamaicensis</i> (Nees) Kostermans		X	X					4		X
42	Magnoliaceae	<i>Magnolia cristalensis</i> Bisse		X						2	X	
43	Magnoliaceae	<i>Magnolia cubensis</i> Urb. subsp. cacuminicola (Bisse) G. Klotz		X						1	X	
44	Magnoliaceae	<i>Magnolia minor</i> (Urb.) Govaerts.	X	X						2		
45	Sapotaceae	<i>Manilkara valenzuelana</i> (A. Rich.) T.D. Penn.t			X					1		
46	Celastraceae	<i>Maytenus loeseneri</i> Urb. var. loeseneri		X						2	X	
47	Sapotaceae	<i>Micropholis polita</i> (Griseb.) Pierre	X	X						3	X	X
48	Myrtaceae	<i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC.	X							3		
49	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.		X						3		
50	Lauraceae	<i>Ocotea bucherii</i> Roig et Acuña				X				1	X	

Donde: Pluv: Pluvicultura de montaña, **Scd:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (E- Especies endémica; P- Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 4. Continuación.....

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
51	Lauraceae	Ocotea cuneata (Griseb.)		X						3		
52	Lauraceae	Ocotea floribunda (Sw.) Mez		X						3		
53	Lauraceae	Ocotea foeniculacea Mez	X							1		
54	Lauraceae	Ocotea moaensis Bisse		X						1	X	
55	Lauraceae	Ocotea spathulata Mez	X	X						2		
56	Lauraceae	Ocotea wrightii (Meisn.) Mez		X						3		
57	Annonaceae	Oxandra laurifolia (Sw.) A. Rich.	X	X						3		
58	Melastomataceae	Pachyanthus reticulatus Britton & P. Wilson		X		X				2	X	
59	Euphorbiaceae	Pera ekmanii Urb.		X						2	X	X
60	Pinaceae	Pinus cubensis Sarg. ex Griseb.				X				2	X	
61	Podocarpaceae	Podocarpus angustifolius Griseb.		X						1	X	
62	Podocarpaceae	Podocarpus aristulatus Parl.	X							3		
63	Burseraceae	Protium baracoense Bisse	X							1	X	
64	Burseraceae	Protium fragrans (Rose) Urb.	X							2	X	
65	Rhizophoraceae	Rhizophora mangle L.							X	1		

Donde: Pluv: Pluvicultura, **Pluv-m:** Pluvicultura de montaña, **Scd:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (E- Especies endémica; P- Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 4. Continuación.....

No.	Familia	Especie	Pluv.	Pluv-m	Scd	Pn	Cb	Uv	Mg	D	E	P
66	Euphorbiaceae	<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.		X						3		
67	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. & Frodin	X	X	X					4		
68	Sapotaceae	<i>Sideroxylon jubilla</i> (Ekman ex Urb.) T.D. Penn.		X						3	X	
69	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea curatellifolia</i> Griseb.	X	X						3	X	
70	Bignoniaceae	<i>Tabebuia dubia</i> (C. Wright) Britton ex Siebert		X						3	X	
71	Chailletiaceae	<i>Tapura orientensis</i> Koehler	X	X						2	X	
72	Combretaceae	<i>Terminalia aroidoi</i> Bisse	X	X						2	X	
73	Combretaceae	<i>Terminalia chicharronia</i> C. Wright subsp. orientensis (Monach.) Alwan & Stace		X						2	X	
74	Combretaceae	<i>Terminalia nipensis</i> Alain		X						2	X	
75	Malvaceae	<i>Tetralix brachypetalus</i> Griseb.		X		X				2	X	
76	Annonaceae	<i>Xylopia ekmanii</i> R.E. Fries		X						3	X	
77	Rutaceae	<i>Zanthoxylum cubense</i> P. Wilson		X	X					3		
78	Rutaceae	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i> Macfad.	X		X					4		

Donde: **Pluv:** Pluvilsilva, **Pluv-m:** Pluvilsilva de montaña, **Scd:** Semicaducifolio, **Scd-a:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera; **D- Distribución** (1. Reportada en Baracoa, 2. Reportada en el Norte de Oriente, 3. Reportada en Oriente, 4. Reportada en el país); **Categoría de amenaza** (**E-** Especies endémica; **P-** Especies protegidas).

Nota: Es importante destacar que en la información que se muestra en el anexo 4 no se incluye la formación manigua costera debido a que este estudio se llevó a cabo en el año 2002 (antes de iniciarse y/o culminarse la actualización del Proyecto de Ordenación Forestal de la EFI Baracoa) y en ese periodo la empresa no contaba dentro de sus formaciones con la manigua costera.

Anexo 5. Combinaciones de escenarios y modelos obtenidas para la precipitación media mensual para diferentes periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.

Meses	Corto plazo (2011-2040)				Mediano plazo (2041-2070)				Largo plazo (2071-2099)			
	EA2	HA2	EB2	HB2	EA2	HA2	EB2	HB2	EA2	HA2	EB2	HB2
Ene.	217,10	216,24	241,86	216,05	241,00	226,63	253,68	223,87	257,12	241,54	205,25	231,07
Feb.	155,25	177,78	164,60	172,47	155,65	186,52	156,84	216,10	146,24	199,07	174,98	235,78
Mar.	139,58	177,36	131,72	167,88	140,76	185,65	147,29	166,04	125,55	197,53	143,28	164,36
Abr.	206,52	185,36	206,57	197,86	229,99	193,01	204,31	215,02	169,25	204,42	220,98	230,82
May.	314,72	326,95	315,35	335,95	342,20	328,02	343,87	344,54	304,67	329,55	354,36	352,46
Jun.	187,91	187,57	257,15	195,48	190,10	176,97	208,47	194,16	184,82	161,76	192,50	192,95
Jul.	141,87	116,47	141,57	122,32	125,83	102,38	115,56	116,54	115,65	82,16	117,60	111,23
Ago.	164,82	156,16	166,43	159,80	163,06	141,71	166,66	151,86	145,98	120,98	153,09	144,55
Sep.	197,31	173,13	197,69	174,71	218,45	157,54	210,17	164,10	214,33	135,16	184,70	154,33
Oct.	301,79	298,56	320,66	302,02	326,99	287,93	319,83	296,85	330,92	272,70	333,28	292,09
Nov.	457,12	406,46	548,28	413,91	448,37	396,86	455,50	412,97	497,05	383,09	462,56	412,11
Dic.	299,13	265,92	383,35	275,54	304,09	262,45	293,03	281,19	308,57	257,48	311,54	286,39

A2 y B2: Escenarios de emisiones de GEI; **E- Echam; H- Hadley:** Modelos de circulación global del clima.

Anexo 6. Cálculo del carbono retenido en las formaciones naturales atendiendo a la dinámica 2008 (SUMFOR v 2.14).

Formación	Área (ha)	Volumen (m ³)	Carbono en los diferentes componentes (kt)			Carbono total (kt)	Prom. (kt/ha)
			B. total	Necrom.	Suelo		
Mg	244,30	13 422,00	28,07	2,08	0,00	30,15	0,12
Mc	9,20	895,00	0,88	0,08	1,13	2,09	0,23
Pn	5 800,40	606 551,00	749,67	49,77	464,03	1 263,48	0,22
Pluv	1,10	68,00	0,07	0,01	0,14	0,22	0,20
Pluv -m	16 793,40	1 161 019,00	1 131,41	143,28	2 065,59	3 340,28	0,20
Scd - a	3 591,60	261 983,00	307,03	30,64	441,77	779,44	0,22
Scd - c	2 629,70	145 074,00	175,86	22,44	323,45	521,75	0,20
Scd - md	129,00	6 534,00	6,69	1,10	15,87	23,66	0,18
Uv	29,80	906,00	1,16	0,25	3,67	5,08	0,17
Total	29 228,50	2 196 452,00	2 400,84	249,67	3 315,64	5 966,15	0,20

Formación forestal: **Pluv:** Pluvicultura, **Pluv-m:** Pluvicultura de montaña, **Scd:** Semicaducifolio, **Scd-a:** Semicaducifolio sobre suelos ácidos, **Scd-c:** Semicaducifolio sobre suelos calizos, **Scd-md:** Semicaducifolio sobre suelos de mal drenaje, **Pn:** Pinar, **Cb:** Cuabal, **Uv:** Uveral, **Mg:** Manglar, **Mc:** Manigua costera

B. Total: Biomasa total; **Necrom.:** Necromasa; **Prom.:** Promedio

Anexo 7. Cálculo del carbono retenido en las categoría de manejo atendiendo a la dinámica 2008 (SUMFOR v 2.14).

Categoría	Área (ha)	Volumen (m ³)	Carbono en los diferentes componentes (kt)			C. Total (kt)	Prom. (kt/ha)
			B. Total	Necrom.	Suelo		
Productor	12 445,90	1 093 560,00	1 260,15	106,44	1 312,40	2 678,99	0,22
Protector de agua y suelos	15 455,10	1 024 386,00	1 046,50	131,90	1 865,31	3 043,71	0,20
Protector del litoral	128,70	5 430,00	11,07	1,10	3,67	15,83	0,12
Protector de flora y fauna	156,40	9 123,00	9,17	1,33	18,91	29,42	0,19
Manejo especial	1 042,40	63 953,00	73,96	8,90	115,34	198,20	0,19
Total	29 228,50	2 196 452,00	2 400,84	249,67	3 315,64	5 966,15	0,20

B. Total: Biomasa total; **Necrom.:** Necromasa; **C. Total.:** Carbono total; **Prom.:** Promedio

Anexo 8. Cálculo de carbono retenido por las plantaciones establecidas atendiendo a la dinámica 2008 (SUMFOR v 2.14).

Especie	Área (ha)	Volumen (m ³)	Carbono en los diferentes componentes (kt)			C. Total (kt)	Prom. (kt/ha)
			B. Total	Necrom.	Suelo		
<i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & J.W. Grimes	10,60	1 549,00	1,22	0,09	1,30	2,62	0,25
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	80,20	1 168,00	1,72	0,68	9,86	12,27	0,15
<i>Calophyllum utile</i> Bisse.	624,00	34 237,00	49,41	5,54	76,75	131,69	0,21
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	0,90	22,00	0,03	0,01	0,11	0,14	0,16
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	3,70	188,00	0,29	0,03	0,46	0,78	0,21
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	13,50	37,00	0,06	0,11	1,66	1,83	0,14
<i>Eucalyptus</i> sp.	3,40	207,00	0,30	0,03	0,42	0,75	0,22
<i>Guaiacum officinale</i> L.	1,60	18,00	0,04	0,01	0,20	0,25	0,16
<i>Pinus cubensis</i> Sarg. ex Griseb.	4 093,90	476 057,00	570,37	35,13	327,51	933,01	0,23
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	7,00	246,00	0,33	0,06	0,86	1,25	0,18
<i>Tabebuia dubia</i> (C. Wright) Britton ex Siebert.	44,60	5 624,00	6,18	0,38	5,49	12,05	0,27
<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	440,90	28 909,00	32,47	3,74	54,23	90,44	0,21
<i>Tectona grandis</i> L. f.	41,30	877,00	1,06	0,36	5,08	6,50	0,16
<i>Terminalia catappa</i> L.	10,40	783,00	0,80	0,09	1,28	2,17	0,21
<i>Trichilia hirta</i> L.	0,40	10,00	0,01	0,00	0,05	0,07	0,16
Otras especies	26,60	1 057,00	1,42	0,23	3,27	4,92	0,19
Total	5 403,00	550 989,00	665,73	46,50	488,53	1 200,76	0,22

B. Total: Biomasa total; **Necrom.:** Necromasa; **C. Total.:** Carbono total; **Prom.:** Promedio

Anexo 9. Cálculo del carbono retenido en las aéreas por re-forestar e inforestal atendiendo a la dinámica 2008 (SUMFOR v 12.4).

Estado de uso	Área (ha)	Carbono en (kt):			Prom. (kt/ha)
		Biomasa	Suelo	C. Total	
Sup. por re-forestar	607,1	9,11	23,07	32,18	0,05
- Sin marabú	607,1	9,11	23,07	32,18	0,05
- Con Marabú	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Superficie Inforestal	22,0	0,19	3,02	3,22	0,15
- Pantanos	3	0,13	1,93	2,06	0,69
- Pastizales	9,1	0,05	0,03	0,03	0,003
- T. agrícolas	9,9	0,02	0,08	0,08	0,008

C. Total: Carbono total; **Prom.:** Promedio

Anexo 10. Estimación general del carbono retenido en la EFI Baracoa para el año base.

Tipo de bosque/deposito de carbono	Área (ha)	B. total	Necrom.	Suelo (kt)	Total	Prom. (kt/ha)
Plantaciones establecidas	5 404,2	665,73	46,50	488,53	1 200,76	0,22
Plantaciones en desarrollo	62,5	-	-	-	0,69	0,01
Bosques naturales	29 228,5	2 400,84	249,67	3 315,64	5 966,15	0,20
Área por re-forestar	607,1	9,11	-	23,07	32,18	-
Área inforestal	22,0	0,19	-	3,02	3,22	-
Total	3 434,6	3 075,87	296,17	3 830,26	7 203,00	0,20

B. Total: Biomasa total; **Necrom.:** Necromasa; **Prom.:** Promedio

Anexo 11. 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	2014
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Áreas por re-forestar	32,18	10,49	13,23	16,97	18,70	21,44	24,18
Plantaciones en desarrollo	0,69	3,47	5,58	8,25	9,96	11,67	13,38
Plantaciones establecidas	1 200,76	1 316,56	1 432,66	1 549,06	1 702,06	1 875,98	2 070,71
Bosques naturales	5 966,15	6 205,96	6 443,77	6 682,58	6 921,39	7 160,20	7 399,02
Total	7 203,00	7 538,70	7 898,45	8 259,08	8 655,33	9 071,51	9 510,50

Anexo 11. Continuación...

Componentes	Años						
	2008	2015	2016	2017	2018		
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22		
Áreas por re-forestar	32,18	26,91	5,23	7,97	10,70		
Plantaciones en desarrollo	0,69	14,57	11,19	7,82	4,97		
Plantaciones establecidas	1 200,76	2 292,16	2 542,25	2 823,90	3 122,76		
Bosques naturales	5 966,15	7 637,83	7 876,64	8 115,45	8 354,26		
Total	7 203,00	9 974,69	10 438,53	10 958,36	11 495,91		

Anexo 12. 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	-----
Duplicar área de plantación anual	7203,0	7568,2	7933,0	8298,7	8814,8	9368,3	9962,3	10599,2	11224,1	11947,5	12706,6	4621,7
Aumentar 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 las talas rasas a la mitad	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 otras talas a la mitad	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 IMA en volumen de madera en los bosques naturales en 1 m³/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 IMA en volumen de madera en las plantaciones en 1 m³/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

Anexo 13. Duplicar área de plantación anual.

VARIABLES	AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Áreas inforestales	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Áreas por re-forestar	32,2	34,9	37,7	40,4	43,1	45,9	48,6	51,3	5,2	8,0	10,7
Plantaciones en desarrollo	0,7	8,5	15,7	23,5	25,2	26,9	28,6	29,8	21,4	12,9	5,0
Plantaciones establecidas	1200,8	1316,6	1432,7	1549,1	1821,9	2132,1	2482,8	2877,0	3317,7	3808,0	4333,5
Bosques naturales	5966,1	6205,0	6443,8	6682,6	6921,4	7160,2	7399,0	7637,8	7876,6	8115,5	8354,3
Total	7203,0	7568,2	7933,0	8298,7	8814,8	9368,3	9962,3	10599,2	11224,1	11947,5	12706,6
Acumulado	0,0	29,5	34,6	39,7	159,5	296,8	451,8	624,5	785,6	989,2	1210,7
											4621,7

Anexo 14. Aumentar el logro de las plantaciones hasta el 95%.

VARIABLES	AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Áreas inforestales	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Áreas por re-forestar	32,2	4,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Plantaciones en desarrollo	0,7	2,1	2,0	1,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Plantaciones establecidas	1200,8	1317,9	1435,5	1553,7	1677,5	1793,4	1909,3	2025,3	2141,3	2257,3	2373,3
Bosques naturales	5966,1	6205,0	6443,8	6682,6	6921,4	7160,2	7399,0	7637,8	7876,6	8115,5	8354,3
Total	7203,0	7532,2	7886,9	8243,8	8606,1	8960,8	9315,5	9670,3	10025,1	10379,9	10734,8
Acumulado	0,0	-6,5	-11,5	-15,3	-49,3	-110,7	-195,0	-304,4	-413,4	-578,4	-761,2
											-2445,7

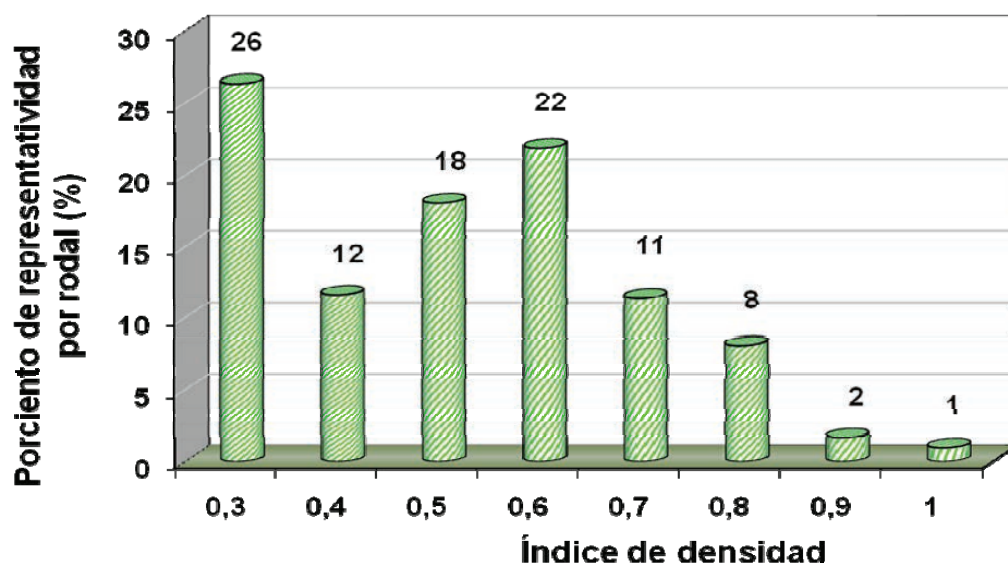
Anexo 15. Reducir las áreas afectadas por la ocurrencia de incendios.

VARIABLES	AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Áreas inforestales	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Áreas por re-forestar	32,2	10,2	12,7	15,2	17,6	20,1	22,6	25,1	3,1	5,6	8,1
Plantaciones en desarrollo	0,7	3,4	5,4	7,9	9,5	11,0	12,5	14,0	10,4	6,9	3,5
Plantaciones establecidas	1200,8	1317,8	1435,3	1553,4	1707,0	1879,1	2072,4	2289,6	2533,2	2805,8	3105,8
Bosques naturales	5966,1	6205,0	6443,8	6682,6	6921,4	7160,2	7399,0	7637,8	7876,6	8115,5	8354,3
Total	7203,0	7539,6	7900,4	8262,3	8658,7	9073,6	9509,8	9969,6	10426,5	10936,9	11474,8
Acumulado	0,0	0,9	2,0	3,2	3,3	2,1	-0,7	-5,0	-12,0	-21,4	-21,1
											-48,7

Anexo 16. Reducir talas rasas a la mitad.

VARIABLES	AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Áreas inforestales	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Áreas por re-forestar	32,2	9,5	11,2	13,0	14,7	16,4	18,2	19,9	21,6	23,3	25,1
Plantaciones en desarrollo	0,7	3,3	4,9	7,0	8,1	9,2	10,2	11,3	12,4	13,5	14,4
Plantaciones establecidas	1200,8	1321,2	1442,7	1565,4	1720,6	1890,6	2077,3	2282,4	2507,8	2755,3	3026,9
Bosques naturales	5966,1	6205,0	6443,8	6682,6	6921,4	7160,2	7399,0	7637,8	7876,6	8115,5	8354,3
Total	7203,0	7542,1	7905,9	8271,2	8668,0	9079,6	9507,9	9954,6	10421,6	10910,8	11423,9
Acumulado	0,0	3,4	7,4	12,1	12,7	8,1	-2,6	-20,1	-16,9	-47,5	-72,0
											-115,4

Anexo 20. Resumen de la densidad por rodales basado en datos reportados por Rodríguez *et al.* (2009). *Densidad óptima: 0,7 (MINAG, 1982; Suárez *et al.* 2002).



Anexo 21. Estado de la densidad por Categorías de manejo basado en datos reportados por Rodríguez *et al.* (2009). *Densidad óptima: 0,7 (MINAG, 1982; Suárez *et al.* 2002).

