

LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL SECTOR FORESTAL CUBANO

A la memoria del Dr. C. José Somoza, *“Pepe”*,
miembro del Equipo Nacional de Mitigación,
consagrado investigador y querido compañero.

Los Autores
La Habana, diciembre 2020

Derechos reservados en lengua española conforme a la ley.

© Alicia Mercadet; Arnaldo F. Álvarez y Arlety Ajete. 2020

© Sobre la presente edición:

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, 2020

ISBN: 978-959-287-092-5

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

174 no. 1723, e/ 17 B y 17 C, Rpto. Siboney,
Playa, La Habana, CUBA.

Diseño y maquetación: Miguel Adrian Pino.

Cítese como:

Mercadet, A.; A. F. Álvarez y A. Ajete. (2020). *La Mitigación del Cambio Climático y el Sector Forestal Cubano*. Inst. Investig. Agro-Forestales. La Habana, Cuba. 187 pp.

ISBN: 978-959-287-092-5



ECOVALOR es un proyecto en apoyo a la evaluación económica de los servicios ecosistémicos, liderado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, con el acompañamiento del Ministerio de la Agricultura, del Ministerio de Turismo y del Ministerio de Energía y Minas e implementado por el Programa de las Naciones Unidas en Cuba, con el apoyo financiero del Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF).

La impresión de esta publicación ha sido financiada por el proyecto Incorporación de consideraciones ambientales diversas y sus consecuencias económicas en la gestión de paisajes, bosques y sectores productivos de Cuba” (ECOVALOR).

Los puntos de vista expresados en esta publicación pertenecen a sus autores y no necesariamente representan los del PNUD o del Sistema de Naciones Unidas.

La presentación y disposición de esta obra es propiedad del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Prohibida la reproducción parcial o total de su contenido por cualquier medio o método, sin la autorización escrita de la institución.

- ¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
²Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
³Universidad de Alicante, España.
⁴Empresa Agroforestal Granma.
⁵Grupo Empresarial Agroforestal.
⁶Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres.
⁷Empresa Agroforestal Guanahacabibes.
⁸Empresa Agroforestal Macurije.
⁹Empresa Agroforestal Minas de Matahambre.
¹⁰Empresa Agroforestal Pinar del Río.
¹¹Empresa Agroforestal La Palma.
¹²Empresa Agroforestal Costa Sur.
¹³Empresa Agroforestal Mayabeque.
¹⁴Empresa Agroforestal Matanzas.
¹⁵Empresa Agroforestal Villa Clara.
¹⁶Empresa Agroforestal Cienfuegos.
¹⁷Empresa Agroforestal Sancti Spiritus.
¹⁸Empresa Agroforestal Ciego de Ávila.
¹⁹Empresa Agroforestal Las Tunas.
²⁰Empresa Agroforestal Mayarí.
²¹Empresa Cafetalera Rolando Ayub.
²²Empresa Agroforestal Guantánamo.
²³Empresa Agroforestal Imías.
²⁴Empresa Agroforestal Baracoa.
²⁵Empresa Agroforestal Sierra Cristal.
²⁶Empresa Flora y Fauna Santiago de Cuba.

AUTORES PRINCIPALES:

Dr. C. Alicia Mercadet¹

Dr. C. Arnaldo Álvarez¹

Dr. C. Arlety Ajete¹

AUTORES CONTRIBUYENTES:

Dr. C. Osiris Ortiz¹

Dr. C. Elsa Cordero¹

Dr. C. Teresa Suárez¹

Dr. C. Mayda Betancourt²

Dr. C. Antonio Escarré³

Ms. C. Liliana Caballero¹

Ms. C. Yunion Álvarez¹

Ms. C. Yolanis Rodríguez¹

Ms. C. Yaumara Miñoso¹

Ms. C. Adela Frómeta¹

Ms. C. M^a Magdalena Martínez¹

Ms. C. Andrés Hernández¹

Ms. C. Armando Solano¹

Ms. C. Odalys Mojena⁴

Ing. Mairé Cuellar¹

Ing. Arsenio Renda¹

Ing. Leufrido Yero¹

Ing. Caridad Catanares¹

Ing. Yaneli Peña¹

COLABORADORES:

Ms. C. Julio Hernández¹

Ms. C. Yosvani Cuesta¹

Ms. C. Edelmira Castro⁵

Ms. C. Luis M. Gómez⁶

Ms. C. Erduin Orama¹⁵

Ms. C. Adonis Martínez²⁵

Ing. Ivonne Diago⁶

Ing. Carlos E. Barrios⁴

Ing. Nicolás Sánchez⁵

Ing. Isis Zulueta⁵

Ing. Leonel Nuñez⁷

Ing. Lázaro Ramos⁸

Ing. Mario Puente⁸

Ing. José M. Torres⁹

Ing. Jorge L. Guelmez¹⁰

Ing. Roberto Valdés¹¹

Ing. José L. López¹²

Ing. Libeidys Prieto¹²

Ing. Gualberto González¹³

Ing. Migdalia Pi¹⁴

Ing. Ubaldo Ortiz¹⁴

Ing. Iván Pino¹⁶

Ing. Máximo Lozano¹⁷

Ing. Yodelvys Rivera¹⁸

Ing. Oscar García¹⁸

Ing. Israel Domínguez¹⁹

Ing. Juan Figueras¹⁹

Ing. Antonio Magaña²⁰

Ing. Tamara Rodríguez²¹

Ing. Francisco Conde²²

Ing. Edilma Romero²³

Ing. Pedro E. Rodríguez²⁴

Ing. Augusto Álvarez²⁵

Ing. Yadian Álvarez²⁵

Ing. Yuri Debrot²⁶

Ing. Roberto Esparraguera²⁶

Ing. Wilmer Moreira²³



Graduada como Ingeniera Forestal (1974) en la Universidad de La Habana, obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Forestales (2003) en la Universidad de Pinar del Río, Cuba. Ha formado parte del equipo científico del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF), donde se desempeñó como Investigadora Titular por más de 20 años.

Su actividad científica ha estado principalmente vinculada a dos temáticas: la Genética Forestal (introducción de especies y procedencias) y el cambio climático (balances netos de emisiones del sector forestal y mitigación del cambio climático por los bosques), sobre las que dirigió diversos proyectos de investigación, mientras que su actividad gerencial incluyó la dirección de los departamentos de Genética-Protección (1996-1999), de Silvicultura-Medio Ambiente (1999-2002) y del Grupo Nacional de Cambio Climático del Sector Forestal (desde 2014), todos del INAF, formando parte además del Equipo Técnico para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Cuba y de la Comisión Nacional de Diversidad Biológica. Es autora de más de medio centenar de artículos científicos, de varios libros, ha tutorado ocho tesis de Maestro en Ciencias, dos de Doctor en Ciencias y ha formado parte del colectivo de autores de las tres Comunicaciones Nacionales presentadas por Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Prestó servicios técnicos de asesoría en Genética Forestal en la República Popular de Angola por un año. Por los resultados de su trabajo ha recibido diversos premios anuales del Ministerio de la Agricultura; recibió la Moneda Conmemorativa por el 30 aniversario de la Academia de Ciencias de Cuba (1992); en dos ocasiones fue merecedora del Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba y del Premio Especial de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (2014 y 2015); la Asociación Nacional de Técnicos Agrícolas y Forestales le otorgó el Premio ACTAF por la Obra de la Vida (2017) y además, por su trayectoria científica el Consejo de Estado de la República de Cuba le confirió la Orden Carlos J. Finlay (2016). En 2019 pasó a retiro laboral, manteniendo activa su producción científica y su relación con el INAF como especialista principal del grupo de Medio Ambiente, a la par que presta especial atención a la formación de nuevas generaciones de investigadores forestales.

AGRADECIMIENTOS

8

La determinación del balance de emisiones de gases de efecto invernadero del sector forestal, de la cantidad de carbono retenido por los bosques, de las alternativas de mitigación de emisiones a disposición de los tenentes del patrimonio forestal y de las posibilidades de inserción en el mercado internacional de carbono comprende un prolongado periodo de trabajo comenzado a principios de la primera década del presente siglo, que se extiende hasta 2020, e incluye resultados obtenidos incluso durante el propio año de conclusión.

En la materialización de tal empeño la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG, gran parte de las empresas que integran el Grupo Agroforestal y su Dirección de Industrias, el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, el Centro Nacional de Áreas Protegidas y diversas áreas protegidas del Grupo Empresarial de Flora y Fauna prestaron un decisivo apoyo político, proporcionaron informaciones imprescindibles para la realización de las evaluaciones llevadas a cabo, ofrecieron sus consideraciones sobre aspectos metodológicos y participaron activamente en la validación de los resultados alcanzados.

Sin embargo, a la largo de ese tiempo gran parte del colectivo de autores estuvo también involucrado en la preparación de la Primera, Segunda y Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y muchos de los resultados presentados fueron obtenidos en el marco de la elaboración de las mismas, razón que obliga a expresar también nuestros agradecimientos a los organismos internacionales relacionados con la elaboración de tales informes, como lo fueron la propia Convención de Naciones Unidas, el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) que actuó como financista internacional y el de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que se desempeñó como organismo implementador en el país, sin olvidar el apoyo prestado a las investigaciones por la Universidad de Alicante, España, cuya colaboración fue decisiva para iniciar las incursiones en la obtención de factores nacionales de emisión que permitieran disminuir las incertidumbres asociadas a las determinaciones de carbono.

Un apoyo determinante para alcanzar los resultados presentados fue prestado por el colectivo de técnicos medios y obreros del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales y entre ellos el colectivo de autores quiere expresar su especial agradecimiento a los técnicos Bárbar Aguirre, Manuel Valle y Roberto Ramos, quienes ya no están con nosotros.

A todos ellos y a cuantos estuvieron directa o indirectamente relacionados con el aseguramiento, implementación, evaluación, validación y publicación de todos estos resultados, tanto en el país como en el extranjero, los autores les expresamos nuestra más sincera gratitud.

La mitigación del cambio climático se refiere básicamente a las acciones, medidas, programas y políticas que contribuyen a la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero; por tanto, la mitigación abarca tanto la reducción de las emisiones en sus fuentes como la remoción de emisiones por los sumideros. Los bosques, además de muchas otras funciones y servicios ecosistémicos, actúan como importantes sumideros de CO₂, que es el principal gas de efecto invernadero. En consecuencia, la ciencia del cambio climático ha dedicado especial atención al papel de los bosques en las estrategias de respuesta ante este reto global, tanto en términos de la adaptación, que busca reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, como en términos de *mitigación*.

Cada ciclo de evaluación del *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC)* ha examinado este tema y, por lo general en el *Grupo de Trabajo III (GT3)*, sobre mitigación, se ha incluido un capítulo donde se evalúa el papel de los bosques. La contribución del GT3 al *Quinto Informe del IPCC (2014)*, en su Capítulo 11 (Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) destaca, entre las opciones de mitigación de la silvicultura, la reducción de la deforestación, el manejo forestal, la forestación y la agro-silvicultura. Asimismo, el *Informe Especial del IPCC sobre cambio climático y tierra*¹, destaca en particular la gestión sostenible de los bosques como “la administración y uso de los bosques y tierras forestales de una forma y una intensidad tales que mantienen su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial para cumplir, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales pertinentes a escala local, nacional y mundial, y que no causan daño a otros ecosistemas”.

A pesar del avance registrado por la ciencia acerca de la contribución del sector forestal a la mitigación del cambio climático, persiste incertidumbre, y brechas de conocimiento en este campo, como las identificadas por el Quinto Informe del IPCC (2014), referidas a: déficit de datos estandarizados y homogeneizados globalmente sobre la degradación de los bosques y necesidad de una mayor comprensión de los efectos de la

1. Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres (IPCC, 2019).

degradación sobre los balances de carbono; de mayor conocimiento del potencial de mitigación, las interrelaciones y costos, así como las consecuencias medioambientales y socioeconómicas de opciones de mitigación como la conservación de los bosques, la producción de bioenergía y la forestación en las escalas nacional, regional y global; y de una mejor comprensión de los efectos del cambio en los parámetros climáticos para los *stocks* de carbono y, consecuentemente, para el potencial de mitigación.

De igual forma, estos temas han ocupado un lugar central en las negociaciones políticas multilaterales sobre cambio climático, particularmente en el ámbito de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, 1992), el Protocolo de Kioto (1997) y el Acuerdo de París (2015).

Todo lo antes expuesto confirma la relevancia de una obra como esta, dedicada a *“La mitigación del cambio climático y el sector forestal cubano”*, de los autores principales Alicia Mercadet, Arnaldo Álvarez y Arlety Ajete. Los autores de este libro sintetizan en estas páginas su trabajo acerca de estos temas en las últimas dos décadas, como parte del *Equipo nacional sobre cambio climático del sector forestal que radica en el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales*, adscripto Grupo Empresarial Agroforestal (GAF). Los resultados de estas investigaciones científicas representan, además, valiosos aportes al debate nacional e internacional y a la toma de decisiones en el país. El libro consta de cuatro capítulos donde los autores examinan temas claves como:

- el balance de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector forestal, sus tendencias y perspectivas (Capítulo 1);
- la retención de carbono por los bosques, donde se hace referencia al ciclo ampliado del carbono forestal, las categorías, componentes y depósitos de carbono, el método utilizado para la determinación del carbono y de la línea base, el sistema de Medición, Reporte, Monitoreo y Verificación propuesto para el Grupo Empresarial Agroforestal y los resultados de los Reportes de Carbono para 2013, 2017 y 2019 (Capítulo 2);
- la mitigación del cambio climático por los bosques, los resultados de las evaluaciones realizadas, situación de las acciones propuestas en las Comunicaciones Nacionales, la Contribución Nacionalmente Determinada (CND), la Iniciativa para la Creación de Capacidades para la Transparencia, el Mecanismo para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación del bosque y por su Manejo Sostenible (REDD+) y el papel del proyecto ECOVALOR (Capítulo 3); y
- el pago del servicio ambiental (PSA) por remoción de CO₂ atmosférico por los bosques (Capítulo 3).

Estos resultados constituyen un aporte para la toma de decisiones nacionales, para el cumplimiento de compromisos internacionales de Cuba acerca de estos temas, y para la capacitación de funcionarios y técnicos en áreas afines. Cabe destacar la coherencia existente entre estos resultados y los objetivos de los documentos rectores de las prioridades socioeconómicas y ambientales del país, en particular el *Plan de Estado Tarea Vida*; y las *Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, en particular su eje estratégico referido a “Recursos naturales y medio ambiente”*.

Como muestran los autores, una característica del sector forestal cubano, en lo relativo a la mitigación del cambio climático, es el sostenido crecimiento de las remociones de carbono debido al crecimiento sostenido de la cubierta boscosa del país, a la disminución tendencial de las emisiones como consecuencia de la reducción de los niveles de aprovechamiento forestal y a la no existencia de deforestación. Consecuentemente, desde 1994 las emisiones netas del Sector Agricultura (que incluye las actividades agrícolas y pecuarias) han sido compensadas por el Sector Forestal; y desde 2010 el Sector Agrario se ha consolidado como sumidero de carbono atmosférico.

No obstante, los autores advierten que para 2025 se prevé que el nivel anual de remoción de GEI del sector forestal se estabilice en un nivel máximo, es decir, a partir de ese momento se mantendría relativamente constante su capacidad de sumidero, y por tanto quedaría limitada su potencial para compensar el crecimiento de las emisiones de otras actividades (agrícolas y pecuarias) del Sector agrario, o de otros sectores como el energético.

Uno de los aportes científicos que se muestran en esta obra es la aplicación de un método para calcular el carbono retenido en la biomasa, la necromasa y el suelo del patrimonio nacional, mediante un sistema automatizado denominado SUMFOR (Sumideros Forestales), donde los factores de emisión nacionales representan 80% de todos los factores de emisión empleados. Este método ha sido ampliamente utilizado por empresas del Grupo Agroforestal en 2013, 2017 y 2019.

Adicionalmente, se presentan diversas alternativas de mitigación propuestas a escala empresarial para aumentar la remoción de carbono. Estas propuestas se acompañan de un análisis económico y ambiental, que permite identificar el alcance mínimo y máximo de las mismas en cuanto a su objetivo de remover carbono a partir de una línea base; y adicionalmente se incluye información acerca de los costos, tiempo de recuperación de los gastos, ingreso netos posteriores y eficiencia económica de la inversión, entre otros parámetros.

Como se indicó antes, el trabajo de este equipo ha resultado esencial en la preparación de la información sobre mitigación del cambio climático que aparece en las Comunicaciones Nacionales de Cuba a la Secretaría de la CMNUCC; en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) de Cuba, como parte de la implementación del Acuerdo de París, entre otras. Asimismo, las experiencias acumuladas por los autores les ha permitido dar seguimiento a importantes proyectos internacionales, que han operado en Cuba y que han tenido entre sus objetivos contribuir a la remoción de emisiones del sector forestal, como es el caso del proyecto ECOVALOR, del *Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba*, financiado por el *Fondo Mundial para el Medio Ambiente* (GEF, por su sigla en inglés), administrado por el PNUD.

Otra de las contribuciones de este libro es la identificación de los principales retos que enfrenta el Ministerio de Agricultura (MINAG) en lo relativo a la mitigación del sector forestal, incluida la necesaria creación de capacidades para la preparación de toda la información que sobre este tema requiere el país para cumplir los compromisos asumidos ante la CMNUCC; la implementación de un sistema nacional de pagos por el servicio ambiental de remoción del carbono atmosférico, y la posible comercialización internacional del carbono forestal; así como la implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático; y la captación de financiamiento internacional.

En general, el contenido de este material resulta de gran utilidad para aquellos interesados en las acciones desarrolladas por Cuba en el enfrentamiento al cambio climático, sobre todo en materia de mitigación; y en la articulación de estas acciones con las prioridades socioeconómicas y ambientales del país.

Dr. C. Ramón Pichs Madruga
Director del Centro de Investigaciones de la
Economía Mundial (CIEM), Cuba.
Vicepresidente del Grupo de Trabajo III del IPCC.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	8
PRÓLOGO.....	9
 I. BALANCE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL SECTOR FORESTAL.....	13
1.1. Aspectos generales.....	13
1.2. Características del balance forestal de emisiones de Cuba.....	14
1.3. Resultados de las balances netos de emisiones forestales entre 1990 y 2016.....	15
1.4. Balance forestal de emisiones vs balance agropecuario de emisiones.....	22
1.5. Factores nacionales de emisión usados en el balance neto de carbono del sector forestal.....	22
1.6. Proyección del balance forestal de emisiones netas hasta 2030.....	24
 II. RETENCIÓN DE CARBONO POR LOS BOSQUES.....	26
2.1. Ciclo ampliado del carbono forestal: remoción, retención, emisión y secuestro de carbono.....	27
2.2. Categorías, componentes y depósitos de carbono del patrimonio forestal.....	29
2.3. Determinación del carbono retenido en el año base. El sistema SUMFOR.....	31
2.4. Diferencias entre métodos para el carbono retenido en el año base.....	34
2.5. Proyección temporal de cambio del año base: la línea base de carbono.....	39
2.6. Sistema MRMV propuesto para el grupo empresarial agroforestal.....	43
2.7. Reportes de carbono 2013, 2017 y 2019 del grupo empresarial agroforestal.....	45
2.8. Perspectivas sobre los reportes de carbono en el sector forestal.....	54
 III. LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR LOS BOSQUES.....	56
3.1. Concepto de mitigación por los bosques y su evaluación a partir de la línea base.....	57
3.2. Resultados de las evaluaciones de mitigación en el grupo Agroforestal.....	60
3.3. Situación de las acciones de mitigación propuestas para el sector forestal en las comunicaciones nacionales.....	63
3.4. La contribución nacionalmente determinada de Cuba, el Acuerdo de París y el sector forestal.....	65
3.5. El sector forestal y el Mecanismo REDD+.....	68
3.6. Acciones de mitigación en el contexto del proyecto ECOVALOR.....	71
 IV. EL PAGO DEL SERVICIO AMBIENTAL (PSA) POR REMOCIÓN DE CO ₂ ATMOSFÉRICO POR LOS BOSQUES.....	79
4.1. Situación actual del PSA de los bosques.....	79
4.2. ¿Qué carbono pagar?.....	80
4.3. Un estudio de caso: la empresa agroforestal Matanzas.....	81
4.4. Sistema propuesto para el PSA por remoción de CO ₂ atmosférico por los bosques.....	84
4.5. El papel del indicador 3.5. de manejo forestal sostenible (Imfs 3.5.). Proposición para su modificación.....	85
4.6. Aspectos pendientes para implementar el pago del incentivo por el carbono forestal.....	88
4.7. El mercado internacional del carbono.....	89
 BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXO 1.....	106
ANEXO 2.....	119
ANEXO 3.....	123
ANEXO 4.....	127
ANEXO 5.....	131
ANEXO 6.....	139
ANEXO 7.....	145

I. BALANCE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL SECTOR FORESTAL

Autores principales:

Dr.C. Alicia Mercadet¹
Dr.C. Arnaldo Álvarez¹
MsC Yolanis Rodríguez¹

Autores contribuyentes:

Dr.C. Mayda Betancourt²

13

Colaboradores:

Ing. Ivonne Diago³
MsC Luis M. Gómez³
Ing. Nicolás Sánchez⁴

1.1. ASPECTOS GENERALES

La estimación de las emisiones y remociones de carbono en los bosques, así como del uso y el cambio de uso de la tierra, son complejas y a menudo una fuente de controversia debido a factores biológicos, ausencia de datos (o de datos confiables), así como por los impactos humanos adversos sobre los recursos forestales que requieren ser evaluados.

En la naturaleza ocurre una enorme variabilidad que existe, incluso, en un tipo claramente definido de bosque, en una parcela específica, pudiendo registrarse resultados diferentes debido (entre otras causas), a la variación de crecimiento entre diferentes años, a la variabilidad climática, la ocurrencia de fenómenos meteorológicos tales como tormentas, diferencias genéticas entre y dentro las especies, características del paisaje donde esté enclavado el bosque, así como debido a los incendios y plagas. Además, existe variación en la densidad básica de la madera, en el contenido de carbono de la materia seca, en la densidad de la biomasa y en las tasas de descomposición de la materia orgánica de los desechos del bosque.

Estos aspectos introducen diferencias fundamentales en comparación con otros módulos del inventario, en los cuales los factores de emisión y otros coeficientes pueden obtenerse con mejor precisión para una entidad dada, aunque sean específicos para ésta y varíen de una a otra (tienen gran dependencia de factores tecnológicos o de otro tipo). Sin embargo, en el tema de Cambio de Uso de la Tierra y Bosques (CUTB) hay una alta

1. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
2. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
3. Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, Ministerio de la Agricultura.
4. Dirección de Industrias, Grupo Empresarial Agroforestal.

influencia de los factores naturales e inciden, no solamente las circunstancias actuales como la humedad, la temperatura, la pendiente, el suelo, la edad, etc., sino también lo ocurrido en años anteriores y que afecta, entre otros aspectos, a la densidad de la biomasa.

En las Guías Revisadas del IPCC de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero (IPCC, 1997) se da prioridad a los cálculos de las emisiones producidas por el cambio del uso de la tierra y los bosques (CUTB) en tres actividades principales que son fuentes o sumideros de CO₂ y constituyen categorías dentro del reporte del inventario (cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa; conversión de bosques y praderas y, abandono de las tierras cultivadas).

En esas actividades ocurren, a escala mundial, los cambios más importantes respecto al uso de la tierra y las prácticas de manejo que redundan en la emisión y remoción de CO₂, cálculos que llevan aparejados, intrínsecamente, incertidumbres o errores elevados.

En el año 2003 el IPCC publicó las Guías de Buenas Prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Bosques (IPCC, 2003). Estas guías proporcionan buenas prácticas para este sector y resuelven algunos de los problemas y limitaciones de las IPCC 1996.

Esas guías del año 2003 no sustituyen a las IPCC 1996, pero incorporan actualizaciones y mejoras con relación a estas últimas. Incluyen también un enfoque diferente para las estimaciones de las emisiones y remociones de GEI, basado en categorías de uso de la tierra (tierras forestales, cultivos, pastizales, humedales, asentamientos humanos, etc.) y también hacen una división basada en el siguiente estatus e historia reciente del uso de la tierra: **a)** tierras que comienzan y terminan un período de inventario con el mismo uso y **b)** conversiones de tierra a otros usos. Además proporcionan la asociación de las reservas de carbono sobre y bajo tierra. La aplicación de estas guías requiere de información no totalmente disponible en el país, especialmente los datos referentes al uso y cambio de uso de la tierra en períodos de al menos 20 años previos al año de inventario que se trate. El cambio de metodología implica también el recálculo de emisiones y remociones para todos los reportes previos del inventario ya preparados, lo que introduce dificultades adicionales, pues se requiere disponer de estas informaciones, preparadas en el nuevo formato, para años relativamente ya lejanos en el tiempo.

Las guías más recientes del IPCC (Guías del IPCC de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Invernadero) (IPCC, 2006) introducen aún más cambios en la estructura del reporte del inventario (relación entre la biomasa aérea y subterránea).

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL BALANCE FORESTAL DE EMISIONES DE CUBA

Esta subcategoría incluye las emisiones y remociones de CO₂ generadas como resultado de cambios en la biomasa en Tierras forestales que permanecen como tales, considerándose así la totalidad del patrimonio forestal nacional por no disponer de datos sobre los cambios de Tierras no forestales que pasan a ser forestales y/o de Tierras forestales que pasan a ser tierras no forestales. Igualmente, los cambios de las emisiones y remociones de CO₂ generados en la materia orgánica muerta, en el suelo y por el quemado de biomasa no son considerados, por no disponer de datos.

En el contexto nacional las fuentes de remoción y emisión incluidas en el Balance Neto de Emisiones (BNE) del sector forestal son:

- Bosques artificiales establecidos (mayores de 3 años de edad), los que son agrupados en:
 - Especies: acacia (*Acacia spp.*), eucalipto (*Eucalyptus spp.*), teca (*Tectona grandis*), pino (grupo que incluye *Pinus tropicalis*, *P. cubensis* y *P. maestrensis*) y pino macho (*P. caribaea var. caribaea*).
 - Grupos de especies¹: mezcla de especies con maderas duras de lento crecimiento ($75 \text{ especies; } 0,52 \geq DB^2 \geq 1,34 \text{ g*cm}^{-3}$), mezcla de especies con maderas duras de rápido crecimiento ($52 \text{ especies; } 0,50 \geq DB \geq 1,07 \text{ g/cm}^3$) y mezcla de especies de maderas blandas ($32 \text{ especies; } 0,19 \geq DB \geq 0,49 \text{ g*cm}^{-3}$).

1. Para la clasificación de las especies de maderas blandas, duras de crecimiento lento y duras de crecimiento rápido, se usaron la densidad básica - DB (Fuente: Ing. Alberto Ibáñez†, Jefe Laboratorio de Tecnología de la Madera, Instituto de Investigaciones Forestales) y la base de datos de crecimiento por especie creada por el propio Instituto.

2. DB – densidad básica.

- Bosques naturales, integrados por 16 formaciones forestales diferentes (Bisse, 1988) que son agrupados en cinco categorías:
 - Bosque húmedo: superficie acumulada de las formaciones Monte fresco, Monte nubado, Pluvivilva de montaña y Pluvivilva.
 - Bosque estacional (menor de 20 años): 20% de la superficie acumulada ocupada por las formaciones Charrascal, Cuabal, Encinar, Manigua costera, Pinar, Semicaducifolio sobre suelo calizo, Semicaducifolio sobre suelo ácido, Semicaducifolio sobre suelo de mal drenaje, Uveral y Xerófilo de mogote (Fuente: Grupo de Expertos).
 - Bosque estacional (mayor de 20 años): 80% de la superficie acumulada ocupada por las mismas formaciones del grupo anterior (Fuente: Grupo de Expertos).
 - Bosque seco: Formación Xerófilo típico.
 - Bosque de manglar: Formación manglar³.
- Frutales dentro del bosque.
- Árboles no forestales, desagregados en dos grupos:
 - Plantaciones de cítricos.
 - Plantaciones de otros frutales arbóreos.
- b. Emisión por la cosecha de madera para los siguientes surtidos:
 - Bolo (madera para aserrado), desagregada de la forma siguiente:
 - Especies coníferas. Cuatro especies, todas del género *Pinus*.
 - Especies preciosas. 14 especies con cualidades y valor económico especial (Gómez *et al.*, 1973).
 - Especies latifolias. Desagregadas en duras, semiduras y blandas (Gómez *et al.*, 1973).
 - Postes (madera para el alumbrado público y la telefonía). Especies solo del género *Pinus*.
 - Traviesas (madera para el ferrocarril). Desagregadas en:
 - Especies duras (Gómez *et al.*, 1973).
 - Eucaliptos.
 - Rollizas (madera para uso directo). Desagregadas en:
 - Especies coníferas (género *Pinus*).
 - Especies duras (Gómez *et al.*, 1973).
 - Especies semiduras (Gómez *et al.*, 1973).
 - Cujes (madera para la producción de tabaco). Desagregados en:
 - Especies coníferas (género *Pinus*).
 - Eucaliptos.

- Leña y carbón. A fin de evitar la duplicación de los estimados, estos surtidos no son contabilizados por la subcategoría Tierras Forestales, sino por la categoría Energía.

Los datos para los BNE realizados entre 1990 y 1996 (solo años pares) fueron recopilados por el Instituto de Meteorología (INSMET), mientras que desde 1998 y hasta 2016 fueron recopilados por el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF), con la colaboración del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT).

1.3. RESULTADOS DE LAS BALANCES NETOS DE EMISIONES FORESTALES ENTRE 1990 Y 2016

Los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) fueron iniciados en Cuba en 1992 y con posterioridad fue calculado el correspondiente a 1990, repitiendo bienalmente hasta 2016 su determinación, el último concluido. Sin embargo, el INAF (en ese entonces Instituto de Investigaciones Forestales-IIF) comenzó su participación en los Inventarios a partir del año 2000, quedando a cargo desde entonces de la preparación del Balance Neto de Emisiones del Sector Forestal nacional.

Durante el periodo 2000–2014 todos los Balances realizados por el INAF se basaron metodológicamente en la Directrices Revisadas de 1996 del IPCC, específicamente en lo establecido para el Módulo 5: Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura (IPCC, 1997), que determina el resultado del balance como la diferencia entre el carbono atmosférico removido por el bosque en un año debido a su crecimiento y el carbono extraído del bosque ese año como consecuencia de su aprovechamiento. No obstante, en ellos no fueron consideradas las emisiones de GEI originadas por otros factores, tales como los incendios, que fueron objeto de análisis por otras instituciones y luego incorporadas a los resultados del Módulo de Energía, para evitar la duplicación de datos.

3. Incluida a partir del año 2000 por el Instituto de Investigaciones Forestales debido a su importancia nacional.

Los Balances realizados entre los años 2000 y 2004 utilizaron los factores de emisión por defecto facilitados por las Directrices; sin embargo, a partir del Balance 2006 estos comenzaron a ser progresivamente sustituidos por factores nacionales de emisión (Valdés *et al.*, 2013), recalculándose los resultados de los Balances precedentes y en el Balance 2014, de los 79 factores de emisión utilizados, 50 eran nacionales (63,3%).

Sin embargo, cuando fue acometido el cálculo del Balance 2016 se decidió sustituir el empleo de las Directrices Revisadas de 1996 del IPCC, por las de 2006 (IPCC, 2006); recalcular empleando esas Directrices todos los Balances hechos bianualmente para años pares entre los años 1998 y 2014 y además, completar la serie 1998-2016 con el cálculo de los Balances para los años impares; no obstante, no fue posible recalcular los Balances correspondientes a los años del periodo 1990 – 1996 debido a la insuficiente disponibilidad de datos.

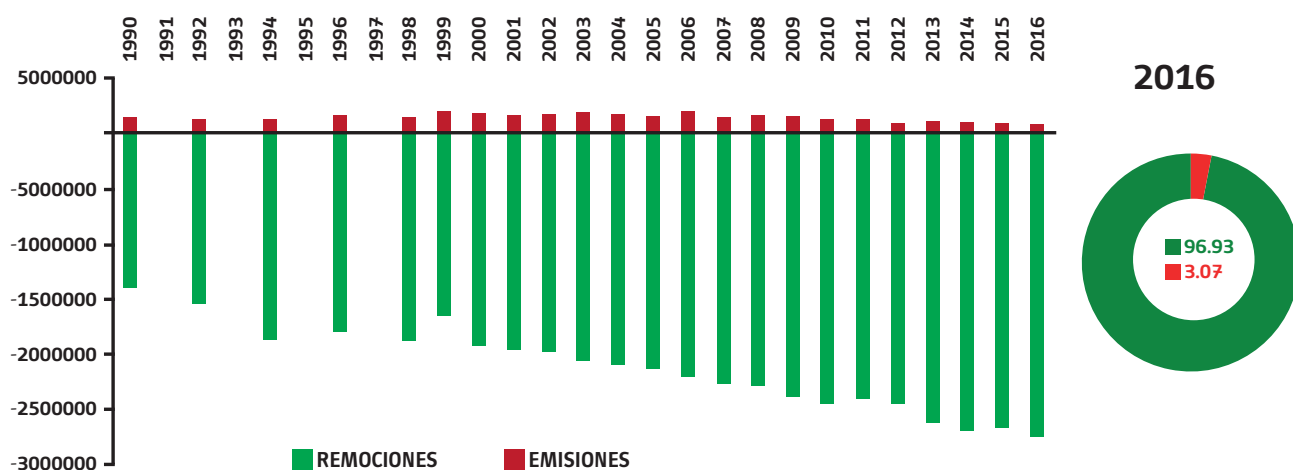
Desde el año 2000, cuando el INAF comenzó a realizar los Balances, hasta el año 2016 correspondiente al último concluido, el área cubierta por bosques del patrimonio forestal nacional varió desde 2,06 hasta 4,09 millones de hectáreas (DFFFS, 2017).

Los resultados alcanzados de emisiones y remociones en cada Balance se presentan en la Figura 1.1. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016), donde se puede apreciar con claridad el sostenido crecimiento presentado por las remociones debido al constante aumento de la superficie cubierta de bosques del país, que se propone alcanzar finalmente un índice de cobertura algo superior al 34% y al término de 2016 ya alcanzaba 31,15% (DFFFS, 2017).

Sin embargo, el aumento de las remociones de carbono atmosférico mostrado por los Balances no solo es debido al crecimiento de la superficie cubierta de bosques, sino también a una sostenida tendencia de disminución de las emisiones como consecuencia de la reducción de los niveles de aprovechamiento forestal realizados en el periodo (Fig. 1.2.), y a que el país no registra deforestación y ello ha sido reconocido por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en sus reportes sobre el Estado de los Bosques del Mundo.

Respecto a las emisiones y remociones de GEI en términos absolutos por los componentes de la *Tierras forestales* (Tabla 1.1. y Figura 1.3.), en 2016 el *Incremento de biomasa en bosques naturales* fue el de mayor importancia con 53,9%, seguido de 38,5% por el *Incremento de biomasa en bosques artificiales*; 3,2% por el *Incremento de biomasa en árboles no forestales*; 1,6% por la *Producción de madera en bolo*; 1,3% por el *Incremento de biomasa de los frutales en los bosques*; 1,2% por la *Producción de madera rolliza* y menos de 1,0% por el resto de los componentes.

Figura 1.1.
Tierras forestales:
emisiones y remociones anuales de CO₂ (t CO₂ eq).
Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)



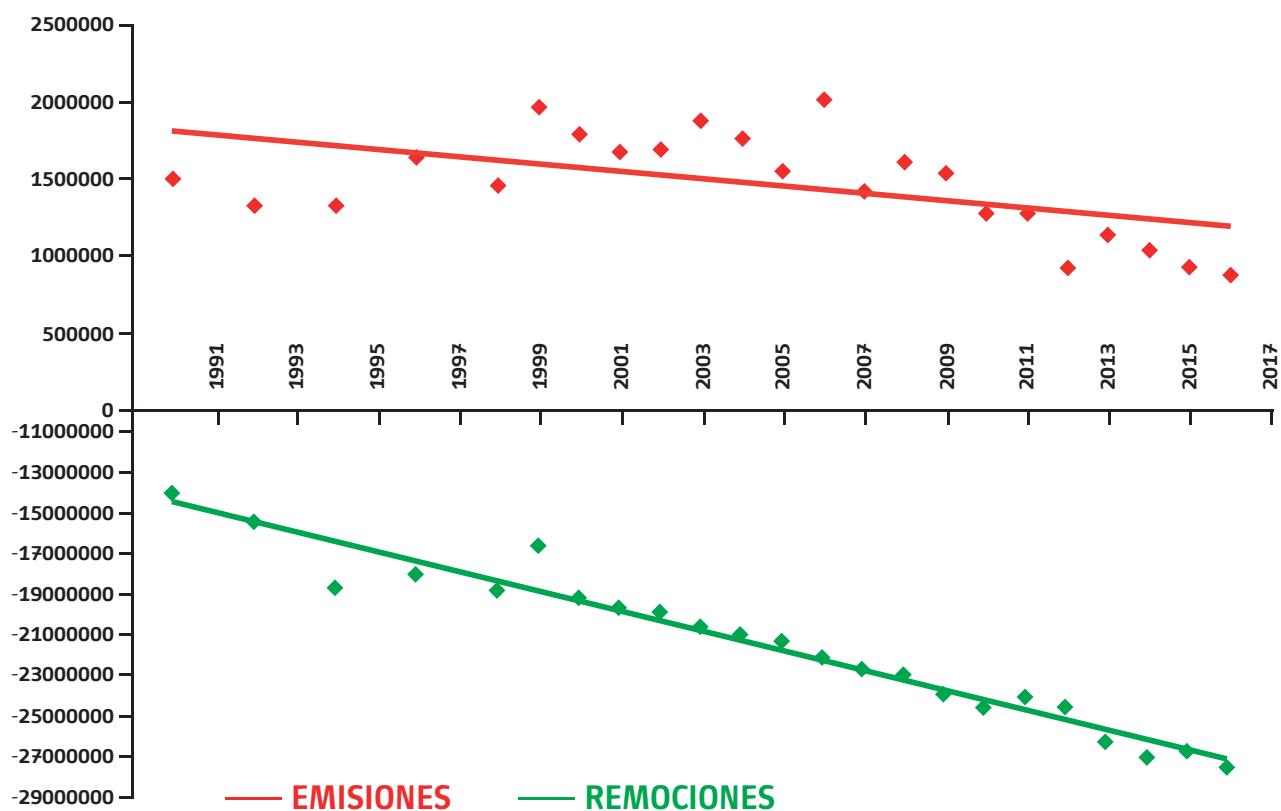


Figura 1.2. Tierras forestales: tendencia hiperanual de las emisiones y remociones de CO₂ (t CO₂ eq). Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Tabla 1.1. Tierras forestales: emisiones y remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por componente. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Indicador	Componente	1990	2000	2010	2016
Emisiones	Bolo	473 100,16	669 856,50	634 647,86	464 122,23
	Postes	14 161,70	12 223,78	47 502,81	1 958,79
	Traviesas	71 118,14	43 514,50	78 101,48	697,95
	Rollizas	883 866,48	909 134,98	483 636,65	346 793,66
	Cujes	54 879,47	149 894,66	29 778,92	60 824,19
Remociones	Bosques artificiales	-3 920 063,07	-7 291 459,69	-10 321 445,68	-10 971 110,01
	Bosques naturales	-9 446 607,56	-11 131 498,12	-13 123 113,59	-15 346 264,57
	Frutales en los Bosques	sin datos	sin datos	-248 949,36	-374 327,74
	Árboles no forestales	-706 325,40	-816 481,04	-935 526,56	-907 393,29
Balance		-12 575 870,10	-17 454 814,42	-23 355 367,45	-26 724 698,80

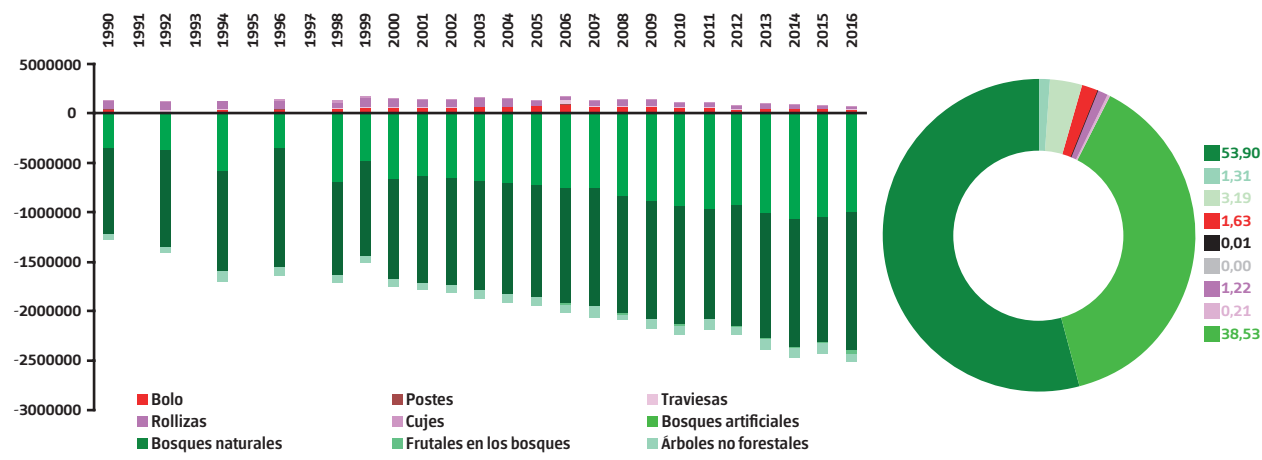


Figura 1.3. Tierras forestales: emisiones y absorciones de CO₂ (t CO₂ eq) por fuentes y sumideros. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

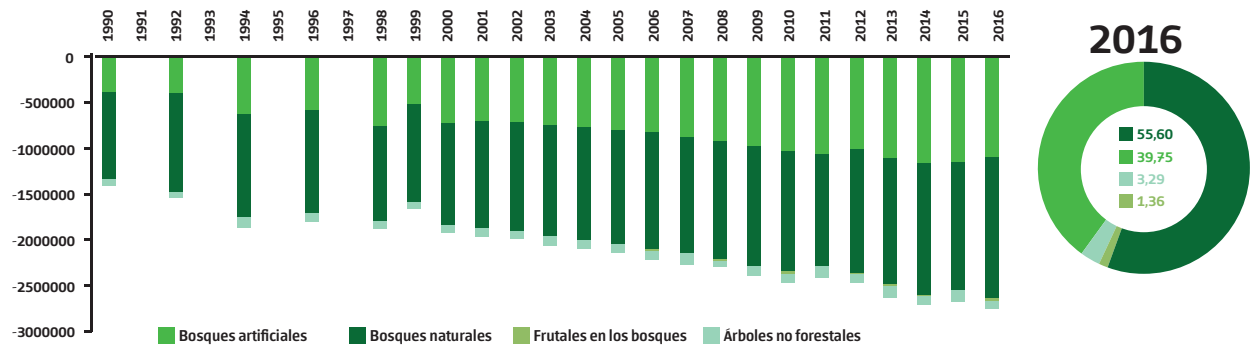
Tendencia de la remoción de GEI

En 2016 la remoción de CO₂ contabilizó -27 597 079,62 t CO₂ eq, incrementando 96,1% desde 1990 y 12,6% desde 2010 (Tabla 1.2. y Figura 1.4).

Tabla 1.2. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por sumideros. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Sumidero	1990	2000	2010	2016
Bosques artificiales	-3 920 063,07	-7 291 459,69	-10 321 445,68	-10 971 110,01
Bosques naturales	-9 446 607,56	-11 131 498,12	-13 123 113,59	-15 346 264,57
Frutales en los Bosques	sin datos	sin datos	-248 949,36	-374 327,74
Árboles no forestales	-706 325,40	-816 481,04	-935 526,56	-907 393,29
Total	-14 071 006,04	-19 237 438,84	-24 627 025,18	-27 597 079,62

Figura 1.4. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por sumidero. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)



Respecto a las remociones de GEI en términos absolutos por sumidero (Figura 1.4.), en 2016 los Bosques naturales (cuya superficie constituye aproximadamente 75% del total de bosques), fueron los de mayor importancia con 55,60%, seguidos de los Bosques artificiales con 39,75%, mientras que los frutales, tanto dentro como fuera del bosque, representaron de conjunto menos de 5,00%.

Respecto a las remociones de GEI por los bosques naturales, los Bosques estacionales mayores de 20 años fueron los más importantes en 2016, incrementando 58,0% desde 1990 y 1,2% desde 2010 (Tabla 1.3. y Figura 1.5.).

Tabla 1.3. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por los Bosques naturales. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Bosque natural	1990	2000	2010	2016
Húmedo	-839 091,17	-1 399 912,31	-2 020 414,43	-3 643 947,57
Estacional (<20años)	-1 829 483,53	-2 290 789,49	-2 857 420,29	-2 890 985,02
Estacional (>20años)	-3 658 967,07	-4 874 455,40	-5 714 840,58	-5 781 970,03
Seco	-918 713,80	-705 140,92	-498 131,56	-414 214,94
Manglares	-2 200 352,00	-1 861 200,00	-2 032 306,73	-2 615 147,01
Total	-9 446 607,56	-11 131 498,12	-13 123 113,59	-15 346 264,57

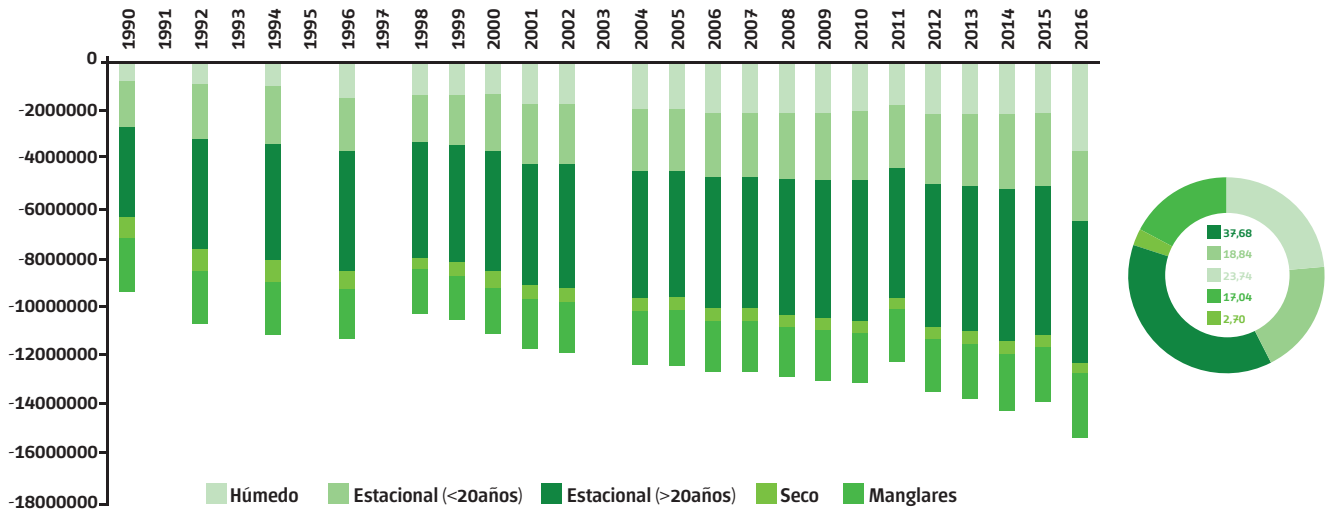


Figura 1.5. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por tipo de bosque natural. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

En términos absolutos, los Bosques estacionales mayores de 20 años alcanzaron en 2016 un 37,6% del total de las remociones (Figura 1.5.), seguidos por los Bosques húmedos con 23,7%, los Bosques estacionales menores de 20 años y los Manglares, que representaron 18,8% y 17,4% respectivamente, mientras que los Bosques secos solo representaron el 2,7%.

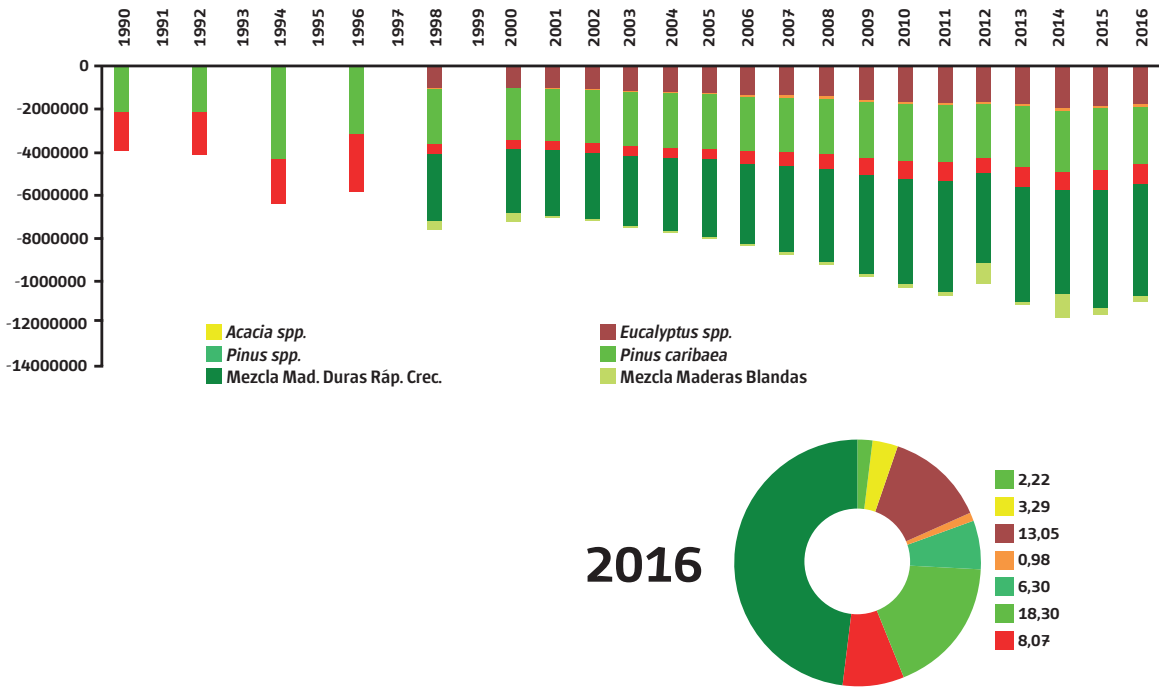
Respecto a las remociones de GEI por los bosques artificiales, en los años 1990-1996 de la serie solo fueron registrados datos por años pares en dos categorías y no fue posible actualizarlos y/o completarlos.

En los años 1998-2016 de la serie el grupo Especies de madera dura y rápido crecimiento fue el más importante, incrementando 73,6% desde 2000 y 5,9% desde 2010 (Tabla 1.4. y Figura 1.6.).

Tabla 1.4. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por los Bosques artificiales. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Bosque artificial	2000	2010	2016
<i>Acacia spp.</i>	-22 425,48	-165 599,36	-361 468,94
<i>Eucalyptus spp.</i>	-970 398,00	-1 519 021,22	-1 431 209,84
<i>Tectona grandis</i>	-25 773,40	-107 207,12	-107 088,16
<i>Pinus spp.</i>	-378 312,64	-622 271,60	-690 704,57
<i>Pinus caribaea</i>	-2 059 128,31	-2 018 258,97	-2 008 127,07
Mezcla Maderas Duras	-402 981,23	-806 195,30	-885 148,34
Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.	-3 020 711,16	-4 950 525,27	-5 244 004,94
Mezcla Maderas Blandas	-411 729,47	-132 366,84	-243 358,15
Total	-7 291 459,69	-10 321 445,68	-10 971 110,01

Figura 1.6. Incremento en biomasa: remociones de CO₂ (t CO₂ eq) por tipo de bosque artificial. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)



En términos absolutos, en 2016 el grupo Especies de madera dura y rápido crecimiento representó 47,8% del total de remociones (Figura 1.6.), seguido por *Pinus caribaea* var. *caribaea* con 18,3%, *Eucalyptus spp.* que representó 13,1%, Especies de madera dura y lento crecimiento con 8,1% y *Pinus spp.* con 6,3%, mientras que el conjunto de las restantes categorías alcanzó 6,5%.

Tendencia de la emisión de GEI

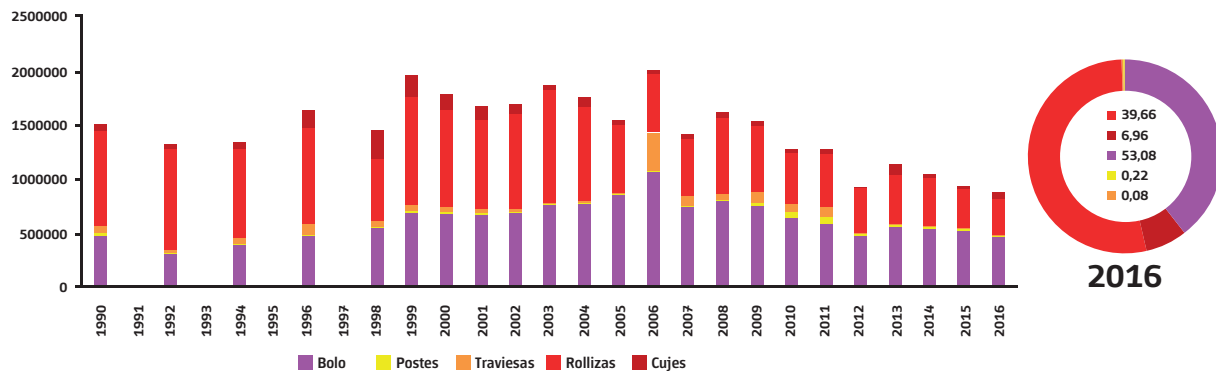
En 2016 las emisiones contabilizaron 874 396,82 t CO₂ eq, disminuyendo en 58,4% con respecto a 1990 y en 68,7% con respecto a 2010 (Tabla 1.5. y Figura 1.7.).

Respecto a las emisiones de GEI en términos absolutos por surtido (Figura 1.7.), en 2016 la producción de Madera en bolo (para aserrado) fue la de mayor importancia con 53,1%, seguida por la de Madera rolliza (para uso directo) con 40,0%, mientras que el resto de las fuentes representaron de conjunto 7,3%.

Tabla 1.5. Cosecha de madera: emisiones de CO₂ (t CO₂ eq) por surtido. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

Sumidero	1990	2000	2010	2016
Bolo	473 100,16	669 856,50	634 647,86	464 122,23
Postes	14 161,70	12 223,78	47 502,81	1 958,79
Traviesas	71 118,14	43 514,50	78 101,48	697,95
Rollizas	883 866,48	909 134,98	483 636,65	346 793,66
Cujes	54 879,47	149 894,66	29 778,92	60 824,19
Total	1 497 125,93	1 784 624,42	1 273 667,73	874 396,82

Figura 1.7. Cosecha de madera: emisiones de CO₂ (t CO₂ eq) por surtido. Serie 1990-2016. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)



Durante el periodo 1990-2016 el 49,5% de las emisiones anuales acumuladas fueron originadas por el aprovechamiento de las coníferas para la producción de productos madereros, mientras que el 50,5% restante fue originado por el aprovechamiento de las especies latifoliadas.

La comparación entre los resultados de los Balances utilizando ambas Guías para el periodo 1998 – 2016 son presentados en la Fig. 1.8.

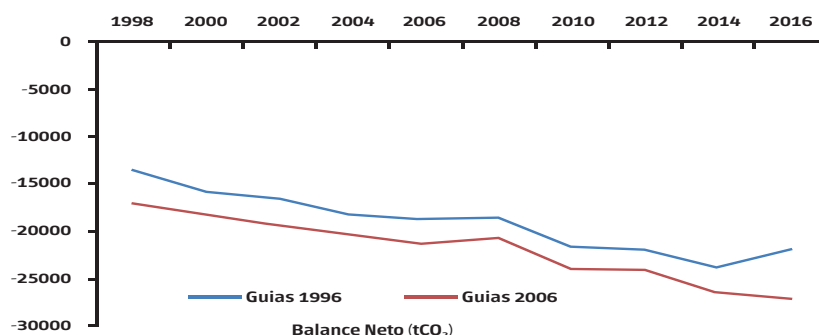


Figura 1.8. Comparación de los resultados de los Balances Netos calculados con el empleo de Guías diferentes del IPCC. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016)

1.4. BALANCE FORESTAL DE EMISIONES VS BALANCE AGROPECUARIO DE EMISIONES

La Figura 1.9. muestra los resultados finales de todos los Inventarios de GEI realizados por Cuba durante el periodo 1990–2014, por sectores (CITMA, 2018).

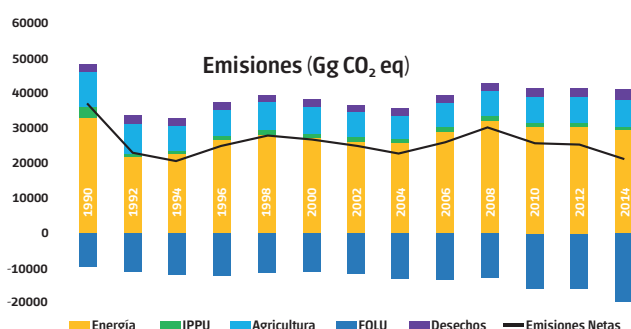


Figura 1.9. Resultados de los Inventarios Nacionales de GEI por sectores. Periodo 1990 – 2014 (CITMA, 2018).

En ella se puede apreciar que los niveles de emisiones netas registrados para el Sector Agricultura (actividades agrícola y pecuaria) a partir de 1994, han sido compensadas por el Sector Forestal y Otros Usos de la Tierra (FOLU), lo que significa que el Sector Agrario cubano puede ser considerado a partir de ese año como una actividad económica sin emisiones netas de GEI e incluso a partir de 2010, como un sumidero de carbono atmosférico.

1.5. FACTORES NACIONALES DE EMISIÓN USADOS EN EL BALANCE NETO DE CARBONO DEL SECTOR FORESTAL

El balance de carbono correspondiente al Sector Forestal comprendido en el submódulo Cambios en los bosques y otras biomásas leñosas, del módulo Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Bosques (LULUCF) de los Inventarios Nacionales realizados (1990-2014), está dividido en tres partes:

- La primera, dedicada al incremento anual de carbono registrado por los bosques.
- La segunda, dedicada al consumo anual de biomasa extraída de los bosques.
- La tercera, que calcula la diferencia entre los totales de la primera y la segunda para determinar el balance.

En el cálculo del incremento anual de carbono registrado por los bosques son utilizadas ocho categorías de bosques artificiales, cuatro de bosques naturales y dos de otros bosques, mientras que para los árboles fuera del bosque se emplean tres categorías; para cada una de ellas son utilizados dos factores de emisión: el incremento medio anual de biomasa seca (IMA_{BS}) y la fracción de carbono (FC).

En Cuba las investigaciones orientadas a la obtención de factores nacionales de emisión para esas categorías fueron iniciadas desde 2006 y los factores actualmente utilizados se muestran en la Tabla 1.6.

Los primeros IMA correspondientes a los pinos fueron inicialmente reportados por Álvarez, Mercadet *et al.* (2011), con valores inferiores a los señalados en la Tabla 1.6.; sin embargo, la ampliación de las evaluaciones a otras áreas del patrimonio forestal permitió modificarlos y están en uso los reportados por Mercadet *et al.* (2012).

Para los casos de *Acacia sp.*, *Eucalyptus sp.* y *Tectona grandis*, las investigaciones han avanzado hasta alcanzar valores de IMA_{BS} de 6,49 t/ha/a, 16,84 t/ha/a y 15,55 t/ha/a, respectivamente (Mercadet *et al.*, 2017), mientras que para la formación Manglar han sido obtenidos valores de 0,32 t/ha/a (Mestril, 2017) y 2,91 t/ha/a (O'Farrill, 2019); sin embargo, hasta el Balance de Emisiones 2016 los mismos no han sido puestos en uso porque las evaluaciones estaban siendo ampliadas a otros ambientes. Por su parte, los valores para las plantaciones de cítricos y otros frutales fueron facilitados por Betancourt (2010 y 2016).

Los valores del incremento medio anual de biomasa seca (IMA_{BS}) fueron obtenidos a partir del incremento medio anual de volumen y de la densidad básica de la madera (Tabla 1.6.), mientras que la fracción de carbono (FC) fue determinada en condiciones de laboratorio utilizando un analizador elemental Leco, modelo TruSpec C/N, con un patrón EDTA con 40,94% de concentración de carbono.

Tabla 1.6. Factores de emisión utilizados por categoría para el cálculo del incremento anual de carbono por los bosques en los balances netos de carbono. (Mercadet, Álvarez y Rodríguez, 2016).

Tipo	Categoría	IMA _{BS}	FC
Bosques artificiales	<i>Acacia spp.</i>	15,00	0,4854
	<i>Eucalyptus spp.</i>	14,50	0,4875
	<i>Tectona grandis</i>	8,00	0,4849
	<i>Pinus spp.</i>	6,32	0,4702
	<i>Pinus caribaea</i>	8,51	0,4753
	Mezcla Maderas Duras	6,80	0,4688
	Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.	12,50	0,4697
	Mezcla Maderas Blandas	14,50	0,4690
Bosques naturales	Húmedo	6,25	0,4745
	Estacional (<20años)	4,00	0,4658
	Estacional (>20años)	2,00	0,4658
	Seco	3,40	0,4620
Otros bosques	Manglares	2,00	0,4700
	Frutales en los Bosques	6,80	0,4500
Árboles fuera del bosque	Plantaciones de Cítricos	2,53	0,4500
	Planta. Otros Frutales,	4,72	0,4500

Los factores nacionales de emisión están en rojo.

En el caso de las fracciones de carbono, hasta la fecha han sido mantenidos los estimados por Mercadet *et al.* (2010), así como los procedimientos reportados por Álvarez, Mercadet *et al.* (2011) para calcular las fracciones correspondientes a las mezclas de especies en bosques artificiales y a los bosques naturales.

En el cálculo del consumo anual de biomasa extraída de los bosques son utilizadas 15 categorías de cosecha, distribuidas en siete surtidos: madera en bolo, postes, traviesas de ferrocarril, madera rolliza, leña carbón vegetal y cujes para tabaco; para cada una de ellas son utilizados tres factores de emisión:

- El factor para la conversión del volumen final de cada categoría de cosecha, a la biomasa seca inicial previo a su procesamiento (FCV, kt ms).
- El factor de expansión de la biomasa previa al procesamiento, a la biomasa originalmente extraída del bosque (FEB, s/u).
- La fracción de carbono correspondiente a cada categoría de cosecha, según las especies que en ellas intervienen, considerando los valores reportados por Mercadet *et al.* (2010) (FC, s/u).

Los factores actualmente utilizados para el cálculo del consumo anual de biomasa extraída de los bosques se muestran en la Tabla 1.7.

Categorías/Surtido	FCV	FEB	FC
Bolo:			
Coníferas	0,565	1,19	0,4715
Preciosas	0,618		0,4700
Latifolias			
Duras	0,811	1,19	0,4741
Semiduras	0,652		0,4633
Blandas	0,482		0,4671
Postes:			
Latifolias (semiduras)	0,652	1,19	0,4734
Traviesas:			
Duras	0,811	1,19	0,7170
Semiduras (eucaliptos)	0,717		0,4555
Rollizas:			
Coníferas	0,565	1,19	0,4715
Latifolias (semiduras)	0,652		0,4633

1.6. PROYECCIÓN DEL BALANCE FORESTAL DE EMISIONES NETAS HASTA 2030

La proyección del balance de emisiones fue realizada combinando, por una parte, la tendencia histórica de variación del Balance registrada entre 1990 y 2015 por periodos de cinco años y por otra, la parte del patrimonio forestal que queda por reforestar y el ritmo anual de establecimiento de bosques artificiales, lo que dio lugar a los resultados presentados en la Fig. 1.9.

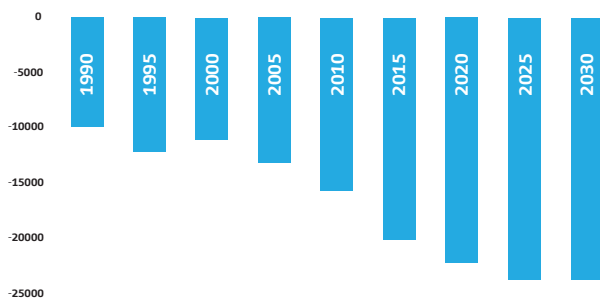


Figura 1.9. Proyección del balance de emisiones del sector forestal hasta 2030. (Fuente: Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero [ETGEI], Cuba, 2018).

Los resultados anteriores indican que aproximadamente a partir de 2025 el nivel anual de remoción de GEI del Sector Forestal habrá alcanzado un valor máximo en el que se estabilizará a partir de esa fecha, lo que significa que en caso que las emisiones del Sector Agrícola (agricultura y ganadería) o la de otros sectores como el Energético aumenten a partir de 2025, los niveles netos de emisión del país aumentarían, porque el sector que actualmente los compensa mantendría constante su capacidad sumidero.

Tal resultado es consecuencia directa del método establecido por las Directrices 1996 y 2006 del IPCC para el cálculo del Balance de Emisiones en la subcategoría forestal del Sector AFOLU, donde las remociones de carbono son calculadas como el producto de la superficie de bosque por el aumento medio anual de biomasa seca por hectárea por el coeficiente de carbono y, dado que los últimos dos valores son constantes, cuando el primer valor también es constante debido a la total cobertura del patrimonio forestal, las remociones anuales presentarían un valor constante.

Sin embargo, esto no es lo que ocurre en la realidad, porque pese a que toda el área forestal del patrimonio estará cubierta por bosques, el volumen del bosque continuará aumentando como consecuencia del crecimiento y para que ello se logre, los niveles de CO₂ atmosférico removidos por la fotosíntesis de los árboles continuarán aumentando y con ello, la capacidad sumidero del Sector Forestal, lo que ha sido demostrado por Álvarez, Mercadet y Rodríguez (en prensa) (Fig. 1.5).

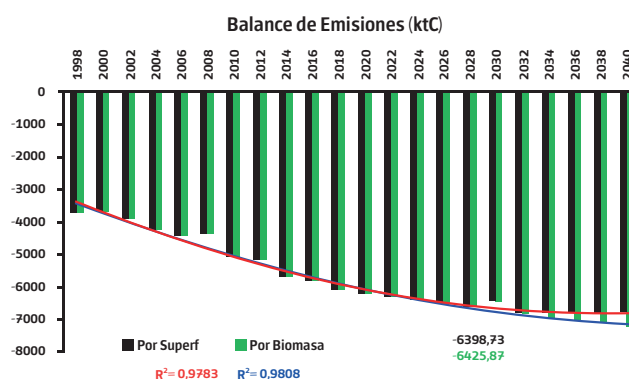


Figura 1.5. Comparación entre los resultados esperables del Balance Neto de Carbono del Sector Forestal empleando las Guías 1996 del IPCC (en negro) y considerando además los cambios de biomasa de los bosques (en verde). (Fuente: Álvarez, Mercadet y Rodríguez, en prensa).

La utilización en estos cálculos de las Directrices 2006 del IPCC introduciría aumentos en los resultados de los Balances debido a que las estimaciones de las remociones adicionan, a diferencia de las Directrices 1996, el carbono retenido por la biomasa subterránea (raíces) de los bosques; sin embargo, el fundamento general de las determinaciones de las remociones también se basa en las superficies cubiertas por bosques y no en sus aumentos de biomasa, por lo que en la comparación de ambos métodos quizás disminuiría la magnitud de las diferencias, pero se ratificaría el reporte realizado según las Guías del IPCC de un balance neto casi constante (solo alterado si el valor de las extracciones de madera cambiaran), a partir del comienzo de la década de los años 30.

Esta situación, derivada de las peculiaridades de Cuba en lo que respecta a la situación y manejo de su patrimonio forestal por una parte y a la metodología de cálculo establecida para realizar los Balances de Emisiones en el Sector AFOLU por otra, en algún momento futuro (y no muy lejano) tendrá que ser objeto de una valoración conjunta entre el Equipo Técnico de GEI de Cuba, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (autor de los métodos de cálculo para los Inventarios) y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que es a la que se presentan los Inventarios.

II. RETENCIÓN DE CARBONO POR LOS BOSQUES

Autores principales:

Dr.C. Alicia Mercadet¹

Dr.C. Arlety Ajete¹

Dr.C. Arnaldo Álvarez¹

Colaboradores:

Ms. C. Edelmira Castro³

Ing. Isis Zulueta³

Ing. Carlos E. Barrios²

Ing. Leonel Nuñez⁴

Ing. Lázaro Ramos⁵

Ing. Mario Puente⁵

Ing. José M. Torres⁶

Ing. Jorge L. Guelmez⁷

Ing. Roberto Valdés⁸

Ing. Libeidys Prieto⁹

Ing. José. L. López⁹

Ing. Gualberto González¹⁰

Ing. Migdalia Pi¹¹

Ing. Ubaldo Ortiz¹¹

Ms. C. Erduin Orama¹²

Ing. Iván Pino¹³

Ing. Máximo Lozano¹⁴

Ing. Yodelvys Rivera¹⁵

Ing. Oscar García¹⁵

Ing. Israel Domínguez¹⁶

Ing. Juan Figueras¹⁶

Ing. Antonio Magaña¹⁷

Ing. Tamara Rodríguez¹⁸

Ing. Francisco Conde¹⁹

Ing. Wilmer Moreira²⁰

Ing. Pedro E. Rodríguez²¹

Ing. Adonis Martínez²³

Ing. Augusto Álvarez²³

Ing. Yadián Álvarez²³

Ing. Yuri Debrot²⁴

Ing. Roberto Esparraguera²⁴

Autores contribuyentes:

Dr.C. Osiris Ortiz^{1†}

Dr.C. Teresa Suárez¹

Dr.C. Antonio Escarré²²

Ms.C. Yolanis Gutiérrez¹

Ms.C. Liliana Caballero¹

Ms.C. Yunior Álvarez¹

Ms.C. Yaumara Miñoso¹

Ms.C. Adela Frómeta¹

Ms.C. M^a Magdalena Martínez¹

Ms.C. Andrés Hernández¹

Ms.C. Armando Solano¹

Ms.C. Odalys Mojena³

Ing. Arsenio Renda¹

Ing. Mairé Cuellar¹

Ing. Leufrido Yero¹

Ing. Caridad Catanares¹

Ing. Yaneli Peña¹

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

²Empresa Agroforestal Granma

³Grupo Empresarial Agroforestal

⁴Empresa Agroforestal Guanahacabibes

⁵Empresa Agroforestal Macurije

⁶Empresa Agroforestal Minas de Matahambre

⁷Empresa Agroforestal Pinar del Rio

⁸Empresa Agroforestal La Palma

⁹Empresa Agroforestal Costa Sur

¹⁰Empresa Agroforestal Mayabeque

¹¹Empresa Agroforestal Matanzas

¹²Empresa Agroforestal Villa Clara

¹³Empresa Agroforestal Cienfuegos

¹⁴Empresa Agroforestal Sancti Spiritus

¹⁵Empresa Agroforestal Ciego de Ávila

¹⁶Empresa Agroforestal Las Tunas

¹⁷Empresa Agroforestal Mayarí

¹⁸Empresa Cafetalera Rolando Ayub

¹⁹Empresa Agroforestal Guantánamo

²⁰Empresa Agroforestal Imías

²¹Empresa Agroforestal Baracoa

²²Universidad de Alicante, España

²³Empresa Agroforestal Sierra Cristal

²⁴Empresa Flora y Fauna Santiago de Cuba

2.1. CICLO AMPLIADO DEL CARBONO FORESTAL: REMOCIÓN, RETENCIÓN, EMISIÓN Y SECUESTRO DE CARBONO

El ciclo ampliado del carbono forestal está compuesto por dos etapas: la primera, que ocurre durante el establecimiento y crecimiento del bosque, donde se produce la remoción de carbono atmosférico por el bosque acompañado de las emisiones del bosque a la atmósfera, formando un sistema cíclico y la segunda, que ocurre durante el aprovechamiento del bosque y la producción de bienes, en los que el carbono queda secuestrado durante la vida útil del producto final para luego retornar a los sistemas naturales, incluida la atmósfera.

27

La Figura 2.1. muestra el conjunto de procesos inherentes a la primera etapa del ciclo ampliado del carbono forestal (Álvarez, Mercadet y Ajete, 2018), en la que resulta de importancia por su reiterado empleo en este libro, la definición de tres conceptos: remoción, retención y emisión de carbono.

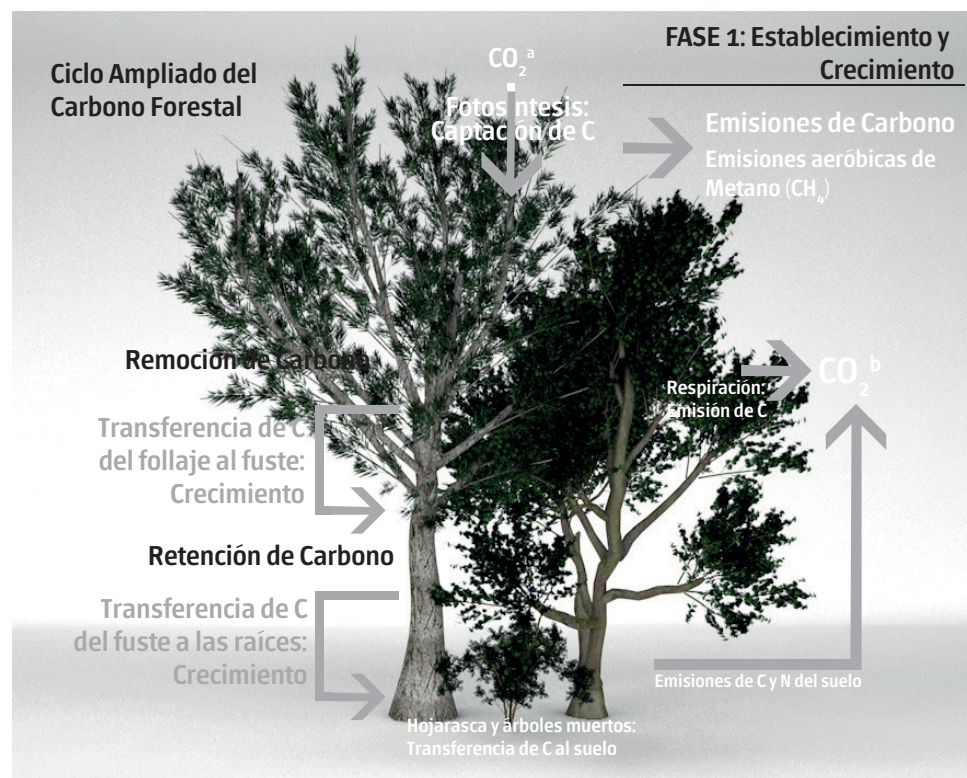


Figura 2.1. Procesos componentes de la primera etapa del ciclo ampliado del carbono forestal.

A todo lo largo del presente material se comprenderá como remoción de carbono atmosférico, el proceso mediante el cual los árboles toman dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera a través del sistema estomático, presente generalmente en sus hojas, para la realización de la fotosíntesis, mediante la cual son formados compuestos orgánicos de variada complejidad destinados a convertirse en insumos para el crecimiento, protección y desarrollo de las plantas. La magnitud de la remoción está influenciada por la *inversión silvícola* que se realice para el manejo del bosque (espaciamiento, podas, talas sanitarias, raleos, etc.) que se traduce fundamentalmente en cambios de los ritmos de crecimiento de los árboles.

La transferencia de los compuestos orgánicos formados como resultado de la fotosíntesis hacia las distintas partes del árbol, integrándose en sus estructuras (follaje, flores, frutos, ramas, fuste, corteza y raíces), da lugar a que el carbono removido de la atmósfera pase a ser *carbono retenido en la biomasa* (tanto sobre el suelo o biomasa aérea, como debajo del suelo o biomasa soterrada).

Durante los procesos de crecimiento y desarrollo de los árboles, sus estructuras (hojas, flores, frutos, ramas, corteza e incluso, todo el árbol) tienen un tiempo de vida limitado, en unos casos por causas naturales y en otros por acciones antrópicas, el que al ser alcanzado da lugar a la muerte de esas estructuras dando lugar así al *carbono retenido en la necromasa*, donde se mantiene durante un tiempo para luego, a través de los procesos de descomposición aeróbica y anaeróbica que se producen sobre y en el suelo, ser incorporado al carbono orgánico existente en las capas menos profundas, dando lugar al *carbono retenido en el suelo*.

Sin embargo, la acción de la microbiota del suelo sobre los compuestos orgánicos en él existentes produce *emisiones de carbono* (CO_2) a la atmósfera (también de nitrógeno en forma de NO , NO_2 , que constituyen GEI), a las que se suman las emisiones de CO_2 procedentes de la respiración de la planta, las de metano (CH_4) que en condiciones aeróbicas es generado por el follaje de algunas especies, las extracciones de biomasa derivadas del manejo y aprovechamiento de los bosques para la producción de madera y la descomposición ulterior de los residuos de estas dos últimas acciones que quedan en el campo.

Este conjunto de términos (remoción-Rm, retención-Rt y emisión-Em) constituyen la base conceptual del cálculo de las emisiones netas (E) de GEI en los bosques, las que pueden ser realizadas mediante dos métodos diferentes:

- El método de ganancias y pérdidas, que compara las emisiones y remociones ocurridas durante un periodo determinado de tiempo ($E = \text{Em} - \text{Rm}$) en una misma área, utilizado en los Inventarios Nacionales de GEI para el componente forestal del sector Agricultura, Bosques y Cambio de Uso de la Tierra.
- El método de diferencia de existencias, que compara las retenciones existentes en dos momentos diferentes ($E = \text{Rt}_1 - \text{Rt}_2$) en una misma área.

Ambos son aplicaciones de los métodos de control de almacenes, basado el primero en las entradas y salidas de un producto durante un tiempo de trabajo, reflejadas en las tarjetas de estiba y el segundo, en la existencia total del producto al comienzo y final del tiempo de trabajo.

En el caso de los bosques, para los dos métodos un valor positivo de las emisiones netas (E) equivale a estar en presencia de una *fuentes emisora de carbono* (porque las emisiones superaron a las remociones en el primer método, o porque el carbono retenido disminuyó en el tiempo en el segundo método), mientras que un valor negativo significa la existencia de un *sumidero de carbono* (porque las remociones superaron a las emisiones, o porque el carbono retenido aumentó en el tiempo, según el método utilizado).

Lo antes presentado explica por qué la *deforestación* (comprendida como el cambio de uso de la tierra del patrimonio forestal hacia otros usos diferentes a los de la actividad forestal) constituye un proceso que, al disminuir la extensión del patrimonio y de su área cubierta de bosques, genera emisiones de GEI y puede cambiar su carácter de sumidero de carbono a *fuentes emisora de carbono*.

La Figura 2.2. muestra el conjunto de procesos componentes de la segunda fase del ciclo ampliado del carbono forestal (Álvarez, Mercadet y Ajete, 2018), en la que resulta de importancia la definición del concepto *secuestro de carbono*.

En condiciones nacionales durante el aprovechamiento y la transformación industrial de la madera, más del 50% de la biomasa original existente en el bosque queda sin utilizar, convirtiéndose en residuos que tanto si están en el bosque, como si están en las instalaciones industriales, generalmente son desechados, pasando el carbono en ellos contenido o bien al suelo, como carbono orgánico, o a la atmósfera como emisiones de carbono.

Sin embargo, la parte de la madera que fue utilizada para el uso de la madera con una limitada elaboración (traviesas de ferrocarril, pilotes, postes, madera para encofrado, etc.) o para la producción de bienes (piezas para estructuras, palets, muebles, recubrimiento de pisos y/o paredes, papel, cartón, etc.) mantiene secuestrado el carbono en ella contenido por el tiempo de vida útil propio de cada producto final.



Figura 2.2. Procesos componentes de la segunda fase del ciclo ampliado del carbono forestal.

2.2. CATEGORÍAS, COMPONENTES Y DEPÓSITOS DE CARBONO DEL PATRIMONIO FORESTAL

Para acometer los cálculos destinados a establecer la magnitud de la retención de carbono por los bosques es imprescindible definir el significado de los términos *categoría de bosque*, *componentes del patrimonio forestal* y cuáles son en cada componente, los *depósitos de carbono* existentes.

Las *categorías de los bosques* constituyen el establecimiento legal del uso que puede ser hecho de ellos en el país; fueron inicialmente definidas de forma general por la Ley 81/97 (Ley de Medio Ambiente), artículo 113 (República de Cuba, 1997) y más tarde fueron especificadas por la Ley 85 (Ley Forestal), artículo 15 (República de Cuba, 1998), que establecieron un total de siete categorías de bosques:

- Bosque productor (de madera).
- Bosques protectores: Protectores de las aguas y los suelos; Protectores del litoral.
- Bosques de conservación: Bosques de Manejo Especial, Bosques para la Protección y Conservación de la Fauna, Bosques Recreativos y, Bosques Educativos y Científicos.

Por su parte, los componentes del patrimonio se establecen en base a la situación en que se encuentra su cobertura y son cinco:

Área inforestal. Aquella que debido a sus características o funciones, nunca estará cubierta de bosques, a pesar de formar parte del patrimonio. (Ei. ciénagas, viveros, caminos, instalaciones industriales, etc.)

Área por reforestar. Comúnmente llamada "deforestada", aun cuando ello no se corresponde con el concepto de deforestación antes expresado, porque forma parte del patrimonio.

Área en desarrollo. Cubierta por bosques artificiales que aun no han cumplido el requisito de edad establecido para ser certificadas como bosques artificiales establecidos.

Bosques artificiales establecidos. Bosques creados por el hombre, que ya fueron certificados.

Bosques naturales. Bosques existentes en los que el hombre no intervino para su creación.

Al término de 2017 el patrimonio forestal nacional alcanzaba 4 207,13 kha y en él las interrelaciones entre componentes y categorías alcanzaban los valores presentados en la Tabla 2.1. (DFFFS, 2018).

Tabla 2.1. Composición del patrimonio forestal al término de 2017 (kha).

Componente	Categoría							TOTAL
	Productor	Protector		Conservación				
		De Aguas y Suelos	Del Litoral	Flora y Fauna	Manejo Especial	Recreativas	Educativas y Científicas	
Área inforestal	79,23	102,47	121,54	124,56	80,68	8,59	0,09	517,17
Área por reforestar	130,88	64,95	15,60	19,25	3,69	1,56	0,20	236,13
Bosques artificiales en desarrollo	42,59	34,19	6,41	3,29	1,01	0,68	0,13	88,30
Bosques artificiales establecidos	317,01	162,15	25,48	136,96	8,03	5,34	1,23	656,20
Bosques naturales	676,30	838,48	475,75	556,74	154,62	7,35	0,10	2 709,34
TOTAL	1 246,01	1 202,24	644,78	840,80	248,03	23,52	1,75	4 207,13

(Fuente: DFFFS, 2018)

Finalmente, los depósitos de carbono son los lugares del patrimonio donde el carbono removido de la atmósfera se mantiene retenido, lo cual se corresponde con los tipos de componente como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Depósitos de carbono presentes en cada componente del patrimonio.

Depósito de carbono	Componente				
	Área inforestal	Área por reforestar	Bosques artificiales en desarrollo	Bosques artificiales establecidos	Bosques naturales
Biomasa aérea	X	X	X	X	X
Biomasa soterrada				X	X
Necromasa				X	X
Suelo	X	X	X	X	X

Una vez definidos todos los elementos anteriores, es posible acometer los cálculos para determinar la cantidad de carbono retenido en el patrimonio forestal de cualquiera de sus administradores, sean empresas forestales especializadas, áreas protegidas, empresas agrícolas, pecuarias, entidades del sistema cooperativo agropecuario o cualquier otro.

2.3. DETERMINACIÓN DEL CARBONO RETENIDO EN EL AÑO BASE. EL SISTEMA SUMFOR

Tomando en consideración las peculiaridades del sector forestal nacional, desde los últimos años del pasado siglo fue iniciada la preparación de un sistema automatizado de cálculo que permitiese determinar el carbono retenido por el patrimonio forestal gestionado por diferentes administradores y como resultado de tal esfuerzo, a mediados de 2006 Mercadet y Álvarez (2006) reportaban los aspectos metodológicos considerados para tal propósito, los que constituyeron la base para la elaboración del sistema SUMFOR.

SUMFOR (acrónimo del término Sumidero Forestal) ha transitado desde la versión 1.00 hasta la 4.00 (Álvarez, Mercadet y Peña, 2019) empleada actualmente, cuya metodología detallada de cálculo se presenta en el Anexo 1 y a lo largo del tiempo, ha estado sujeto a un perfeccionamiento constante, tanto en términos metodológicos, como de los factores de emisión utilizados y del alcance del sistema.

La primera opción de su diseño actual permite determinar el carbono retenido en el patrimonio forestal para un año base, considerando todos los depósitos de carbono y componentes mostrados en la Tabla 2.2.

Para determinar el carbono contenido en los bosques artificiales son consideradas 125 especies diferentes; en el caso de los bosques en desarrollo los cálculos parten de la superficie existente por especie, mientras que para los bosques establecidos se utilizan tanto la superficie como el volumen de madera, según se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Ejemplo de los datos de partida usados para los bosques artificiales.

Nº	Nombre común	BOSQUES ARTIFICIALES		
		ESTABLECIDOS		EN DESARROLLO
		Área (ha)	Volumen (m³)	Área (ha)
1	Acacia	10.0	345.0	0.0
2	Acana	0.0	0.0	10.0
3	Alamo	0.0	0.0	0.0
...				
125	Yaya	0.0	0.0	0.0
126	Otras especies	0.0	0.0	0.0

En el caso de los bosques naturales, son tomadas en cuenta las 16 formaciones naturales reconocidas por la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG, desglosada cada una de ellas en las siete categorías de bosque establecidas por la Ley Forestal (Tabla 2.4.) y los cálculos se realizan a partir de la superficie y volumen de madera de cada combinación.

Tabla 2.4. Ejemplo de los datos de partida usados para los bosques naturales.

Nº	Formación	Categoría	Área (ha)	Volumen (m3)
1	Charrascal	Productor	0.0	0.0
		Protector Aguas y Suelos	120.0	520.0
		Protector Litoral	0.0	0.0
		Conservación Flora/Fauna	0.0	0.0
		Manejo Especial	3250.0	322500.0
		Recreativas	0.0	0.0
		Educativas/Científicas	0.0	0.0

De manera general, para el cálculo del carbono retenido por los bosques se realizan los siguientes pasos:

- Conversión del volumen de fuste en biomasa, utilizando la densidad básica de la madera (70 especies cuentan con valores propios; las restantes tienen estimados obtenidos a partir de la densidad seca al aire. Para las formaciones naturales se emplean valores promedio, según la composición de especies reportada para cada formación, por región geográfica del país).
- Cálculo del factor de expansión (FEB) de la biomasa de fuste (BF) a biomasa aérea (BA).
- Estimación de la biomasa soterrada (BS) a partir de la biomasa aérea.
- Cálculo del contenido de carbono en la biomasa. Para los bosques artificiales establecidos 64 especies disponen de fracciones de carbono propias obtenidas nacionalmente (Álvarez, Mercadet y col., 2011); para el resto, se emplea el valor 0,4701 (promedio de 60 especies latifolias nacionales). En el caso de las cuatro especies de pino existentes en Cuba, el contenido de carbono en la madera y en la corteza son calculados por separado, debido a sus diferentes fracciones de carbono (entre 0,4678 y 0,4753 para la madera; entre 0,5027 y 0,5268 para la corteza) y a la magnitud que alcanza la biomasa de corteza en el volumen total del árbol (hasta 25%). Para las formaciones naturales se emplean valores medios, según la composición de especies reportada para cada formación por región geográfica del país, variando entre 0,4584 en la formación Uveral y 0,4750 en la Pluvilsilva de Montaña.
- Cálculo del carbono contenido en la necromasa.
- Cálculo del carbono contenido en el suelo hasta 30 cm de profundidad; en general se parte de la superficie y del tipo de bosque existente, empleando las fracciones ofrecidas por diferentes autores (Adger y Brown, 1994; Bolin y Sukamar, 2000; ICRAF-ASB, 2001 y Nabuurs y Mohren, 1993) y en el caso de los manglares se emplea el valor reportado por la base de datos Carbono Azul (Sifleet, Pendleton and Murray, 2011) del Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, ajustada para 30 cm de profundidad, porque los manglares de La Florida tienen la misma composición de

especies que los de Cuba. En el caso de los pinares (Renda, Rodríguez y Mercadet, 2011 y Rodríguez, Renda y Mercadet, 2013), son utilizados valores de carbono determinados en el país para los suelos forestales de esas especies hasta 30 cm de profundidad (entre 288,32 tC/ha y 967,87 tC/ha).

El empleo del sistema SUMFOR permite obtener informaciones como las mostradas en las Tablas 2.5.-2.8., derivadas de la evaluación de la Empresa Agroforestal Mayabeque a partir de los datos correspondientes al término de 2016 (Álvarez y González, 2018).

Tabla 2.5. Acumulación de carbono por los bosques artificiales (ktC).
EAF Mayabeque (2016).

Nº	Especie	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Promedio (tC/ha)
1	Algarrobo del país	0,4	0,1	1,2	1,7	173,78
2	Algarrobo indio	100,4	8,8	125,9	235,0	229,61
3	Algarrobo sp.	1,9	0,3	3,9	6,1	191,54
4	Almácigo	0,0	0,0	0,1	0,2	164,33
5	Almendra	1,9	0,2	2,2	4,3	236,81
34	Yana	31,2	4,8	69,4	105,5	186,81
35	Yarúa	6,3	0,8	11,3	18,4	201,31
36	Otras especies	1,1	0,2	3,0	4,3	176,79
Bosques artif. establecidos		467,3	51,9	1 683,8	2 203,0	277,25
Bosques artif. en desarrollo		30,0		285,7	30,0	12,87
TOTAL		497,3	51,9	1 969,5	2 233,0	

Tabla 2.6. Acumulación de carbono por los bosques naturales (ktC).
EAF Mayabeque (2016).

Nº	Formacion	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Promedio (tC/ha)
1	Cuabal	3,3	1,7	24,5	29,5	147,96
2	Manglar	498,0	42,3	2 524,4	3 064,8	619,17
3	Scf. calizo	1 132,4	137,8	1 981,2	3 251,3	201,85
4	Scf. mal dren.	1 471,4	111,6	1 601,8	3 184,8	244,56
5	Uveral	2,1	0,5	6,9	9,4	168,01
6	Xerófilo mog.	7,0	1,6	23,2	31,9	168,93
TOTAL		3 114,1	295,5	6 162,0	9 571,6	277,25

Tabla 2.7. Acumulación de carbono por categoría en los bosques naturales (ktC). EAF Mayabeque (2016).

Nº	Categoría	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	Promedio (tC/ha)
1	Productor	1 769,9	139,5	2 396,1	4 305,5	264,33
2	Prot. Ag./Suelos	604,2	72,9	1 086,1	1 763,3	206,76
3	Prot. Litoral	485,0	42,6	2 069,7	2 597,3	521,84
4	Manejo Espec.	178,7	28,5	410,3	617,5	185,13
5	Recreativo	76,4	11,9	199,8	288,1	206,55
TOTAL		3 114,1	295,5	6 162,0	9 571,6	277,25

Tabla 2.8. Retención de carbono por componente y depósito (ktC). EAF Mayabeque (2016).

Componente	Depósito de C				Promedio (t/ha)
	Biomasa	Necromasa	Suelo	Total	
Bosques artificiales establecidos	467,3	51,9	1 683,8	2 203,0	363,9
Bosques artificiales en desarrollo	30,0		285,7	30,0	12,9
Bosques naturales	3 114,1	295,5	6 162,0	9 571,6	277,3
Área por (re)forestar	50,4		78,7	129,1	
Área inforestal	384,3		5 747,2	6 131,5	
Total	4 046,2	347,4	13 957,4	18 350,9	
Promedio (tC/ha)	83,1	8,6	253,5	333,2	

2.4. DIFERENCIAS ENTRE MÉTODOS PARA EL CARBONO RETENIDO EN EL AÑO BASE

El sistema de cálculo seguido por SUMFOR se basa en la aplicación del método de diferencia de existencias antes descrito; sin embargo, adecuando el sistema de cálculo que es empleado para calcular el balance neto de emisiones del Sector Forestal para los Inventarios Nacionales empleando las Guías del IPCC de 1996, es posible aplicar el método de ganancias y pérdidas y desarrollar un análisis comparativo entre los resultados de ambos.

- Adecuación del método de ganancias y pérdidas.

Remociones de carbono.

En los Inventarios informados por Cuba, el método propuesto por el IPCC (1996) para calcular las remociones de carbono (basado en las ganancias y pérdidas) considera a los bosques artificiales establecidos en ocho grupos, mientras que los bosques naturales son divididos en cinco grupos y para cada grupo se plantean valores de incremento medio anual de biomasa seca (IMA_{BS}) y de proporción de carbono (PC) por defecto, para facilitar los cálculos en caso que esos factores no estén disponibles en el país (Tabla 2.10).

Este método plantea que la remoción anual de carbono (RAC, en tC) se define por la expresión:

$$RAC = S * IMABS * PC \quad [1]$$

donde: S-Superficie (ha)

IMABS-Incremento medio anual de biomasa seca (t/ha)

PC-Proporción de carbono en la biomasa seca (s/u)

considerando como depósito solo la biomasa aérea existente y como componentes, la superficie cubierta por bosques artificiales establecidos y por bosques naturales.

Tabla 2.10. Formato de cálculo para la remoción de carbono (IPCC, 1996).

INDICADORES		A	B	C	D	E
		Área	IMABS	Inc An Biom	Prop. C (PC)	Increment. Anual de Carbono
		(ha)	(t ms/ha/año)	(t ms)	(s/u)	(t C)
				$C = (A \times B)$		$E = (C \times D)$
Bosques artificiales	<i>Acacia spp.</i>		15.00		0.45	
	<i>Eucalyptus spp.</i>		14.50		0.45	
	<i>Tectona grandis</i>		8.00		0.45	
	<i>Pinus spp.</i>		11.50		0.50	
	<i>Pinus caribaea</i>		10.00		0.50	
	Mezcla Maderas Duras		6.80		0.45	
	Mezcla Mad. Duras Ráp. Crec.		12.50		0.45	
	Mezcla Maderas Blandas		14.50		0.45	
Bosques naturales	Húmedo		6.25		0.45	
	Estacional (<20años)		4.00		0.45	
	Estacional (>20años)		2.00		0.45	
	Seco		3.40		0.45	
	Manglares		2.00		0.45	
TOTAL BOSQUES						

Las adecuaciones realizadas al método (para realizar la comparación con el de diferencia de existencias) consistieron en sustituir los ocho grupos de bosques artificiales establecidos mezclados, por las 125 especies reportadas en Cuba por la Dinámica Forestal y, los cinco grupos de bosques naturales, por las 16 formaciones naturales descritas por la Ley 85 (República de Cuba, 1998), empleando para cada especie y formación fracciones de carbono determinadas en el país (Álvarez y Mercadet, 2017), mientras que los IMA_{BS} (tms/ha/a) determinados en el país solo fueron utilizados para las primeras cinco categorías de bosques artificiales (*Acacia sp.*–6,49; *Eucalyptus sp.*–16,84; *Tectona grandis*–15,55; *Pinus caribaea*–7,49 y *Pinus sp.*–11,50), manteniendo para el resto de las especies y formaciones los valores por defecto del IPCC.

La diferenciación de las especies entre los grupos Mezcla de maderas duras y Mezcla de maderas blandas fue realizada empleando el valor de sus densidades básicas, estableciendo como límite entre ellas 700 kg/m³ (A. Ibáñez, com. personal), mientras que la división entre los grupos Mezcla de maderas duras y Mezcla de maderas duras de rápido crecimiento fue efectuada tomando en consideración la base de datos de crecimiento creada como parte de las investigaciones de Genética Forestal realizadas por el INAF.

Emisiones de carbono

El método propuesto por el IPCC para calcular las emisiones de carbono demanda la división de los volúmenes por grupos de cosecha, por lo que nacionalmente son empleados siete grupos y para todos ellos son aplicados los factores de conversión de volumen en biomasa y las proporciones de carbono en la madera determinadas en el país, en tanto que en todos los casos el factor de expansión de la biomasa utilizado es el propuesto por defecto por el IPCC (Tabla 2.11).

Este método plantea que las emisiones anuales de carbono (EAC, en tC) están definidas por la expresión:

$$EAC = V * FC * FEB * CC \quad [2]$$

donde:

- V: Volumen (m³)
- FC: Factor de conversión del volumen a biomasa seca (s/u)
- FEB: Factor de expansión de la biomasa utilizada a la biomasa total extraída (s/u)
- PC: Proporción de carbono en la biomasa seca (s/u)

Las adecuaciones realizadas consistieron en sustituir los siete grupos de cosecha por tres grupos de intervención: tratamientos/raleos, talas rasas y otras talas, desglosando dentro de cada una de ellas hasta cuatro grupos de cosecha: leña, cujes, rollizas y bolo, según las proporciones indicadas para cada una de ellas. Para todas las categorías son aplicados factores de conversión de volumen en biomasa y fracciones de carbono determinadas en el país, en tanto que en todos los casos el factor de expansión de la biomasa utilizado es el propuesto por defecto por el IPCC (1,90) (Tabla 2.12.).

Balance neto de emisiones

Las remociones o emisiones netas de carbono se obtienen sustrayendo al Total de la Emisión Anual de Carbono (Tabla 2.12., col. O), el Total del Incremento Anual de Carbono (Tabla 2.10, col. E) y la conversión del resultado a toneladas de CO₂ se realiza multiplicando el valor de carbono por el factor 44/12. Si el Balance es positivo, equivale a una Fuente de Emisiones y si es negativo, a un Sumidero de Carbono.

Tabla 2.11. Formato de cálculo para la emisión de carbono (IPCC, 1996).
(Factores en rojo fueron obtenidos nacionalmente)

Categorías de Cosecha	F	G	H	N	O
	Cosecha comercial	Relación Conv/Expans de Biomasa	Biomasa Total Removida por Cosecha Comercial	Proporción de Carbono	Emisión Anual de Carbono
	(m³ en bolo)	(t ms)	(t ms)	(s/u)	(t C)
			H = (F x G)		O = (H x N)
Bolo:					
Coníferas		0,565/1,90		0,4715	
Preciosas		0,618/1,90		0,4700	
Latifolias Duras		0,811/1,90		0,4741	
Latifolias Semiduras		0,652/1,90		0,4633	
Latifolias Blandas		0,482/1,90		0,4671	
Postes: (Coníferas)		0,565/1,90		0,4734	
Traviesas:					
Latifolias Duras		0,811/1,90		0,4741	
Latifolias Semiduras (eucaliptos)		0,717/1,90		0,4555	
Rollizas:					
Coníferas		0,565/1,90		0,4715	
Latifolias Duras		0,645/1,90		0,4741	
Latifolias Semiduras		0,652/1,90		0,4633	
Leña:					
Coníferas		0,565/1,90		0,4715	
Latifolias Duras		0,645/1,90		0,4741	
Latifolias Semiduras		0,652/1,90		0,4555	
Carbón:					
Latifolias Duras					
(júcaro)		0,645/1,90		0,4741	
Latifolias Semiduras (eucaliptos)		0,717/1,90		0,4555	
Cujes:					
Coníferas		0,510/1,90		0,4715	
Latifolias Semiduras (eucaliptos)		0,717/1,90		0,4555	
TOTAL GENERAL					

Tabla 2.12. Formato de cálculo modificado que fue usado para la emisión de carbono.
(Factores en rojo fueron obtenidos nacionalmente)

Categorías de Cosecha	F	G	H	N	O
	Cosecha comercial	Relación Conv/Expans de Biomasa	Biomasa Total Removida por Cosecha Comercial	Proporción de Carbono	Emisión Anual de Carbono
	(m³ en bolo)	(t ms)	(t ms)	(s/u)	(t C)
			$H = (F \times G)$		$O = (M \times N)$
Tratamientos/Raleos					
Leña (70 %)		0,628/1,90		0,4633	
Cujes (20 %)		0,686/1,90		0,4579	
Rolliza (10%)		0,599/1,90		0,4688	
Talas Rasas					
Leña (30 %)		0,628/1,90		0,4633	
Cujes (20 %)		0,686/1,90		0,4579	
Rolliza (30%)		0,599/1,90		0,4688	
Bolo (20 %)		0,578/1,90		0,4708	
Otras talas					
Rolliza (30%)		0,599/1,90		0,4688	
Bolo (70 %)		0,578/1,90		0,4708	
TOTAL					

b. Adecuación del método de diferencia de existencias.

Consistió en establecer mediante el uso del sistema SUMFOR v-3.03 el carbono retenido al término de dos años diferentes y para cada año, se calculó la Retención Unitaria (tC/ha de bosque); la diferencia de retenciones unitarias entre ambos años, multiplicada por la superficie de bosque (artificial o natural) del último año, resultó en la Diferencia de Existencias de C para ese tipo de bosque, según lo reportado por Álvarez *et al.* (2017).

Aun cuando el sistema calcula el carbono retenido en cada depósito de cada componente, a fin de mantener igualdad de condiciones en la comparación con el método de ganancias y pérdidas, fue considerado como depósito de carbono solo la biomasa aérea y como componentes, la superficie cubierta por bosques artificiales establecidos y por bosques naturales.

Finalmente, la conversión del resultado a toneladas de CO₂ se realizó multiplicando el valor de carbono por el factor 44/12.

c. La comparación de los resultados de ambos métodos.

Para el desarrollo de los estudios de caso fueron considerados los reportes presentados sobre la gestión del patrimonio forestal administrado en cada año por tres empresas agroforestales: Ciego de Ávila (años 2011, 2014 y 2016), Mayabeque (años 2002, 2007 y 2016) y Matanzas (años 2013, 2014 y 2015) y los resultados de cada empresa en cada periodo de tiempo fueron obtenidos empleando ambos métodos.

Los resultados de la comparación de ambos métodos, se presentan en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Resultados alcanzados por empresa para la comparación de los métodos.

Empresa	Método*	INDICADOR	Año		
			Primero	Segundo	Tercero
C. Ávila	G/P	Balance neto de C (t)	-105,522.7	-915,376.4	-103,519.3
		Balance de CO ₂ (t)	-386,916.5	-3,356,380.2	-379,570.9
	DE	Balance neto de C (t)	—	65,956.2	22,021.4
		Balance de CO ₂ (t)	—	241,694.3	80,7451
Mayabeque	G/P	Balance neto de C (t)	-118,120.4	-131,900.9	-120,722.2
		Balance de CO ₂ (t)	-433,108.2	-483,636.5	-442,648.1
	DE	Balance neto de C (t)	-----	604,83.5	-778,207.6
		Balance de CO ₂ (t)	-----	2,217,726.5	-2,853,427.7
Matanzas	G/P	Balance neto de C (t)	-70,176.4	-61,707.6	-62,403.5
		Balance de CO ₂ (t)	-257,313.3	-226,261.0	-228,812.8
	DE	Balance neto de C (t)	-----	-5,446.4	-120,822.9
		Balance de CO ₂ (t)	-----	-19,970.1	-443,017.3

* G/P – Ganancias y pérdidas; DE – Diferencia de existencias

38

Al utilizar el método de Ganancias y Pérdidas, las tres empresas presentaron balances netos que evidenciaron remociones de CO₂ atmosférico para todos los años evaluados, con una marcada diferencia entre el segundo año (2014) y los otros dos (2011 y 2016) en el caso de C. Ávila; sin embargo, el método de Diferencia de Existencias caracterizó a C. Ávila como una fuente de emisiones en las dos evaluaciones (mayores en el periodo 2011-2014) y a Mayabeque en la primera evaluación, mientras que Matanzas clasificó como sumidero de carbono para ambas evaluaciones, con resultados mucho mayores en el periodo 2014-2015.

Las diferencias entre los resultados de ambos métodos son originadas por la forma en que ambos operan.

El método de Ganancias y Pérdidas basa el cálculo de la remoción de CO₂ en la superficie cubierta de bosques y siempre que esta aumente, las remociones de CO₂ atmosférico también lo harán, mientras que el cálculo de las emisiones se basan en los niveles de extracción de madera ocurridos; entonces, siempre que las extracciones sean inferiores al incremento anual de volumen del área cubierta (lo que constituye un principio básico de la silvicultura), el balance neto será negativo, indicando la existencia de un sumidero de carbono.

Por su parte, el método de Diferencia de Existencias calcula la retención de carbono por hectárea para ambos años, considerando no solo la superficie cubierta de bosque, sino también las existencias de madera en ella presentes, por lo que dos años con iguales superficies cubiertas pero con menores existencias de madera en el segundo, darán como resultado una disminución en la remoción de CO₂ atmosférico, indicando la existencia de una fuente de emisiones.

En cuanto a la EAF C. Ávila, los resultados de 2014 del método de Ganancias y Pérdidas fueron originados principalmente, por un brusco aumento de la superficie de bosques artificiales establecidos (116,746.2 ha en 2014, con respecto a 4,689.3 ha en 2011 y 2,366.6 ha en 2016), mientras que en el caso de la EAF Matanzas, los resultados 2014-2015 del método de Diferencia de Existencias fueron debidos en lo fundamental, al aumento reportado en el volumen de los bosques naturales (69,126.8 m³ en 2013-2014, con respecto a 94,975.8 m³ en 2014-2015).

En resumen, el método de Diferencia de Existencias resultó más preciso al detectar comportamientos del balance neto de emisiones que el método de Ganancias y Pérdidas no pudo reconocer, resultados que corroboran lo expuesto en el epígrafe 1.6., cuando ambos métodos fueron empleados para estimar la proyección del balance neto de emisiones de Cuba hasta 2030.

2.5. PROYECCIÓN TEMPORAL DE CAMBIO DEL AÑO BASE: LA LÍNEA BASE DE CARBONO

En adición a la información obtenida para un año base determinado resulta importante conocer cómo se comportará la retención de carbono en años futuros como resultante de la gestión técnica a la que actualmente se somete el patrimonio evaluado, porque existe la posibilidad que alguno de los elementos técnicos que intervienen en esa gestión esté disminuyendo el nivel de remoción de carbono atmosférico o elevando las emisiones de GEI y aunque ello hoy no sea evidente, en años posteriores se refleje en los resultados ambientales del área valorada.

Esta proyección a futuro del comportamiento de la retención de carbono como resultado de la gestión técnica del patrimonio administrado es denominada línea base de carbono y para proceder a su estimación se emplea la dinámica del cambio de uso de la tierra dentro del patrimonio forestal que se muestra en la Fig. 2.3.

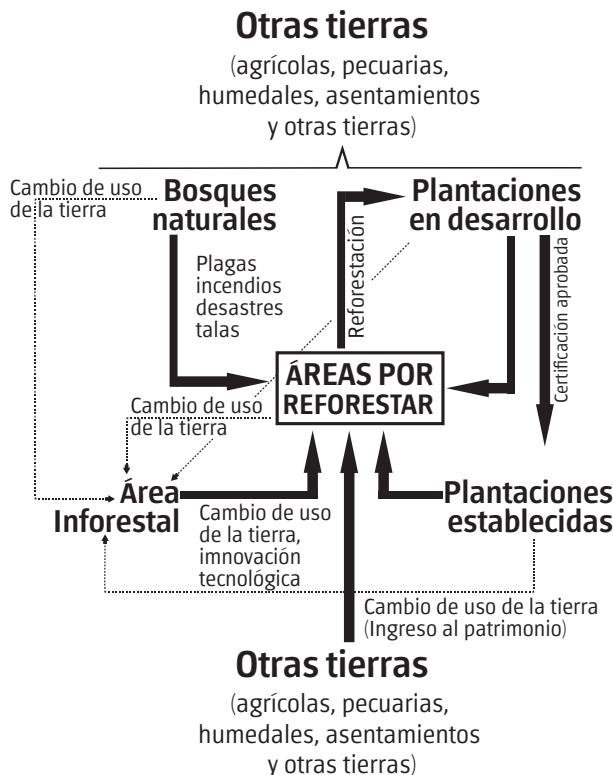


Figura 2.3. Dinámica de cambio del uso de la tierra dentro del patrimonio forestal.

El patrimonio gestionado por un administrador puede presentar diversos cambios de uso de la tierra como consecuencia directa de la propia gestión realizada (reforestación, certificación, aprovechamiento, desarrollo de acciones técnicas como viveros, trochas, caminos, etc.), así como por la acción de factores naturales (plagas, incendios, huracanes, etc.) y todo ello crea una dinámica de cambio que es necesario considerar, porque incidirá sobre la modificación futura del carbono actualmente retenido en el año base.

Por tal razón, el diseño actual de SUMFOR permite, como una segunda opción, determinar la línea base del carbono retenido, partiendo primero de los resultados alcanzados para el propio año base y segundo, tomando en consideración las características de la gestión técnica del patrimonio llevada a cabo por el administrador, por lo cual se solicitan los datos presentados en la Tabla 2.9., formados por cuatro grupos de elementos: la superficie de los componentes del patrimonio, la gestión silvícola, las extracciones de madera y, los incrementos anuales.

El empleo del sistema SUMFOR permite entonces obtener informaciones como las mostradas en la Tabla 2.10 y en la Fig. 2.4., derivadas de la evaluación de la Empresa Agro-forestal Mayabeque a partir de los datos correspondientes al término de 2016.

Tabla 2.9. Datos requeridos por SUMFOR para la estimación de la línea base de carbono.

Fecha:		Preparado por:
Provincia:		
1	Nombre del Administrador:	
2	Año base de la información:	
3	Superficie de bosques naturales (ha):	
4	Superficie de bosques artificiales establecidos (ha):	
	• De ellos, categorizados como Productores (ha):	
5	Superficie de bosques artificiales 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	Plan anual promedio de fomento (ha):	
13	Supervivencia promedio de los bosques artificiales (%):	
14	Logro promedio de la reforestación (%):	
15	Superficie promedio anual de áreas quemadas (ha):	
	• Áreas quemadas en zonas inforestales (%)	
	• Áreas quemadas en zonas por reforestar (%)	
	• Áreas quemadas en bosques artificiales en desarrollo (%)	
	• Áreas quemadas en bosques artificiales establecidos (%)	
	• Áreas quemadas en bosques naturales (%)	
15	Volumen promedio anual extraído por tratam./raleos (m³):	
	• Tratam./raleos en bosques artificiales (%)	
	• Tratam./raleos en bosques naturales (%)	
16	Superficie promedio anual de talas rasas (ha):	
	• Talas rasas en bosques artificiales establecidos (%)	
	• Talas rasas en bosques naturales (%)	
17	Volumen promedio anual extraído por otras talas (m³):	
	• En bosques artificiales establecidos (%)	
	• En bosques naturales (%)	
18	Incremento corriente anual de los bosques naturales (m³/ha/año):	
19	Incremento medio anual de los bosques artificiales (m³/ha/año):	

Componentes	Año										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Áreas inforestales	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5	6131.5
Áreas por forestar	129.1	119.5	109.2	98.2	86.6	75.0	63.4	51.7	40.1	28.5	16.9
Bq. artf. en desarrollo	315.7	268.0	220.3	172.6	172.6	172.6	172.6	172.6	172.6	172.6	151.8
Bq. artf. establecidos	2203.0	2617.4	3,067.7	3,553.9	3,923.2	4,310.0	4,714.5	5,136.6	5,576.3	6,033.7	6,508.7
Bosques naturales	9571.6	10,032.6	10,491.5	10,947.0	11,399.0	11,847.6	12,292.7	12,734.4	13,172.5	13,607.3	14,038.5
Línea base	18,350.9	19,169.0	20,020.2	20,903.3	21,713.0	22,536.8	23,374.7	24,226.8	25,093.1	25,973.6	26,847.5

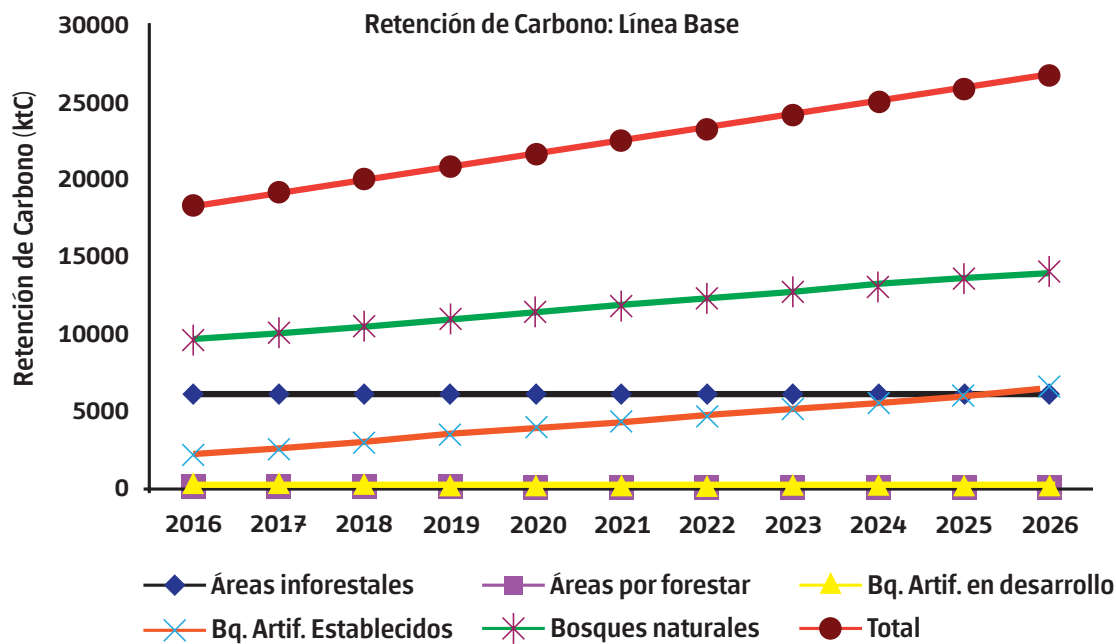


Figura 2.3. Representación gráfica de la línea base de carbono y de los aportes que a ella realiza cada componente. EAF Mayabeque (2016).

Los resultados de la Figura 2.3. indican que el manejo actualmente realizado al patrimonio forestal administrado por la Empresa permitirá el continuado aumento del carbono retenido en 2016 durante los próximos 10 años, tanto en su valor total, como en el retenido por los bosques naturales y artificiales establecidos.

Al final del periodo los bosques naturales presentarán un ligero aumento (2,2%) sobre los bosques artificiales establecidos, en comparación con los valores presentados por ambos en 2016, mientras que el carbono retenido en las áreas por reforestar y en los bosques artificiales en desarrollo irá disminuyendo progresivamente, como resultado del avance en la reforestación y en la certificación de lo reforestado.

Los análisis de línea base realizados a un conjunto de 12 empresas agroforestales con datos correspondientes al término del año 2018 demostraron (INAF, 2019) la existencia de tres patrones diferentes de comportamiento entre los principales componentes del patrimonio (bosques naturales y bosques artificiales establecidos):

1. Las empresas en las que el aporte de los bosques naturales siempre superó al de los bosques artificiales, pero ambas líneas van aproximadamente paralelas y en ascenso (Fig. 2.4.).
2. Las empresas en las que ambas líneas divergen y aunque generalmente el aporte de los bosques naturales supera al de los bosques artificiales, ambos van en ascenso (Fig. 2.5.).
3. Las empresas en las que ambas líneas se cruzan o tienden a hacerlo, de manera tal que aunque inicialmente el aporte de los bosques naturales es mayor, pasado el tiempo los bosques artificiales los superan, pero ambos en ascenso (Fig. 2.6.).

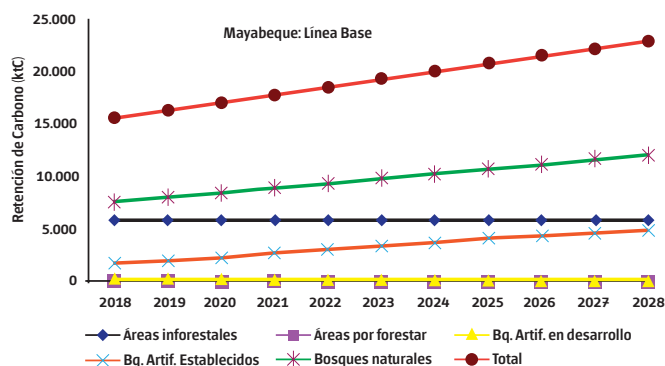


Figura 2.4. Ejemplo de aportes de carbono ascendentes pero paralelos.

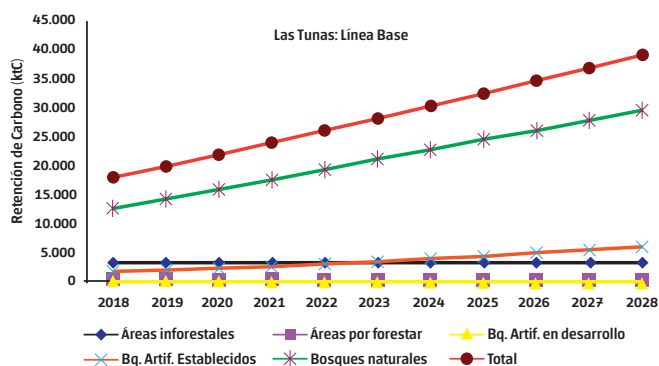


Figura 2.5. Ejemplo de aportes de carbono ascendentes pero divergentes.

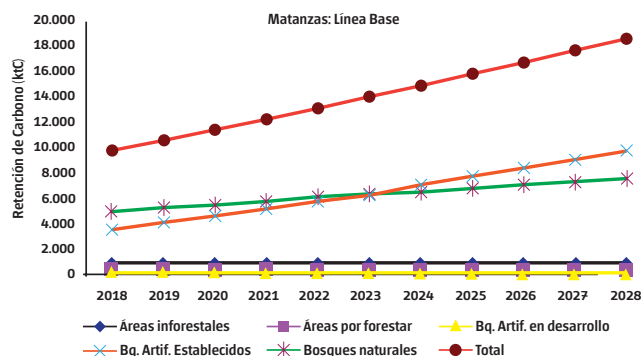
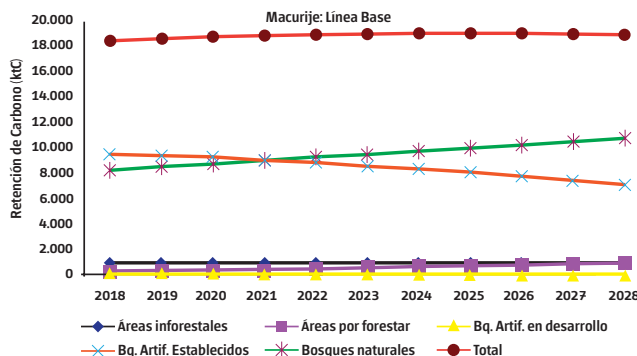


Figura 2.6. Ejemplos de aportes de carbono cruzados.



Por otra parte, evaluaciones recientemente realizadas (Álvarez y González, 2018; Miñoso, 2018; Ajete *et al.*, 2019; Mercadet *et al.*, 2019; Frómeta, Conde y Torres, 2019; Martínez *et al.*, 2019; Álvarez, Barrios y Mojena, 2019; Catanares *et al.*, 2019 y Catanares, Debrot y Esparraquera, 2020) han evidenciado cuan diferentes pueden resultar los resultados esperables de la línea base cuando son comparados entre empresas agroforestales empleando valores relativos (Fig. 2.7.)

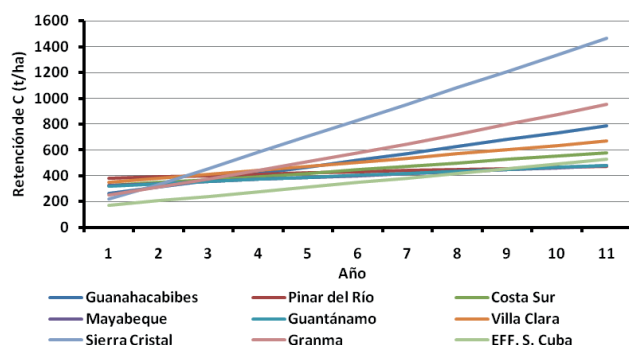


Figura 2.7. Comportamiento de la línea base de carbono entre diferentes empresas agroforestales.

Mientras el conjunto de empresas parte de un rango de valores comunes en el año de la evaluación (año 1), sus diferentes gestiones técnicas del patrimonio forestal que administran proyecta, 10 años después, una creciente diferenciación entre ellas, que alcanza valores máximos en las EAF Sierra Cristal y Granma, ambas por encima de las 900 tC/ha.

En el caso de estas dos empresas, esos valores excepcionalmente altos fueron obtenidos como consecuencia de presentar ambas una relación de carbono por metro cúbico de madera muy elevada (superior a 24 tC/m³), a la par que la EAF S. Cristal presentó más del 20% de sus bosques artificiales establecidos y más del 30% de sus bosques naturales formados por *Pinus maestrensis* B., especie a la que corresponden los suelos forestales con mayores niveles de carbono.

2.6. SISTEMA MRMV PROPUESTO PARA EL GRUPO EMPRESARIAL AGROFORESTAL

Las versiones 1.xx y 2.xx del sistema SUMFOR fueron empleadas entre los años 2001 y 2011 para las validaciones en condiciones reales tanto de la metodología propuesta por Mercadet y Álvarez (2009), como del sistema automatizado, evaluando un total de 12 empresas integrales forestales cuyos resultados fueron utilizados para preparar el Registro de Carbono 2013 (INAF, 2014), documento que constituyó el primer reporte oficial sobre la capacidad de retención de carbono de los administradores del patrimonio forestal del país, técnicamente avalado por el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales y aprobado por el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM) y por la Dirección Forestal del MINAG.

Las experiencias acumuladas en la preparación del Registro y la necesidad de ampliar el alcance de la metodología y del sistema para determinar no solo el carbono retenido al cabo de un año y la línea base de carbono, sino también el balance neto de carbono entre dos evaluaciones sucesivas, e incluso, la simulación de los efectos de diferentes alternativas de mitigación basadas en modificaciones de la gestión técnica del patrimonio reportada (*business as usual*), originaron la preparación de las versiones 3.xx.

Sin embargo, en el propio 2013 y de conjunto con la elaboración del Registro, el Programa ONU-REDD publicó las orientaciones metodológicas para los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques denominado sistema M-MRV (ONU-REDD, 2013), por lo que para realizar la validación de los nuevos aspectos incluidos en la metodología y en el sistema automatizado, se decidió adecuar el sistema M-MRV a las condiciones del Grupo Empresarial Agroforestal (GAF) mediante la preparación del sistema MRMV (Medición, Reporte, Monitoreo y Verificación).

El proceso de validación fue acometido entre los años 2015 y 2016 empleando el sistema MRMV con 15 empresas agroforestales, dando lugar los resultados de las evaluaciones a la presentación del Reporte de Carbono 2017, en el cual y por interés del GAF, fueron incluidas informaciones no solo de carbono, sino también de rendimiento de madera.

El principal objetivo del sistema MRMV consiste en establecer un mecanismo oficial, estable y funcional mediante el cual toda empresa del GAF (o sus Unidades Empresariales de Base-UEB) que administre patrimonio forestal, pueda disponer periódicamente de una evaluación certificada y científicamente respaldada de los siguientes aspectos:

- Carbono retenido en el patrimonio forestal que administra (año base).
- Situación del Indicador 3.5 de Manejo Forestal Sostenible, vinculado específicamente al cambio climático (Herrero *et al.*, 2005).
- Resultados del balance neto de carbono entre evaluaciones sucesivas.
- Proyección a 10 años de los resultados del carbono retenido (línea base), asumiendo que su patrimonio y la gestión técnica del mismo son mantenidos iguales que en el año base.

Tales aspectos pueden ser utilizados, entre otros, con los siguientes propósitos:

- Adoptar decisiones informadas para el perfeccionamiento del manejo del patrimonio administrado, aumentando la eficiencia de la inversión silvícola.
- Ofrecer información a los órganos municipales y provinciales de gobierno para la adopción de decisiones.
- Disponer de una certificación que evidencie la cantidad de CO₂ atmosférico removida entre evaluaciones sucesivas, de forma tal que permita acceder a un sistema nacional de pago por servicios ambientales (PSA).

En el sistema MRMV-GAF participan cuatro actores diferentes:

- Las empresas o UEB del GAF, administradoras de patrimonio forestal.
- La Dirección Forestal y de Fibras Naturales (DFFN) del GAF.
- El Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF).
- La Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres (DFFFS) del Ministerio de la Agricultura (MINAG).

Las funciones de cada una de las partes en el sistema MRMV son las siguientes:

- Las empresas y/o UEB.
 1. Solicitan la certificación y entregan a la DFFN los datos requeridos para las evaluaciones previstas, respondiendo por la veracidad de los mismos.
 2. Reciben de la DFFN los resultados de la certificación, acompañados por las valoraciones técnicas e indicaciones emitidas por ella.
 3. Realizan las valoraciones pertinentes y establecen los procedimientos para la implementación de sus decisiones.
- La Dirección Forestal y de Fibras Naturales del GAF.
 1. Establece la periodicidad con que las empresas/UEB tienen que certificar sus resultados de carbono.
 2. Recibe las solicitudes de certificación de las empresas/UEB.
 3. Contrata con el INAF el servicio de certificación de carbono para el conjunto de empresas/UEB, entregando las solicitudes.
 4. Recibe del INAF las solicitudes de certificación en las que se hayan detectado errores.
 5. Recibe del INAF los resultados de la certificación y los Reportes de Carbono periódicamente emitidos.
 6. Analiza los resultados de las certificaciones y define las acciones a implementar.
 7. Entrega las certificaciones a las empresas/UEB, junto con sus indicaciones.
 8. Establece el sistema de monitoreo para el control del cumplimiento de lo indicado.
- El Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
 1. Garantiza el perfeccionamiento continuo de la metodología y del sistema automatizado utilizado para las certificaciones de carbono.
 2. Recibe de la DFFN las solicitudes de certificación y revisa la calidad de los datos en aras de detectar posibles errores; en caso que sean detectados, devuelve la solicitud a la DFFN.
 3. Procesa las solicitudes y emite los certificados correspondientes, entregándolos a la DFFN.
 4. Periódicamente y a partir de los resultados de las certificaciones, prepara y entrega a la DFFN y a la DFFFS los Reportes de Carbono del GAF.
 5. Archiva y custodia por un término de 10 años las solicitudes recibidas y las certificaciones emitidas.
- La Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG.
 1. En representación del Estado, el Servicio Estatal Forestal verifica la veracidad, funcionamiento y transparencia del sistema MRMV, desde la entrega de los datos por los administradores y el servicio de certificación del INAF, hasta la implementación de las acciones por las empresas/UEB y su monitoreo por la DFFN.
 2. Recibe del INAF los Reportes de Carbono periódicamente emitidos.

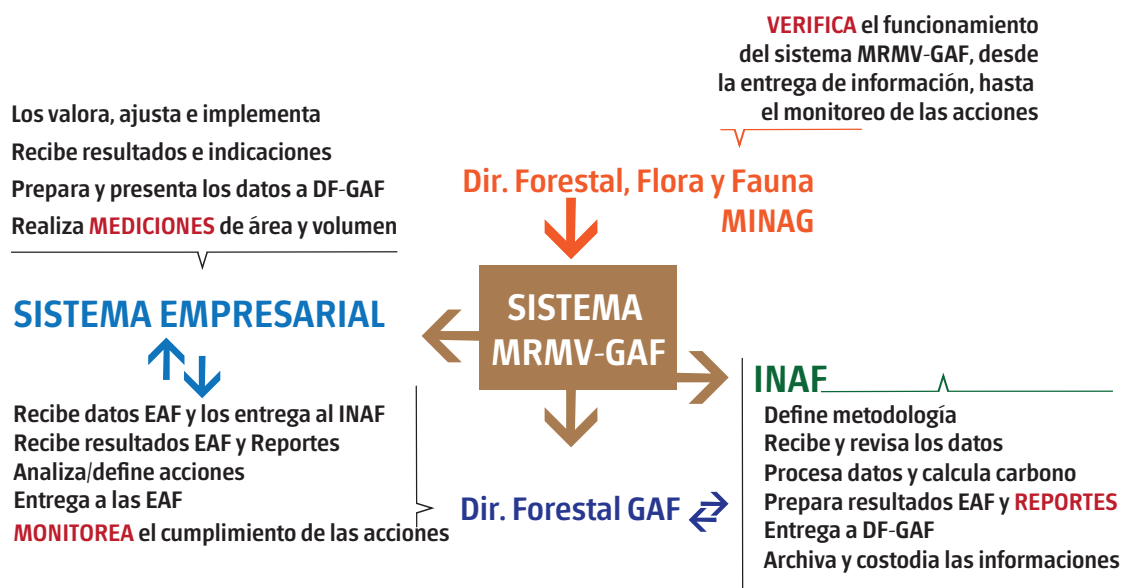


Figura 2.8. Esquema de funcionamiento del sistema MRMV del GAF.

2.7. REPORTES DE CARBONO 2013, 2017 Y 2019 DEL GRUPO EMPRESARIAL AGROFORESTAL

Las investigaciones realizadas entre 2001 y 2011 por el Instituto de Investigaciones Forestales para determinar las retenciones de carbono correspondientes a diferentes empresas del Grupo Agroforestal–GAF (Suárez, 2010⁽⁵⁾; Ortiz, 2008⁽⁷⁾; Caballero *et al.*, 2012⁽⁸⁾; Caballero, 2012⁽⁹⁾; Álvarez y Rivera, 2012⁽¹⁰⁾; Mogena, 2013⁽¹²⁾; Yero, 2010⁽¹³⁾ y A. Álvarez y I. Zulueta⁽⁴⁾ ⁽⁶⁾ ⁽¹¹⁾ ⁽¹⁴⁾ ⁽¹⁵⁾), empleando las primeras dos versiones del sistema SUMFOR, permitieron presentar en el año 2013 el primer Reporte de Carbono (INAF, 2013) preparado para el Sector Forestal del país (Tabla 2.14.).

No	Empresa	Año base	Superf. ⁽¹⁾ (ha)	Años Base ⁽²⁾		Año Base+10 ⁽³⁾	
				RMC (tC/ha)	RTC (MtC)	RMC (tC/ha)	RTC (MtC)
1	Viñales ⁽⁴⁾	2007	40,645.2	190.5	7,741.1	144.3	5,863.9
2	La Palma ⁽⁵⁾	2007	27,602.6	169.7	4,685.3	144.1	3,150.0
3	Mayabeque ⁽⁶⁾	2007	66,841.6	265.0	17,709.8	376.6	25,170.7
4	Victoria de Girón ⁽⁷⁾	2006	437,151.2	380.1	166,172.2	432.9	189,231.6
5	Villa Clara ⁽⁸⁾	2011	59,281.7	147.1	8,717.4	312.5	18,526.3
6	Sancti Spiritus ⁽⁹⁾	2011	79,916.7	200.8	16,051.1	283.4	22,645.3
7	Ciego de Avila ⁽¹⁰⁾	2011	66,206.2	207.7	13,747.9	335.6	22,220.5
8	Las Tunas ⁽¹¹⁾	2004	94,965.8	123.5	11,725.0	246.3	23,389.6
9	Granma ⁽¹²⁾	2011	61,786.4	119.6	7,389.2	384.7	23,770.3
10	Gran Piedra ⁽¹³⁾	2001	14,545.0	171.7	2,497.7	347.7	5,057.7
11	Imías ⁽¹⁴⁾	2007	41,279.0	129.4	5,340.6	467.1	19,283.4
12	Baracoa ⁽¹⁵⁾	2002	54,877.9	284.0	15,583.0	358.8	19,688.1
TOTAL			1,045,099.3	265.4	277,360.1	344.0	359,471.1

⁽¹⁾ Incluye todas las áreas del patrimonio.

⁽²⁾ Incluye todos los depósitos de carbono: RMC-Retención media; RTC-Retención total

⁽³⁾ Valores de RMC y RTC esperables 10 años después del año base.

Posteriormente, con los datos presentados al término de los años 2016 y 2018 por diferentes empresas del GAF, fueron preparados los Reportes 2017 (INAF, 2017) y 2019 (INAF, 2019; Tablas 2.15 y 2.16.).

No	Empresa	Año Base	Superficie (ha)			Rendimiento Madera (m³/ha)			Retención de Carbono (tC/ha) (*)				IMFS 3.5 (Mejor Valor 4)
			Empresa	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	Área Chta.	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	Empre- sa	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	10 años después	
1	Macurije ²	2016	88,577.2	39,819.0	35,935.2	95.95	111.08	79.19	354.33	369.18	437.65	478.65	4
2	M. Matahambre ³	2016	59,514.6	20,106.2	34,388.9	88.30	112.50	74.15	413.21	382.78	483.32	521.70	4
3	Pinar del Río ⁴	2016	43,755.9	8,552.6	21,652.8	127.53	137.01	123.78	376.58	412.19	538.30	468.78	4
4	Costa Sur ⁵	2016	52,161.4	6,546.4	31,385.7	58.74	41.26	62.39	323.06	316.08	332.13	590.39	4
5	Mayabeque ⁶	2016	55,068.1	6,054.5	34,523.7	96.79	78.21	100.04	333.24	363.85	277.25	487.54	4
6	Matanzas ⁷	2016	49,120.9	12,043.1	22,340.6	60.46	51.53	65.27	255.41	279.48	343.95	560.07	4
7	Villa Clara ⁸	2016	51,106.2	12,801.7	24,188.1	72.45	69.61	73.95	340.65	269.00	486.27	635.56	4
8	Sancti Spiritus ⁹	2016	81,115.7	5,441.1	56,968.6	38.30	43.89	37.76	253.25	195.79	256.85	457.49	4
9	Ciego de Ávila ¹⁰	2016	122,631.2	2,320.6	39,661.3	66.86	33.42	68.82	195.91	193.06	314.00	255.45	2
10	Las Tunas ¹¹	2015	104,786.4	7,648.4	72,377.2	39.58	34.35	40.14	272.98	175.34	308.69	512.05	4
11	Mayarí ¹²	2016	60,219.0	13,844.0	32,675.5	15.90	7.02	19.90	243.29	285.20	300.36	1,158.95	2
12	Granma ¹³	2015	58,558.0	21,546.3	27,008.3	48.66	9.96	79.53	246.02	333.83	241.38	910.93	4
13	Cafet. R. Ayub. ¹⁴	2016	4,620.3	4,018.2	139.0	10.08	10.10	9.35	138.31	141.82	142.28	1,464.92	4
14	Guantánamo ¹⁵	2016	39,692.5	9,851.4	26,784.0	570.45	591.65	562.66	478.15	591.60	479.38	602.62	4
15	Imías ¹⁶	2016	52,118.7	12,283.2	28,971.0	58.47	74.17	51.81	188.69	276.80	199.40	340.15	4
Grupo Agroforestal			923,046.0	182,876.7	488,999.9	96.57	93.72	96.58	294.21	305.73	342.75	629.70	3.80

(*) Incluye todos los depósitos de carbono y todos los componentes del patrimonio.

Análisis realizados por A. Álvarez utilizando SUMFOR v-3.02, con la colaboración de: E. Castro (GAF);⁽²⁾ M. Puentes;⁽³⁾ J. M. Torres;⁽⁴⁾ J. L. Guelmez;⁽⁵⁾ J. L. López;⁽⁶⁾ G. González;⁽⁷⁾ M. Pí;⁽⁸⁾ E. Orama;⁽⁹⁾ J. R. Toledo;⁽¹⁰⁾ Y. Rivera;⁽¹¹⁾ I. Domínguez;⁽¹²⁾ A. Magaña;⁽¹³⁾ O. Mojena;⁽¹⁴⁾ T. Rodríguez;⁽¹⁵⁾ F. Condey⁽¹⁶⁾ W. Moreira.

No	Empresa	Año Base	Superficie (ha)			Rendimiento Madera (m³/ha)			Retención de Carbono (tC/ha) ^(*)				IMFS 3.5 (Mejor Valor 4)
			Empresa	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	Área Chta.	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	Empre- sa	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	10 años después	
1	Macurije ²	2016	88,577.2	39,819.0	35,935.2	95.95	111.08	79.19	314.20	364.57	343.85	468.13	4
		2018	88,529.5	39,530.2	35,994.8	95.86	111.16	79.06	311.34	359.08	344.16	319.38	3
2	Pinar del Río ³	2016	43,755.9	8,552.6	21,652.8	127.53	137.01	123.78	280.66	407.50	346.32	386.86	4
		2018	43,684.8	8,535.1	21,873.7	132.98	144.68	128.41	285.15	411.62	350.09	408.66	4
3	Costa Sur ⁴	2016	52,161.6	6,546.4	31,385.7	58.74	41.26	62.39	240.38	259.04	206.75	431.47	4
		2018	52,746.4	7,236.4	31,739.4	63.84	55.13	65.82	218.29	282.22	209.83	395.54	4
4	Mayabeque ⁵	2016	55,068.1	6,054.5	34,523.7	96.79	78.21	100.04	288.99	253.39	226.06	402.41	4
		2018	54,746.0	6,938.4	34,427.7	84.03	73.52	86.15	284.10	254.82	219.76	416.36	4
5	Matanzas ⁶	2016	49,120.9	12,043.1	22,340.6	60.46	51.53	65.27	191.32	266.97	209.78	466.83	3
		2018	49,051.1	12,035.8	22,422.6	74.81	77.14	73.56	196.92	284.70	218.45	376.55	3
6	Villa Clara ⁷	2017	57,763.3	20,424.1	28,056.1	70.10	83.99	59.99	231.32	278.42	213.96	455.82	4
		2018	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	Cienfuegos ⁸	2016	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		2018	42,560.9	4,519.6	30,914.2	80.08	67.27	81.95	192.17	206.64	213.68	294.26	4
8	Sancti Spiritus ⁹	2016	81,115.7	5,441.1	56,968.6	38.30	43.89	37.76	197.29	189.06	177.81	351.16	4
		2018	76,827.7	5,673.8	54,065.2	58.81	42.65	60.51	199.47	186.65	198.64	309.17	4
9	Ciego de Ávila ¹⁰	2016	122,631.2	2,320.6	39,661.3	66.86	33.38	68.82	161.76	178.41	209.26	201.84	2
		2018	122,892.8	2,426.9	39,994.3	70.66	40.03	72.52	162.57	187.50	213.80	205.82	2
10	Las Tunas ¹¹	2015	104,786.4	7,648.4	72,377.2	39.59	34.42	40.14	184.43	165.21	181.56	254.39	4
		2018	986,788	9,281.5	71,839.2	32.72	32.73	32.72	181.01	164.63	173.87	394.71	4
11	Mayarí ¹²	2016	60,219.0	14,737.3	32,675.5	15.90	7.02	19.90	220.57	284.93	258.60	1,178.94	3
		2018	61,886.2	14,158.4	37,862.6	23.43	16.60	25.99	233.89	299.8	253.83	975.12	4
12	Granma ¹³	2015	58,557.6	21,546.3	27,008.3	48.66	9.96	79.53	239.24	333.42	224.90	990.13	4
		2018	59,051.1	23,297.5	27,326.3	47.54	9.85	79.67	241.29	322.16	224.77	931.64	4
13	Imías ¹⁴	2016	47,637.2	12,283.2	28,971.0	58.47	74.17	51.81	201.48	275.69	198.51	373.63	4
		2018	47,226.6	13,772.3	28,398.0	56.26	65.34	51.85	202.48	257.77	198.76	376.46	4
Grupo Agroforestal		2016	761,175.0	142,679.3	398,880.5	62.22	60.63	66.59	229.30	271.38	233.11	505.13	3.67
		2018	797,830.5	147,405.9	436,858.0	60.75	60.90	60.32	225.73	268.13	234.97	449.17	3,67
		2018-016	36,655.5	4,726.5	37,977.4	-1.47	0.27	-6.27	-3.57	-3.25	1.86	-55.96	

(*) Incluye todos los depósitos de carbono y todos los componentes del patrimonio.

Análisis realizados por A. Álvarez utilizando SUMFOR v-4.00, con la colaboración de: E. Castro (GAF); ⁽²⁾M. Puente; ⁽³⁾J. L. Guelmez; ⁽⁴⁾J. L. López; ⁽⁵⁾G. González; ⁽⁶⁾M. Pi y U. Ortiz; ⁽⁷⁾M. Martínez; ⁽⁸⁾I. Pino; ⁽⁹⁾M. Lozano; ⁽¹⁰⁾O. García; ⁽¹¹⁾J. Figueras; ⁽¹²⁾A. Magaña; ⁽¹³⁾O. Mojena; ⁽¹⁴⁾W. Moreira.

Adicionalmente y a solicitud del GAF, los Reportes 2017 y 2019 incluyeron información sobre los rendimientos de madera y sobre el cumplimiento del Indicador de Manejo Forestal Sostenible 3.5, directamente relacionado con el cambio climático.

Otro aspecto novedoso de los Reportes 2017 y 2019 fue la información sobre la distribución por depósito del carbono retenido (Tabla 2.17.).

Los resultados del Balance Neto de Emisiones para las empresas que coincidieron en los Reportes 2017 y 2019 se presentan en la Tabla 2.18.

Tabla 2.17. Distribución del carbono retenido por depósito.

No.	Empresa	Año Base	Distribución (%/ha)		
			Biomasa	Necromasa	Suelo
1	Macurije	2016 ⁽¹⁾	22,69	2,34	74,97
		2018 ⁽²⁾	22,05	2,33	75,62
2	Pinar del Río	2016	28,34	2,11	69,55
		2018	28,63	2,09	69,28
3	Costa Sur	2016	20,56	2,59	76,85
		2018	23,98	2,90	73,12
4	Mayabeque	2016	25,42	2,18	72,40
		2018	24,45	2,28	73,27
5	Matanzas	2016	23,31	3,14	73,54
		2018	27,23	3,07	69,70
6	Villa Clara	2017	25,29	3,12	71,59
		2018	-----	-----	-----
7	Cienfuegos	2016	-----	-----	-----
		2018	34,27	3,72	62,00
8	Sancti Spiritus	2016	18,69	3,34	77,97
		2018	26,03	3,34	70,63
9	Ciego de Ávila	2016	18,47	1,81	79,72
		2018	19,36	1,82	78,83
10	Las Tunas	2015	18,52	3,54	77,94
		2018	16,67	3,88	79,45
11	Mayarí	2016	6,59	3,06	90,36
		2018	9,27	3,08	87,65
12	Granma	2015	17,03	2,96	80,01
		2018	17,01	3,04	79,95
13	Imías	2016	24,23	3,69	72,08
		2018	23,70	3,78	72,52
Grupo Agroforestal		2016	20,28	2,83	76,90
		2018	21,83	2,83	75,33

⁽¹⁾Reporte 2017; ⁽²⁾Reporte 2019.

Entre esos dos Balances destaca la marcada diferencia en la cantidad de empresas que resultaron fuentes de emisión GEI: solo una de siete en 2017, mientras que en 2019 fueron seis de un total de 11.

Tabla 2.18. Resultado del Balance Neto de Emisiones por empresa.

Empresa	Reporte 2017				Empresa	Reporte 2019			
	Año Base	Superf. (ha)	Retención (tC/ha)	Balance Emisiones ktC ktCO ₂		Año Base	Superf. (ha)	Retención (tC/ha)	Balance Emisiones ktC ktCO ₂
Mayabeque	2007	66 841,6	265,0	-7 912,4	Mayabeque	2016	55 068,1	240,4	+360,8 +1 323,0
	2016	88 577,2	354,3			2018	54 746,0	218,3	
	2011	59 281,7	147,1			2016			
Villa Clara	2016	51 106,2	340,6	-9 891,4	Villa Clara	2018			
	2011	79 916,7	200,8			2016	81 115,7	197,3	
	2016	81 115,7	253,3	-4 254,9		2018	76 827,7	199,5	+678,4 +2 487,6
Ciego de Avila	2011	66 206,2	207,7	+1 447,0	Ciego de Avila	2016	122 631,2	161,8	
	2016	122 631,2	195,9	+5 305,8		2018	122 892,8	162,6	-118,6 -521,7
	2004	94 965,8	123,5	-15 663,8		2015	104 786,4	184,4	+1 463,4 +5 365,9
Las Tunas	2015	104 786,4	273,0		Las Tunas	2018	98 678,8	181,0	
	2011	61 786,4	119,6	-7 403,2		2015	58 557,6	239,2	-238,9 -875,9
	2015	58 558,0	246,0			2018	59 051,1	241,3	
Imías	2007	41 279,0	129,4	-3 090,3	Imías	2016	47 637,2	201,5	+35,7 +131,0
	2016	52 118,7	188,7			2018	47 226,6	202,5	
						2016	88 577,2	314,2	
					Macurije	2018	88 529,5	311,3	+267,7 +981,6
						2016	43 755,9	280,7	
						2018	43 684,8	285,2	-176,1 -645,7
					Pinar del Río	2016	52 161,6	240,4	
						2018	52 746,4	218,3	+1 024,4 +3 756,1
						2016	49 120,9	191,3	
					Matanzas	2018	49 051,1	196,9	-297,3 -959,3
						2016	60 219,0	220,6	
						2018	61 886,2	233,9	-1 192,2 -4 371,4
					Mayarí	2016	761 175,0	229,3	
						2018	797 830,5	225,7	+1 819,5 +6 671,4

Esto fue debido a que en 2017 el cálculo del Balance fue realizado como la diferencia entre las retenciones reportadas en 2017 y 2013, multiplicada por la superficie reportada en 2017, de manera tal que se evitaran las diferencias de superficie en el periodo evaluado, que varió entre cuatro y 11 años; sin embargo, en 2019, al considerar un periodo de dos años comunes para la mayoría de las empresas, este método de cálculo fue modificado para permitir que se reflejara la incidencia de los cambios de superficie en el cálculo de carbono, porque tales cambios del patrimonio administrado constituyen una causa de importancia en los resultados finales, elemento que indica la conveniencia de valorar adecuadamente en el futuro las consecuencias, antes de decidir tales cambios.

Un claro ejemplo de esas situaciones lo constituyeron las EAF Las Tunas y Costa Sur.

La EAF Las Tunas, que resultó ser la de mayor balance positivo entre 2015 y 2018, presentó una disminución superior a las seis mil hectáreas en el patrimonio administrado debido principalmente a una reducción similar de los bosques artificiales en desarrollo, lo que ni se reflejó en un aumento similar de los bosques artificiales establecidos, ni en las áreas por reforestar, por lo que deben haber sido transferidos al control de otro administrador y tal cosa significa que el carbono en ellos contenido, aún cuando la Empresa lo perdió, no se convirtió en emisiones a la atmósfera, sino que cambió de administrador.

Sin embargo, la EAF Costa Sur, que fue la segunda de mayor balance positivo entre 2016 y 2018, presentó un aumento de solo algo más de 500 ha en el patrimonio administrado (una situación muy diferente a la de la EAF Las Tunas), pero entre ambos años la superficie inforestal de pantanos (un muy importante depósito de carbono) disminuyó en más de dos mil hectáreas (cambio de administrador), a lo que se añadió un aumento de 5,5 miles de metros cúbicos en volumen extraído por otras talas, de ellos más de 3,5 miles de metros cúbicos en bosques naturales (talas selectivas), lo que añade una importante reducción de carbono a la causa anterior y que en este caso sí constituyeron emisiones a la atmósfera.

Otros aspectos comunes en los tres Reportes fueron las informaciones de retención de carbono por especie en los bosques artificiales establecidos (90 especies en el primer Reporte y 87 en los otros dos; ver Anexo 3); por formación natural para 15 de las 16 existentes (Tabla 2.19.) y por categoría de bosque para seis de las siete existentes (Tabla 2.20.).

Tabla 2.19. Distribución del carbono retenido por formación natural en los tres Reportes.

Nº	FORMACIÓN	Reporte 2013		Reporte 2017				Reporte 2019			
		C Biomasa aérea (t/ha)	C Biomasa total (t/ha)	Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento Madera (m³/ha)	Retención Carbono (tC/ha)	Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento Madera (m³/ha)	Retención Carbono (tC/ha)
1	Charrascal	0,00	0,00	3	10 484,60	20,97	199,76	3	10 484,60	20,97	199,75
2	Cuabal	23,2	30,1	5	2 511,55	11,3	159,94	5	2 511, 55	11,30	159,94
3	Encinar	58,1	75,6	3	1 931,20	68,33	187,98	3	1 931, 20	68,33	187,98
4	Manglar	103,3	134,3	14	135 900,66	64,23	596,31	14	135 900,66	64,23	596,31
5	Manigua costera	31,7	41,2	5	2 545,51	48,37	187,49	5	2 545, 51	48,37	187,49
6	Monte fresco										
7	Monte nublado	10,3	13,4	1	389,7	120	248,6	1	389, 70	120,00	248,60
8	Pinar	117,0	152,1	8	41 174,90	114,38	732,04	8	41 174, 90	114,38	732,04
9	Pluvísilva	107,7	140	4	530,41	81,94	198,63	4	530, 41	81,94	198,63
10	Pluvísilva de montaña	101,4	131,8	4	16 485,14	73,76	347,51	4	16 485, 14	73,76	347,51
11	Semicaducifolio en suelo ácido	38,8	50,4	11	64 202,91	45,9	189,26	11	64 202, 91	45,90	189,26
12	Semicaducifolio en suelo calizo	73,5	95,6	13	152 492,42	131,61	208,86	13	152 492, 97	131,61	208,86
13	Semicaducifolio de mal drenaje	84,4	109,8	12	76 902,97	82,4	199	12	76 902, 97	82,40	199,00
14	Uveral	27,5	35,7	4	543,2	23,13	160,02	4	543, 20	23,13	160,02
15	Xerófilo de mogote	10,4	13,5	5	8 959,26	76,01	196,14	5	8 959, 26	76,01	196,14
16	Xerófilo típico	8,1	10,6	3	13 606,80	88,9	209,65	3	13 606, 80	88,90	209,65

Tabla 2.20. Distribución del carbono retenido por categoría de bosque en los tres Reportes. * *Solo incluye los bosques naturales

Nº	FORMACIÓN	Reporte 2013		Reporte 2017				Reporte 2019			
		C Biomasa aérea (t/ha)	C Biomasa total (t/ha)	Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento Madera (m³/ha)	Retención Carbono (tC/ha)	Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento Madera (m³/ha)	Retención Carbono (tC/ha)
1	Productor	92,7	120,5	15	214 192,21	123,87	298,64	13	148 179,60	63,85	231,01
2	Protector agua/suelo	60,1	78,1	15	149 169,04	59,52	253,89	13	147 430,65	65,16	186,85
3	Protector Litoral	79,0	102,8	14	139 090,21	59,12	498,65	13	115 416,13	60,16	205,31
4	Protector flora/fauna	91,9	119,4	5	18 848,54	135,99	152,49	3	18 573,54	59,04	194,62
5	Manejo Especial	103,7	134,8	5	5 073,70	56,05	350,93	4	4 969,00	46,13	169,32
6	Recreativo	58,3	75,8	5	2 287,53	60,97	0,00	6	2 289,03	63,55	194,51
7	Educativo/Científico	0,0	0,0	0	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00

Luego de los resultados generales antes presentados, los Reportes contienen los resultados específicos de cada una de las empresas evaluadas, para su utilización a ese nivel de gestión del patrimonio forestal.

Además de lo incluido en los Reportes, otras evaluaciones han sido realizadas a entidades del sistema empresarial, entre las que pueden ser citadas la EAF Mayabeque (Álvarez y González, 2018), la EAF Pinar del Río (Miñoso, 2018), la EAF Macurije (Ajete, Ramos y Puentes, 2019), la EAF Guanahacabibes (Ajete *et al.*, 2019), la EAF Villa Clara (Martínez *et al.*, 2019), la EAF Granma (Álvarez, Barrios y Mojena, 2019), la EAF Guantánamo (Frómeta, Conde y Torres, 2019), la EAF Costa Sur (Mercadet *et al.*, 2019), la EAF Sierra Cristal (Catanares *et al.*, 2019); la EPFF Santiago de Cuba (Catanares, Debrot y Esparraguera, 2020) y dos UEB de la EAF Imías (Frómeta, Romero y Moreira, 2020), resultados cuya síntesis se presentan en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Síntesis de los resultados alcanzados con otras evaluaciones (Mercadet, 2020).

Empresa	Año Base	Retención de carbono (t/ha)			Carbono por depósito (%)		
		Toda la Empresa	Bosques artificiales	Bosques naturales	Biomasa	Necromasa	Suelo
EAF Mayabeque	2016	333,24	182,83	209,98	22,05	1,89	76,06
EAF Macurije	2017	354,38	369,79	344,31	20,10	2,07	20,10
EAF Guanahacabibes	2017	262,47	205,35	245,76	8,68	2,91	88,42
EAF Pinar del Río	2017	380,56	408,82	348,58	21,16	1,57	77,28
EAF Costa Sur	2017	326,20	346,18	330,43	16,18	1,93	81,89
EAF Guantánamo	2017	318,00	377,18	317,94	43,85	2,50	53,365
EAF Villa Clara	2017	352,78	312,19	439,45	16,57	2,04	81,38
EAF Sierra Cristal	2017	220,60	176,68	297,35	4,59	3,46	91,95
EAF Granma	2017	240,55	324,98	224,70	16,51	2,92	80,56
EAF Imías	2018	172,97	173,06	183,87	27,41	4,61	67,99
EFF Stgo. Cuba	2019	173,88	264,87	176,75	9,27	4,45	86,28

Entre estas empresas resultan llamativos los resultados de la evaluación realizada a la EPFF (Empresa para la Protección de la Flora y la Fauna) de Santiago de Cuba por Catanares (2020), al constituir la primera realizada por el INAF a un área protegida.

Esta Empresa, con casi 23 mil hectáreas de patrimonio administrado de las que 90,1% están cubiertas por bosques, principalmente naturales (80,5%), alcanzó una retención promedio de carbono de solo 173,9 tC/ha al término de 2019, valor por debajo del cual estuvieron hace 10 ó más años atrás cinco empresas del GAF (Tabla 2.14.); al término de 2016 solo la Empresa Cafetalera R. Ayub (Tabla 2.15.) y más recientemente, al término de 2018, solo la EAF Ciego de Ávila (Tabla 2.16.)

Considerando que esta Empresa no reporta afectaciones por incendios, que dado su función no realiza aprovechamientos de madera y que además comprende más de ocho mil hectáreas de bosques Semicaducifolios sobre suelo calizo, más de seis mil de bosques Pluvilsilva de montaña y algo más de mil de Pinares, cabría esperar mayores cantidades de carbono por hectárea pero, cuando se constata que el área cubierta registra apenas 18 m³/ha y que en sus bosques naturales ese indicador disminuye hasta 11,5 m³/ha, se pueden comprender sus bajos resultados de carbono y suponer que, a pesar de su estatus dedicado a la conservación de la biodiversidad, convendría valorar un reanálisis del plan de manejo aplicado actualmente a sus bosques.

Igualmente resulta llamativa la Empresa Agroforestal Guantánamo, por presentar la mayor proporción de carbono en la biomasa entre todos los valores reportados, debido a que 78% de las especies existentes en sus bosques artificiales y 86% de las formaciones presentes en sus bosques naturales alcanzan rendimientos de madera superiores a los 200 m³/ha, valores muy superiores a los contenidos en los Reportes 2017 y 2019.

2.8. PERSPECTIVAS SOBRE LOS REPORTES DE CARBONO EN EL SECTOR FORESTAL

El sistema de reportes de carbono preparado para las empresas administradoras de patrimonio forestal del Grupo Empresarial Agroforestal constituyó en primera instancia, un salto cualitativo en busca de mayor información para la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos forestales por medio de los proyectos de ordenación forestal; sin embargo, con la publicación en 2013 por parte del Programa ONU-REDD del documento sobre los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques, comprendiendo su monitoreo y medición, así como su reporte y verificación (M y MRV) en el contexto de las actividades de REDD+, resultó entonces que la ampliación de los reportes a todo el Sector Forestal podría contribuir al menos a tres de las cinco actividades puestas en vigor por la Decisión 1/CP.16, párrafo 70, de la 16ª Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC realizada en Cancún, México:

- La conservación de las reservas de carbono en los bosques.
- El manejo sostenible de los bosques.
- La mejora de las reservas de carbono de los bosques.

Sin embargo, para lograr la generalización al Sector Forestal de lo ya realizado al GAF sería preciso introducir modificaciones en el esquema presentado en la Figura 2.8., de manera tal que lo que allí se identifica como Sistema Empresarial, fuese sustituido por Entidades Administradoras del Patrimonio, mientras que lo señalado como Dirección Forestal del GAF, pasara a ser Organismos que Administran Patrimonio y un cambio aparentemente tan sencillo como ese, conlleva en realidad una sustancial modificación del alcance de los reportes, porque según la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre (DFFFS) del MINAG, al término de 2016 la composición de organismos que intervenían en la administración del patrimonio era la presentada en la Figura 2.9., donde se demuestra que aunque tres de ellos administraban más del 80% del total, otros 10 se encontraban involucrados en esas actividades.

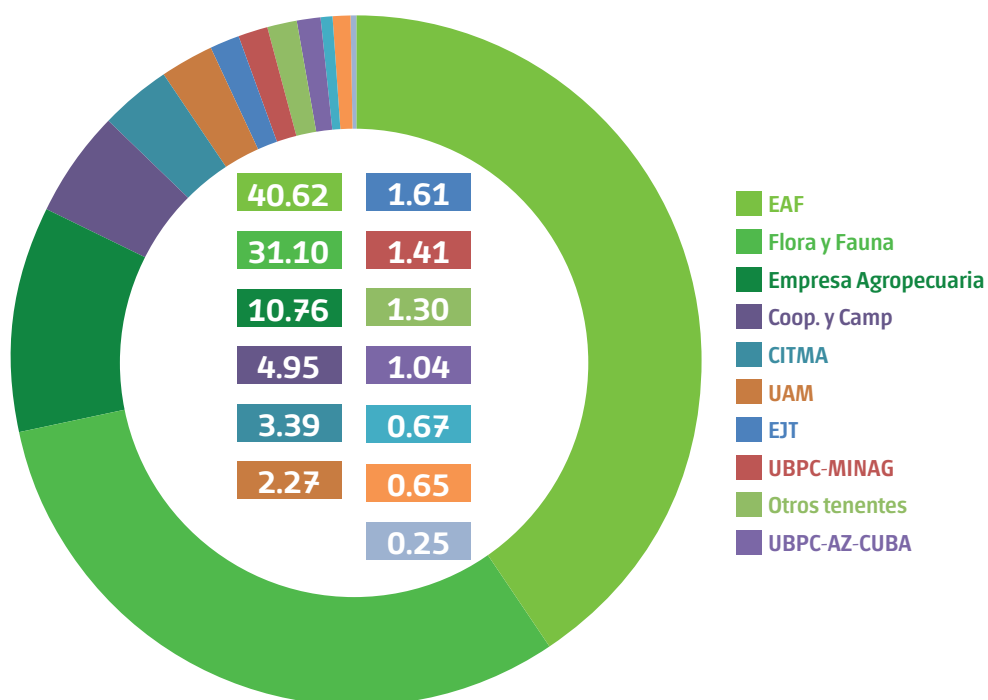


Figura 2.9. Participación relativa (%) de las entidades que intervienen en la administración del patrimonio forestal nacional (DFFFS, 2016).

III. LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR LOS BOSQUES

56

Autores principales:

Dr.C. Alicia Mercadet¹

Dr.C. Arlety Ajete¹

Dr.C. Arnaldo Álvarez¹

Ing. Yaneli Peña¹

Autores contribuyentes:

MsC Yaumara Miñoso¹

MsC Yolanis Rodríguez¹

MsC M^a Magdalena Martínez¹

MsC Yunior Álvarez¹

MsC Adela Frómeta¹

Ms.C. Odalys Mojena⁸

Ing. Caridad Catanares¹

Colaboradores:

MsC. Julio Hernández¹

MsC. Yosvani Cuesta¹

Ing. J. L. Guelmez²

José L. López³

Ing. Libeidys Prieto³

Ing. Gualberto González⁴

Ing. Migdalia Pi⁵

Ing. Ubaldo Ortiz⁵

Ing. Erduin Orama⁶

Ing. Francisco Conde⁷

Ing. Carlos E. Barrios⁸

Ing. Yuri Debrot⁹

Ing. Roberto Esparraguera⁹

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

²EAF Pinar del Río.

³EAF Costa Sur.

⁴EAF Mayabeque.

⁵EAF Matanzas.

⁶EAF Villa Clara.

⁷EAF Guantánamo.

⁸EAF Granma.

⁹EFF Santiago de Cuba.

3.1. CONCEPTO DE MITIGACIÓN POR LOS BOSQUES Y SU EVALUACIÓN A PARTIR DE LA LÍNEA BASE

El aumento de la superficie cubierta por bosques y/o del volumen de madera en pie conllevan el aumento de la remoción de carbono atmosférico; sin embargo, los motivos que originan esos cambios no son siempre los mismos.

Habitualmente, la implementación del proyecto de ordenación de los tenentes que manejan más de 500 ha de patrimonio forestal o el plan de manejo de aquellos que controlan una superficie inferior a esa, lleva asociada una determinada gestión técnica del bosque para cuya realización es necesaria una inversión económica conocida como *inversión silvícola*.

La inversión silvícola tiene como objetivo manejar el patrimonio forestal de forma tal que se maximice en él la función principal para la cual está destinado, según su categoría: producir madera; proteger el suelo, el agua y/o el litoral o, conservar la biodiversidad, la recreación y/o desarrollar las actividades educativas/científicas. Sin embargo, ello no impide que los efectos de ese manejo también favorezcan e incrementen, en calidad de co-beneficio, la prestación de otros servicios ambientales por el bosque, como la remoción de carbono atmosférico.

Entonces, la inversión silvícola genera un conjunto de actividades técnicas que caracterizan la gestión del patrimonio en cada categoría de bosque, el que a su vez da lugar a un conjunto de resultados esperables conocido como línea base o en términos de escenarios, como escenario habitual (*business as usual*–BAU, en inglés), el que puede ser aplicado tanto a productos como la producción de madera, como a servicios ambientales tales como la remoción de carbono atmosférico.

Aplicando estos conceptos, la Tabla 3.1. muestra la composición del patrimonio que administraba la Empresa Agroforestal Mayabeque durante 2016, compuesto tanto por bosques productores, como protectores y de conservación, así como el conjunto de actividades técnicas a las que dedicó la inversión silvícola durante 2016 para la gestión de ese patrimonio (Peña, Álvarez y González, en prensa).

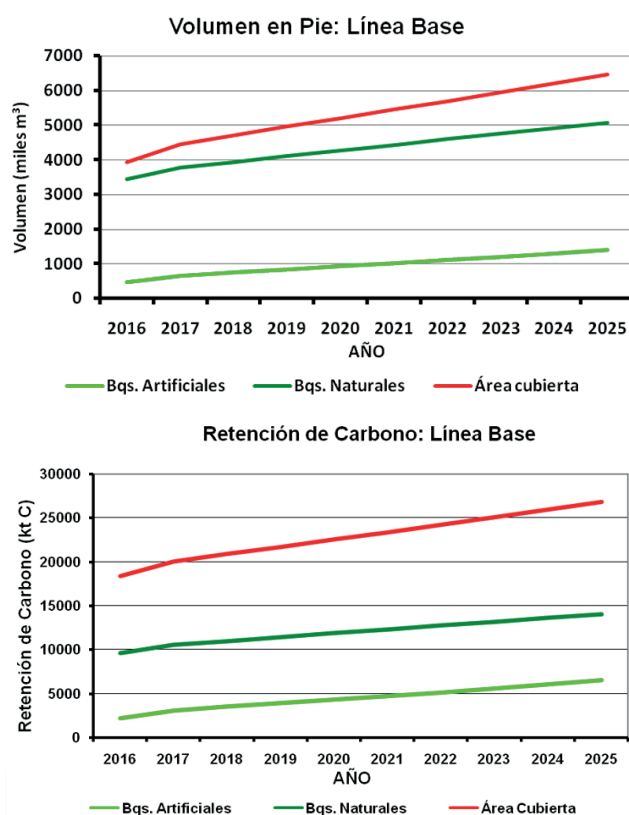


Figura 3.1. Líneas base del volumen en pie y del carbono retenido, resultantes de la proyección temporal de la gestión técnica efectuada por la EAF Mayabeque durante 2016.

Asumiendo que la superficie total del patrimonio administrado por la Empresa y la gestión técnica del mismo se mantuvieran constantes durante los próximos 10 años, entonces se generarían dos conjuntos de resultados esperables o líneas base (Figura 3.1.): una para el volumen de madera en pie y la otra, para la cantidad de carbono retenido en el patrimonio (como co-beneficio).

Partiendo de los resultados presentados en la Figura 3.1. es posible definir una acción forestal de mitigación como aquella en la que, mediante una modificación de algunos de los aspectos que forman parte de la gestión técnica del año base, se alcanza una línea alternativa de retención de carbono que supera los resultados de la línea base para el periodo de tiempo evaluado, resultando la magnitud de la mitigación de la diferencia entre los valores de ambas líneas (Figura 3.2.). Tabla 3.1. Caracterización de la gestión técnica del patrimonio durante 2016.

Empresa Agroforestal Mayabeque.

INDICADOR	VALOR
Bosques naturales (ha):	34 523,70
– Bosques productores (ha):	16 288,30
– Bosques protectores (ha):	13 505,40
– Bosques de conservación (ha):	4 730,00
Bosques artificiales establecidos (ha):	6 054,50
Bosques artificiales en desarrollo (ha):	2 332,00
Superficie por reforestar (ha):	2 070,10
– Sin Marabú (<50 %) (%):	35,00
– Con Marabú (≥50 %) (%):	65,00
Superficie de ciénagas (ha):	8 936,90
Superficie de pastizales (ha):	0,00
Superficie de tierras agrícolas (ha):	10,20
Superficie de semidesiertos (ha):	0,00
Superficie de otras áreas inforestales (ha):	1 140,70
Plan anual promedio de fomento (ha):	425,00
Supervivencia promedio de los bosques artificiales (%):	84,00
Logro promedio de la reforestación (%):	91,00
Superficie promedio anual de áreas quemadas (ha):	135,00
– Areas quemadas en zonas inforestales (%):	0
– Areas quemadas en zonas por reforestar (%):	0
– Areas quemadas en bosques artificiales en desarrollo (%):	0
– Areas quemadas en bosques artificiales establecidos (%):	45
– Areas quemadas en bosques naturales (%):	55
Volumen promedio anual extraído por tratam./raleos (m³):	2 044,50
– Tratam./raleos en bosques artificiales (%):	100
– Tratam./raleos en bosques naturales (%):	0
Superficie promedio anual de talas rasas (ha):	65,50
– Talas rasas en bosques artificiales establecidos (%):	30
– Talas rasas en bosques naturales (%):	70
Volumen promedio anual extraído por otras talas (m³):	544,00
– En bosques artificiales establecidos (%):	0
– En bosques naturales (%):	100
Incremento corriente anual de los bosques naturales (m³/ha/año):	5,20
Incremento medio anual de los bosques artificiales (m³/ha/año):	6,30

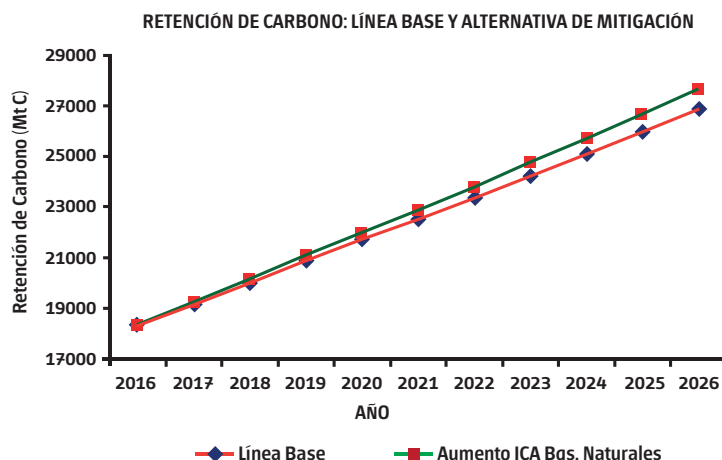


Figura 3.2. Línea base de carbono y alternativa de mitigación, resultantes de la proyección temporal de la gestión técnica efectuada por la EAF Mayabeque durante 2016.

Sin embargo, a diferencia de la inversión silvícola que tiene como objetivo principal manejar el patrimonio forestal de manera tal que se mejore la función del bosque según su categoría, la implementación de una acción de mitigación requerirá que, en adición a la inversión silvícola sea realizada una inversión ambiental y en ese caso, mientras en la inversión silvícola el aumento de la remoción de carbono es un co-beneficio, en la inversión ambiental el aumento asociado del volumen en pie sería el que constituiría un co-beneficio.

El cálculo de los efectos esperables de una acción de mitigación demanda de forma general, establecer en qué magnitud se modificará el componente de la gestión técnica del año base a considerar y cuánto será el tiempo requerido para implementar esa modificación. No obstante, en los casos en que la modificación abarque una parte extensa del patrimonio y requiera mucho tiempo para su implementación total, también será necesario establecer cuál será la superficie anual que será modificada.

En adición a lo anterior, considerando que toda acción de mitigación constituye una inversión ambiental, la selección de cuál opción implementar no solo requiere el análisis de sus efectos ambientales, sino también el análisis económico típico de toda inversión, incluyendo la magnitud de los gastos a realizar e ingresos a recibir (asumiendo que el carbono se pague), la eficiencia económica, la relación gastos/ingresos, el valor actualizado neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de lo invertido (TRI).

La versión 4.00 de SUMFOR facilita a los tenentes del patrimonio la posibilidad de evaluar ambiental y económicamente hasta 10 alternativas diferentes de mitigación, consistentes en:

1. Aumentar el plan anual de fomento.
2. Aumentar el logro de la (re)forestación.
3. Disminuir la superficie de bosques artificiales establecidos quemados.
4. Disminuir la superficie de bosques naturales quemados.
5. Disminuir la superficie anual de talas rasas en bosques artificiales establecidos.
6. Disminuir la superficie anual de talas rasas en bosques naturales.
7. Disminuir el volumen anual extraído por otras talas en bosques artificiales establecidos.
8. Disminuir el volumen anual extraído por otras talas en bosques naturales.
9. Aumentar el incremento medio anual en bosques artificiales establecidos.
10. Aumentar el incremento corriente anual en bosques naturales.

De ellas, las dos últimas requieren una definición de la superficie manejada anualmente para aumentar el incremento, debido a que habitualmente las empresas agroforestales administran patrimonios compuestos por miles de hectáreas de ambos tipos de bosque, que en 10 años de tiempo no pueden ser totalmente manejados con tales objetivos.

En el caso de la EAF Mayabeque, en 2018 la empresa solicitó la evaluación de cuatro de las alternativas anteriores, estableciendo para cada una de ellas las siguientes condiciones (Tabla 3.2.), asumiendo como precio de la tonelada de CO₂ mitigada \$2,00 (Peña, Álvarez y González, en prensa).

Con respecto a los datos presentados en la Tabla 3.2., la ejecución de estas alternativas significaría:

- Aumentar el plan de fomento de 510 ha/a a 612,0 ha/a, en un plazo de dos años.
- Disminuir la superficie de bosques artificiales establecidos quemados de 30,0 ha/a a 3,0 ha/a, en dos años.
- Disminuir la superficie de bosques naturales quemados de 6,4 ha/a a 5,8 ha/a, en dos años.
- Aumentar el incremento medio anual (IMA) de los bosques artificiales de 6,40 m³/ha/a a 7,04 m³/ha/año, en dos años, pero solo en 90 ha de las 6 938,4 ha de bosques artificiales que administra la Empresa.
- Aumentar el incremento corriente anual (ICA) de los bosques naturales de 5,20 m³/ha/año a 5,72 m³/ha/año, en dos años, pero solo en 225 ha de las 34 427,70 ha de bosques naturales que administra la Empresa.

Los resultados alcanzados con la evaluación de las cinco alternativas se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.2. Alternativas de mitigación seleccionadas por la EAF Mayabeque para ser evaluadas.

Alternativas	Valor inicial		Variación (%)	Área atendida (ha/a)	Costo unitario		Periodo de implementación (a)	Periodo de capitalización (a)
	Valor	Unidad			Costo	Unidad		
Aumentar plan fomento	510,0	ha	20		6 500,00	\$/ha	2	8
Disminuir bqs. artf. quemados	30,0	ha	90		400,00	\$/ha protegida	2	8
Aumentar IMA bqs. artf.	6,4	m ³ /ha/a	10	90,00	970,00	\$/ha	2	8
Aumentar ICA bqs.nat	5,2	m ³ /ha/a	10	225,00	1 000,00	\$/ha	2	8

Tabla 3.3. Resultados de la evaluación de las alternativas de mitigación.

Alternativas	Mitigación en 10 años (tC)	Gasto total (GT-\$)	Efic. Econ. CP-\$/(tCO ₂)	Ingreso bruto (IB-\$)	Ingreso neto (IN-\$)	Relación GT/IB (G/P-\$/\$)	VAN (\$)	TIR (%)	TRI	
									Años	Meses
Aumentar plan fomento	2.248,194,46	663.000,00	0,08	16.486.759,36	15.823.759,36	0,040	9.657.604,95	2,04	0	5
Disminuir bqs. artf. quemados	2.265.908,34	10.800,00	0,00	16.616.661,18	16.605.861,18	0,001	10.274.358,14	147,31	0	1
Aumentar IMA bqs. artf.	2.654,143,58	174.600,00	0,02	19.463.719,55	19.289,119,55	0,009	11.740.905,36	9,82	0	2
Aumentar ICA bqs.nat	3.010,984,16	450.000,00	0,04	21.080.550,48	21.630.550,48	0,020	13.068.605,90	4,04	0	3

A partir de los resultados anteriores, corresponde al teniente del patrimonio decidir cuál de las alternativas sería preferible llevar a cabo, tomando en consideración aspectos tales como:

- La disponibilidad de capital financiero propio, no comprometido con otros objetivos, que permita cubrir la demanda requerida por la inversión.
- De no ser así, definir si existe la posibilidad de recurrir a alguna fuente financiera externa que en términos crediticios respalde el desarrollo de esa inversión ambiental.
- En tal caso, establecer cuáles serían las consecuencias de tal opción sobre los ingresos esperables de la inversión y en qué términos de tiempo habría que honrar sus condiciones.
- De no ser satisfactorias para la Empresa las condiciones iniciales del financiamiento externo, definir qué posibilidades existirían para una negociación de sus términos, de forma tal que resultaran aceptables.
- Finalmente, de no ser conveniente para la Empresa la opción de recurrir al financiamiento externo, valorar si alguna de las otras alternativas de mitigación estaría en el rango de sus capacidades financieras propias y no comprometidas con otros objetivos.

3.2. RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE MITIGACIÓN EN EL GRUPO AGROFORESTAL

Hasta fines de 2019 un total de seis empresas del GAF habían solicitado la evaluación ambiental y económica de 31 alternativas de mitigación, según se muestra en la Tabla 3.4.

La alternativa 6 no fue de interés porque, con la excepción de la EAF Mayabeque que reportó 46 ha, ninguna otra empresa realiza talas rasas en bosques naturales, mientras que en el caso de la alternativa 7, con la excepción de la EAF Matanzas que reportó 15,9 miles de metros cúbicos, ninguna otra empresa realiza talas selectivas en bosques artificiales establecidos. Las restantes alternativas fueron seleccionadas por cada empresa en base a sus condiciones particulares.

Tabla 3.4. Alternativas de mitigación cuya evaluación fue solicitada.*

No	Alternativa	P.Río 2017		C. Sur 2017		Mayabeque 2016		Matanzas 2018		V. Clara 2017		Gtnmo. 2017	
		Actual	Cambio	Actual	Cambio	Actual	Cambio	Actual	Cambio	Actual	Cambio	Actual	Cambio
1	Aumentar plan anual de fomento (ha)	270,0	5			425,0	20	267,0	10	516,7	10		
2	Aumentar logro de la reforestación (%)	92,2	5	87,0	2			66,7	87,0	66,0	10		
3	Disminuir superficie anual de bosques artf. estb. quemados (ha)	38,6	10			60,8	55	12,0	50				
4	Disminuir superficie anual de bosques naturales quemados (ha)	192,8	20	146,9	10	74,3	90						
5	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques artf. estab (ha)	271,0	10					26,3	3	131,5	3		
6	Disminuir superficie de talas rasas en bosques naturales (ha)												
7	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosq. naturales (m³)												
8	Disminuir vol anual extraído por otras talas en bosq. naturales(m³)	20 634,0	50	4 722,1	20								
9	Aumentar incremento medio anual bosques artificiales (m³/ha/a)	5,5	5	4,6	2	6,3	10	13,0	20	7,8	20	13,0	23
10	Aumentar incremento corriente anual bosques naturales (m³/ha/a)	4,3	2		7,83	5,2	10	3,9	10	4,6	10	11,0	18

*En todas las empresas, las unidades de la primera columna son las indicadas en cada alternativa, mientras que la segunda columna está expresada siempre en porcentaje.

A todas las alternativas les fue calculada la mitigación alcanzada, mientras que sus evaluaciones económicas fueron realizadas empleando tres precios hipotéticos diferentes de la tonelada de CO₂ mitigada: \$1,00, \$2,00 y \$3,00, valores extremadamente bajos en comparación con los precios internacionales.

La mitigación alcanzada por cada alternativa en cada empresa se presenta en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Mitigación por aumento de la remoción de carbono atmosférico (ktCO₂) ,10 años después de su implementación.

No	Alternativas	P.Río 2017	C.Sur 2017	Mayabeque 2016	Matanzas 2018	V. Clara 2017	Gtnmo. 2017
1	Aumentar plan anual de fomento	147,87		394,47	305,13	139,39	
2	Aumentar el logro de la reforestación	314,02	106,00		494,98	433,93	
3	Disminuir la superficie anual de bosques artf. estab. quemados	65,98		341,60	132,10		
4	Disminuir la superficie anual de bosques naturales quemados	624,43	182,41	799,61			
5	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques artf. estab.	1.687,19			96,03	21,77	
8	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosques naturales	41,30	22,97				
9	Aumentar el incremento medio anual de los bosques artificiales	5.236,63	131,53	1.036,18	183,68	138,28	1.219,22
10	Aumentar el incremento corriente anual de los bosques naturales	145,95	101,32	2.349,36	104,03	102,38	2.327,01

Valores mínimos en rojo y máximos en azul.

Los resultados alcanzados con las evaluaciones económicas de cada alternativa, en cada empresa y para cada precio de pago de la tonelada de CO₂ fueron consolidados, descartando las alternativas que no resultaron ser económicamente rentables e identificando entre todas las restantes las que alcanzaron el valor mínimo y el máximo de mitigación, dando lugar a la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Resultados generales de las evaluaciones de mitigación para seis empresas.

Indicadores	Resultados mínimos			Resultados máximos		
Mitigación total (ktCO ₂)	1.061,43			7.864,43		
Mitigación por la biomasa (ktCO ₂)	222,90			1.651,53		
Mitigación total prom. (ktCO ₂ /m)	8,85			65,54		
Indicadores	Precio tCO ₂			Precio tCO ₂		
	\$1,00	\$2,00	\$3,00	\$1,00	\$2,00	\$3,00
Alternativas econom. viables (%)	61,29	80,65	90,32	61,29	80,65	90,32
Gasto total (miles \$)	701,71	700,24	700,24	3.579,82	3.627,13	4.640,97
Costo de mitigación (\$/tCO ₂)	0,6611	0,6597	0,6597	0,4552	0,4612	0,5901
Ingreso neto total (miles \$)	1.460,72	1.696,87	1.748,21	19.824,35	21.201,72	22.165,20
Tiempo máximo recuperación (m)	59	59	59	108	108	108

Como se puede observar, en un periodo de 10 años las seis empresas pueden aumentar sus remociones de CO₂ atmosférico entre 1,1 y 7,9 millones de toneladas, en dependencia de la alternativa de mitigación que sea implementada y en la medida en que el precio de la tonelada de CO₂ aumente, la cantidad de alternativas de mitigación económicamente rentables también lo hace, hasta alcanzar casi la cantidad máxima posible cuando fue utilizado \$3,00 como precio, por lo que un aumento ulterior carecería de sentido (Figura 3.3.)

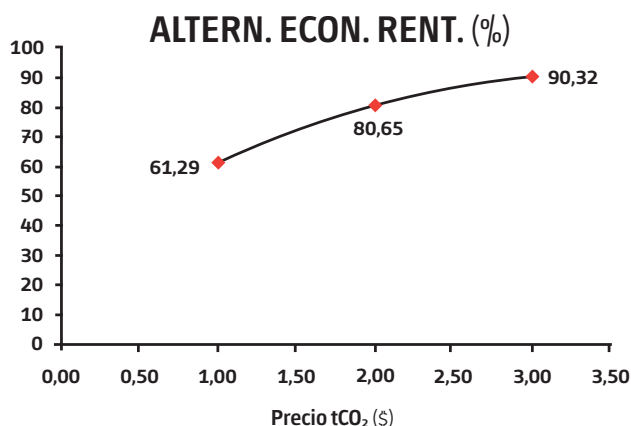


Figura 3.3. Variación de la cantidad de alternativas de mitigación económicamente rentables en función del precio de la tonelada de CO₂.

Incluyendo todos los componentes y depósitos de carbono del patrimonio y considerando un periodo de ejecución (implementación+capitalización) de 10 años, entre las seis empresas del GAF:

- como mínimo, con un gasto de 0,7 millones de pesos que se recuperaría en un tiempo máximo de 4,9 años, obtendrían un ingreso neto mínimo de 1,5 millones de pesos, con una mitigación promedio de 8,85 ktCO₂/m y una eficiencia económica de la inversión de \$0,66/tCO₂ atmosférico mitigada.
- como máximo, con un gasto de 4,6 millones de pesos que se recuperaría en un tiempo máximo de 9,0 años, obtendrían un ingreso neto máximo de 22,2 millones de pesos, con una mitigación promedio de 16,54 ktCO₂/m y una eficiencia económica de la inversión de \$0,59/tCO₂ atmosférico mitigada.

La cantidad total de financiamiento requerido para el pago de la mitigación variaría entre un mínimo de 1,85 y un máximo de 33,07 millones de pesos, en dependencia del precio establecido para la tonelada de CO₂ mitigada.

Con posterioridad a las seis evaluaciones antes presentadas, fueron también analizadas empleando el mismo método la EAF Granma (Álvarez, Barrios y Mojena, 2019), la EAF Sierra Cristal (Catanares *et al.*, 2019), dos de las unidades de la EAF Imías (Frómata, Romero y Moreira, 2019) y la EFF Santiago de Cuba (Catanares, Debrot y Esparraguera, 2020), ampliando así la información disponible.

Tomando en cuenta que solo en el GAF (sin considerar los restantes tenientes del patrimonio) están incluidas 28 empresas con patrimonio forestal, es posible considerar cuán importante resultaría la implementación de alternativas de mitigación desarrolladas a escala empresarial, basadas en modificaciones de la gestión técnica reportada en el año base de acuerdo al interés particular de cada empresa, las que además como co-beneficio complementario, repercutirían positivamente en el cumplimiento de las funciones del bosque, creando además las condiciones requeridas para el acceso a los mecanismos de financiamiento internacional existentes (REDD+, FVC, etc.).

3.3. SITUACIÓN DE LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN PROPUESTAS PARA EL SECTOR FORESTAL EN LAS COMUNICACIONES NACIONALES

La posibilidad de emprender acciones con los bosques que redundaran en favor de la disminución de las emisiones netas totales de GEI del país fue tomada en consideración desde el proceso de elaboración de la Primera Comunicación Nacional (República de Cuba, 2001) durante el periodo 1998-2001, dando como resultado la inclusión en ella de tres alternativas:

- El aumento de la remoción de CO₂ atmosférico por los bosques, mediante el incremento del área boscosa.
- El aumento del secuestro de carbono, mediante el aumento en el tiempo de uso de los productos madereros duraderos.
- La sustitución de combustibles fósiles, por el empleo de biomasa forestal como combustible renovable.

Con respecto a la primera alternativa, al término del año 2000 la cobertura forestal de Cuba era de 22,2% (2 435,0 kha) (Álvarez, Mercadet y col., 2011), cifra que a fines del año 2017, había variado hasta un valor de 31,3% (3 242,3 kha) (DFFFS, 2017), lo que representa un incremento de área forestal cubierta por bosques a nivel nacional de 9,1% (807,3 kha).

Sobre la base de los estimados de remoción anual de carbono por los bosques, realizados para el año 2002 (López *et al.*, 2005), la biomasa aérea del bosque cubano removía de la atmósfera como promedio 1,74 MgC*ha⁻¹*año⁻¹, lo que significa que el incremento del área boscosa registrado entre el 2000 y el 2017 representa un aumento acumulado de las remociones nacionales de 22,5 TgC, con respecto al año 2000.

En cuanto a la segunda alternativa, el empleo del secado artificial de la madera como forma de prolongar su vida útil no ha presentado el avance deseado, a pesar que en 2011 existía en el país una capacidad potencial por ciclo de secado superior a 1 300 m³ (Álvarez, Mercadet y col., 2011) mientras que en lo que respecta a la preservación de la madera, actualmente la única planta en funcionamiento está ubicada en el municipio Guane, provincia Pinar del Río, con una capacidad potencial instalada de aproximadamente 15 000 m³ anuales (Álvarez, Mercadet y col., 2011), dedicada principalmente al tratamiento químico por presión de postes de pino (*P. caribaea* var. *caribaea* y *P. tropicalis*) para el servicio eléctrico y telefónico.

Esta planta, luego de ocho años y medio de trabajo (2009-2018), ha dado tratamiento a 82 752,9m³ de madera, prolongando así al menos en tres veces su vida útil y como consecuencia, el secuestro del carbono en ella contenido, estimado en 19 975 tC.

La tercera alternativa cuenta con dos opciones: el empleo de carbón vegetal para la generación de calor y el empleo de la biomasa forestal para la producción de electricidad.

La producción de carbón vegetal en 2010 era alrededor de un millón 400 mil sacos (56 000 t), con una tendencia ascendente que en 2018 llegó a 32 875 t solo en el GAF (Dir. Forestal, 2019), a la que se debe adicionar lo que otros grupos empresariales también realizan (ei. Grupo Empresarial Flora y Fauna; Grupo Empresarial Agrícola, etc.), y en este sentido la existencia de miles de hectáreas de marabú (*Dichrostachys cinerea* L.) constituye una alternativa importante para esta opción, ya que su madera ofrece un buen potencial calorífico (4 654 kcal*kg⁻¹; Manzanares *et al.*, 2008).

Por otra parte, el proyecto «*Generación y distribución de energía renovable basada en servicios energéticos modernos. Caso de la Isla de la Juventud*» (GP/CUB/05/001), cuyo objetivo principal era reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Cuba, mediante la promoción de tecnologías de energía renovable, por diferentes motivos no logró alcanzar los resultados finales esperados.

Para la preparación de la Segunda Comunicación Nacional (República de Cuba, 2015) fue considerada otra vez la alternativa de aumentar la remoción de CO₂ atmosférico por los bosques, mediante el aumento del área boscosa y fue añadida una nueva, basada en el cambio de categoría de bosque productor a conservador en algunas áreas del patrimonio.

En el primer caso, se planteó alcanzar en 2050 un 35% de cobertura forestal del país, lo que según Somoza *et al.* (2016) representaría remociones ascendentes a 21 123,05 ktCO₂, cantidad que a la luz de la preparación de la proyección 2030 para todos los sectores económicos del país quedaría ajustada a 17 913,34 kt CO₂.

Sin embargo, por una parte desde 2010, año en que esta alternativa fue evaluada, hasta fines de 2018, la superficie cubierta de bosques del país aumentó hasta 31,49%, sin que exista una clara perspectiva sobre la posible incorporación al patrimonio forestal nacional de nuevas tierras que permitan alcanzar el 35% de área cubierta en 2050 y por otra parte, al preparar el balance neto de emisiones del sector forestal como parte del Inventario de GEI-2016, se transitó del uso de las Guías 1996 del IPCC al empleo de las Guías 2006, cambio que al incluir en los cálculos el carbono contenido en la biomasa subterránea de los bosques elevó hasta 27 147,20 kt CO₂ las remociones

alcanzadas por el área cubierta, valor que supera en 6 024,15 kt CO₂ al estimado por la alternativa analizada para 2050. Ello justifica la desestimación de esta alternativa a partir de 2019.

En el segundo caso, se consideró que cambiando de categoría parte de los bosques productores a bosques de conservación, se incrementaría el carbono retenido en esas áreas debido a que las talas se reducirían solamente a las establecidas por el plan de manejo para esa categoría, lo que hace que el bosque mejore su rendimiento y disminuya su degradación. En este sentido, la Empresa Forestal Integral (EFI) Victoria de Girón se recategorizaría en sus funciones y pasaría de entidad productiva del GAF a área protegida de la Empresa de Flora y Fauna, por lo que el paso de 115,4 kha de bosque productor a conservador haría posible la mitigación de unas 23,5 ktCO₂eq anualmente, a un costo de 29,3 USD/tCO₂e evitada.

El patrimonio forestal administrado por la EFI Victoria de Girón, el mayor del país a cargo de una empresa, fue transferido a la administración del Grupo Empresarial para la Conservación de la Flora y la Fauna, con lo que variaron totalmente sus objetivos de manejo, pasando a ser un Área Protegida de Recursos Manejados.

Sin embargo, dada la categoría de área protegida que le fue asignada, en lugar de cambiar la categorización de los bosques productores a bosques protectores, se optó por disminuir los niveles anuales de aprovechamiento forestal de los bosques productores existentes en más del 80% con respecto a los reportados por el teniente anterior, modificación que ha tenido resultados similares a los previstos en términos de mitigación, pero probablemente a un costo neto inferior al inicialmente calculado, por mantener vigente un determinado nivel de producción de madera comercializable.

Considerando que no se dispone de una perspectiva inmediata de recategorización de estos bosques, se da por concluida la implementación de esta alternativa de mitigación.

3.4. LA CONTRIBUCIÓN NACIONALMENTE DETERMINADA DE CUBA, EL ACUERDO DE PARÍS Y EL SECTOR FORESTAL

A fines de 2015 y previo a la realización de la Conferencia de las Partes de París (COP-21) Cuba presentó con carácter provisional una Contribución Nacionalmente Determinada (CND) que incluyó una reducción de emisiones que posteriormente fue ratificada, en la que entre otros aspectos fue incluida la construcción para 2030 (en dependencia del cumplimiento de las obligaciones internacionales establecidas bajo la Convención), de 19 bioeléctricas con 755 MW, empleando como combustible la biomasa cañera y forestal.

A fines de 2016 fue realizada la COP-21, de la cual surgió el Acuerdo de París, el que estableció que las Partes deben informar sobre la marcha de las emisiones y remociones de GEI incluidas en sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas y al hacerlo, promoverán la integridad ambiental, la transparencia, la exactitud y la coherencia para de esta forma evitar la doble contabilización, con el objetivo de permitir una evaluación clara del progreso y los resultados obtenidos.

De las bioeléctricas comprometidas varias ya se encuentran en construcción y a principios de 2020 la primera, ubicada en el municipio Ciro Redondo, provincia Ciego de Ávila, comenzó la generación de electricidad con una capacidad potencial anual de 89 GWh.

Al término de 2019 fue iniciada la actualización de la CND presentada por Cuba en 2015 al Acuerdo de París para el periodo 2020-2030 (República de Cuba, 2020), la que para las nuevas contribuciones en mitigación señala que, *“Teniendo en cuenta el aporte sectorial al inventario nacional de GEI, los sectores priorizados para la reducción de emisiones, en la etapa actual, son el de energía y la agricultura. En estos sectores se concentran los esfuerzos del país en la identificación e implementación de las medidas de mitigación.”*

Entre las nuevas contribuciones en mitigación por sectores propuesta en la actualización de la CND del país, hay una referida al sector forestal que se muestra en la Tabla 3.7.

Además, según el párrafo 85 de la Decisión de la COP que adoptó el Acuerdo de París, se estableció la Iniciativa de Creación de Capacidad para la Transparencia (CBIT, en inglés), que tiene como objetivos: (a) fortalecer las instituciones nacionales para actividades relacionadas con la transparencia, en línea con las prioridades nacionales; (b) proporcionar herramientas, capacitación y asistencia relevantes para cumplir con las disposiciones estipuladas en el Artículo 13 del Acuerdo y, (c) ayudar a mejorar la transparencia a lo largo del tiempo.

Tabla 3.7. Nueva acción de mitigación forestal propuesta para la actualización de la CDN de Cuba.

Nombre de la contribución: Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33 % en el año 2030.					
Objetivo	Indicador de seguimiento (magnitud)	Entidad Ejecutora	Estado	Año base / Año meta	Valor base / Valor meta
Contribución no-GEI. Objetivo: Incrementar la cobertura boscosa del país.	Área cubierta por bosques Establecidos (ha).	Grupo Empresarial Agroforestal; Grupo Empresarial de Flora y Fauna; otros administradores del patrimonio nacional.	Preparación para implementación.	2019 / 2030	3,260,940 ha / 3,434,400 ha
Breve descripción de la contribución.	El área forestal de Cuba (área susceptible de ser cubierta por bosques) era al término de 2018 de 3,573,400 ha, de las que ya se encontraban cubiertas de bosques 3,269,400 ha y quedaban por cubrir 304,000 ha (DFFFS, 2019). La contribución prevé incrementar el área cubierta de bosques en 165 mil hectáreas en el período 2019-2030, llegando a una cobertura de 33% en el país. Con esfuerzo propio, el país puede incrementar el área cubierta en 80 mil hectáreas para el 2030 (con un ritmo de reforestación igual al del período 2010-2018), lo que constituiría su contribución incondicional. Ello tendría un costo de 1,960 millones de USD y se removerían 115.7 millones de tCO ₂ atmosférico en ese período. El país, de recibir apoyo adicional, puede acrecentar el ritmo de reforestación y lograr el incremento propuesto de 165 mil hectáreas hasta el 2030. Para ello requiere, además de la inversión con recursos propios, un apoyo adicional en financiamiento de 2,291 millones de USD. Esta variante permitiría aumentar el área cubierta de bosques artificiales establecidos entre 2019 y 2030, removiendo 169.9 millones de tCO ₂ atmosférico en ese período.				
Resultados que se espera obtener.	Incrementar la cobertura boscosa en 165 mil ha en el período 2019-2030. Remover 169.9 millones de tCO ₂ atmosférico en el período 2019 – 2030.				
Condicionamientos para ejecución de la contribución.	Se requiere el apoyo en créditos a largo plazo por un monto de 2291 millones de USD para la implementación de la contribución condicional.				
Metodologías y/o métodos sobre los que se espera realizar seguimiento.	El dato de nivel de actividad (cobertura boscosa) se obtiene del sistema estadístico complementario del MINAG. El factor de retención de carbono por los bosques se calcula en correspondencia con las metodologías del IPCC, Guías 2006, Vol. 4; Capítulo 4. Tierras Forestales.				
Acciones requeridas para su adecuación a lo establecido bajo el Acuerdo de París	Se requiere dejar oficialmente establecido el sistema MRV para las medidas que conforman la contribución.				

66

Por tanto, en base a las necesidades y prioridades nacionales y siguiendo las instrucciones de Programación de CBIT, párrafos 18 y 19, el MINAG decidió proponer la realización del proyecto «Fortalecimiento de las capacidades institucionales y técnicas en el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) de Cuba para mejorar la transparencia en virtud del Acuerdo de París» al Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF, en inglés), con la administración de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en inglés) y coordinado por el Instituto de Investigaciones en Pastos y Forrajes (IIPF), cuyo objetivo principal sería: *En línea con el Plan de Estado para el Enfrentamiento del Cambio Climático (Tarea Vida), fortalecer las capacidades institucionales y técnicas de los subsectores agrícola, forestal y otros usos del suelo, para responder a la mejora de los requisitos de transparencia bajo el Acuerdo de París.*

Este proyecto persigue, en esencia, crear en los niveles estatales centrales del MINAG (Dirección Agrícola, Dirección Ganadera, Dirección Forestal y Dpto. Suelos) las capacidades y sistemas de información requeridos para la formulación de sus respectivos sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y que a partir de ellos, cada

dirección asuma, con el apoyo de los institutos de investigación de la rama, la preparación de los reportes que le correspondan relacionados con los balances netos de emisiones, con la mitigación, con la evaluación de impactos y con las acciones de adaptación lo que debe transcurrir entre 2019 y 2022, para que posteriormente a partir de 2023 la Dirección de Ciencia, Innovación y Medio Ambiente del propio Ministerio actúe como unidad consolidadora de esos reportes subsectoriales para conformar el reporte del sector AFOLU (Figura 3.4.), a fin de que el MINAG, como Órgano de la Administración Central del Estado, presente las informaciones requeridas para los Inventarios de Emisiones de GEI, para las Comunicaciones Nacionales, para los Reportes Bienales Actualizados (BUR, en inglés), para la actualización de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas de emisión (CND) y más tarde, para los Reportes Bienales de Transparencia (BTR, en inglés), según el cronograma presentado en la Figura 3.5., documentos que en su totalidad constituyen informes de gobierno a la CMNUCC.

La implementación de este proyecto conllevaría una modificación adicional al esquema planteado en la Figura 2.4., en la que los organismos tenentes del patrimonio forestal no presentarían sus informaciones al INAF para la elaboración de los reportes, sino a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, la que establecería los mecanismos de trabajo apropiados con el INAF para realizar las evaluaciones y preparar los reportes, que retornarían a la Dirección para su aprobación y de allí, pasarían a la Dirección de Ciencia, Innovación y M. Ambiente.

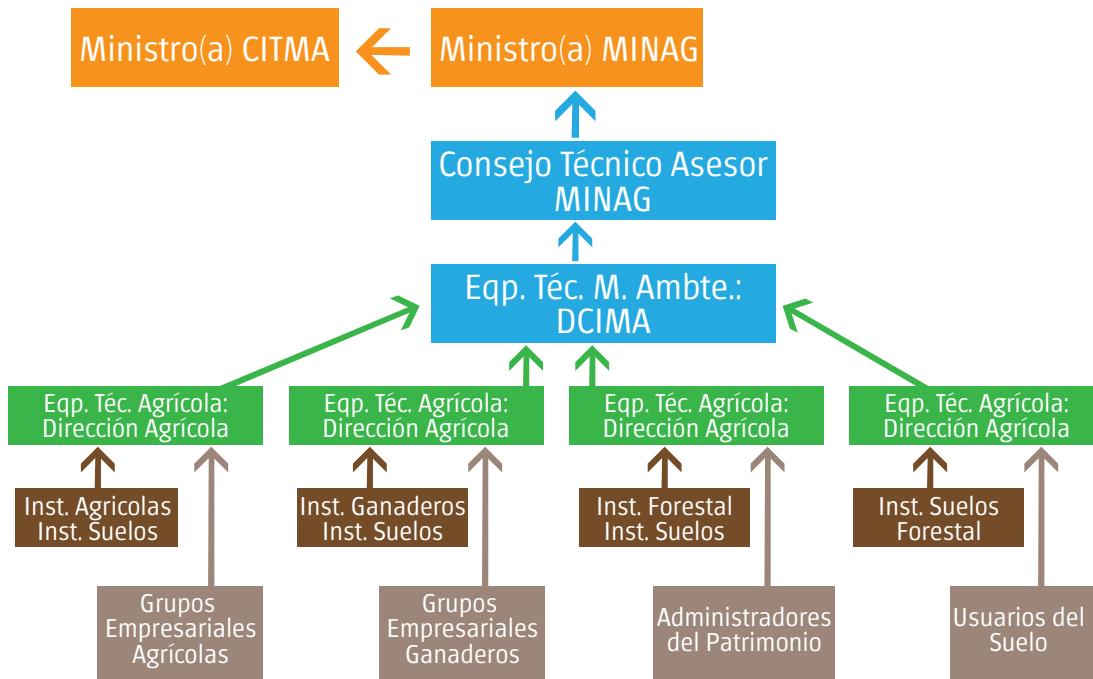
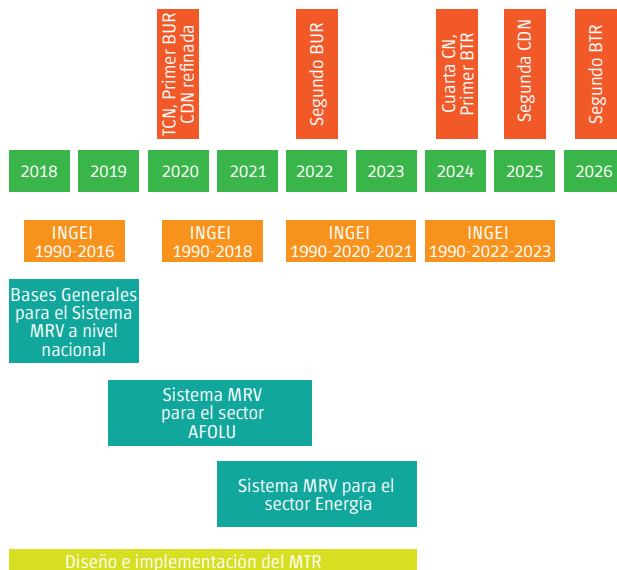


Figura 3.4. Sistema organizativo a crear para que el MINAG asuma la preparación y presentación de todos los informes relacionados con el sector AFOLU (Blanco, 2019).



INGEI-Inventario Nacional de GEI.TCN
-Tercera Comunicación Nacional.

MVR- Sistema de Medición, Reporte y Verificación.
BTR-Reporte Bienal de Transparencia.

BUR-Reporte Bienal Actualizado de Emisiones.
AFOLU-Sector Agricultura, Bosques y Otros Usos de la Tierra.
CDN-Compromiso Nacionalmente Determinado de Reducción de Emisiones.

Figura 3.5. Cronograma de acciones a implementar por Cuba en cumplimiento del Acuerdo de París (Carrera, 2019).

3.5. EL SECTOR FORESTAL Y EL MECANISMO REDD+

Según lo planteado por Akong *et al.* (2009), la definición de REDD+ no estaba en aquel momento claramente definida y por ello, era un aspecto discutible en las negociaciones, considerando que el concepto pudiera incluir las siguientes opciones:

- RED= Reducción de emisiones debidas a la deforestación: Solo están incluidos los cambios del área de “bosque” a área “no forestal” y los detalles dependen mucho de la definición operacional de “bosque”.
- REDD= adiciona a lo anterior la degradación (forestal), o los cambios hacia depósitos de carbono menores dentro del bosque; los detalles dependen mucho de la definición operacional de “bosque”.
- REDD+= adiciona a lo anterior el aumento de las reservas dentro y hacia el “bosque”; en algunas versiones REDD+ además incluye tierras bajas con independencia de su *status* forestal; los detalles siguen dependiendo de la definición operacional de “bosque”.
- REDD++= adiciona a lo anterior las transiciones de la cubierta terrestre que afectan los depósitos de carbono, sean tierras bajas o suelos minerales, árboles fuera del bosque, agroforestería, bosques artificiales o naturales. No depende de la definición operacional de “bosque”.

Sin embargo, nueve años después Soto (2018) definió REDD+ como un mecanismo aceptado en 2007 por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y establecido por sucesivos acuerdos de las Conferencia de las Partes (COP) para estimular a los países en desarrollo para que contribuyan en los esfuerzos de mitigación del cambio climático mediante:

- la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por ralentización, detención y reversión de la pérdida y degradación de los bosques.
- el aumento de las remociones de GEI de la atmósfera terrestre por medio de la conservación, gestión y expansión de los bosques.
- La interacción entre el Sector Forestal cubano y el mecanismo REDD+ fue iniciada en julio de 2009, previo a la COP realizada en Copenhagen, cuando una delegación del INAF asistió a un taller regional de capacitación realizado en Cali, Colombia, para divulgar las características y posibilidades del mecanismo, como resul-

tado del cual fue realizado un primer análisis del cumplimiento por Cuba de los requisitos necesarios para la presentación de Proyectos REDD+, el que indicó que (Mercadet y Ajete, 2009):

- El país presentó en el 2001 su Primera Comunicación Nacional a la CMNUCC e inició la preparación de la Segunda Comunicación a fines del 2008.
- Tiene puestos en vigor los indicadores nacionales para la valoración del manejo sostenible de los bosques.
- La tenencia de la tierra tiene respaldo legal a nivel nacional.
- No debe existir inconveniente alguno en formular un compromiso institucional para ejecutar actividades REDD+ (después que se valore y apruebe la incursión en este mecanismo de financiamiento).
- Solamente faltaría por preparar la definición nacional de bosque degradado, identificar su distribución en el país, así como cuáles son sus causas y quien propició la degradación.

y a partir de ello, fueron propuestas las tareas de continuidad necesarias para:

1. La formulación, presentación y acceso a proyectos REDD+.
2. Acceder al curso de capacitación que sería realizado posteriormente en Argentina, sobre el uso de imágenes y sistemas satelitales para los inventarios forestales.
3. La preparación de capacidades nacionales sobre los proyectos REDD+.

incluyendo además una proposición para solicitar la asesoría del Sr. Erich Mies, Jefe de Programa de la ONG alemana Capacitación y Desarrollo Internacional (InWEnt), para identificar cuál ONG ó donante sería el más apropiado para presentarle el tipo de proyecto que se decidiera ejecutar en Cuba, según el formato específico que se emplee, considerando que la cubierta forestal del país aumentaba anualmente de forma sistemática y por tanto, no existía ritmo de deforestación reportado, lo cual había sido internacionalmente reconocido por la FAO en sus informes sobre la Situación de los Bosques del Mundo y por tanto, Cuba participaría en proyectos orientados a la reducción de emisiones mediante la solución de la degradación de los bosques y para alcanzar su manejo sostenible.

Dos años más tarde, en julio de 2011, la misma delegación asistió a un segundo taller regional de capacitación en Quito, Ecuador, sobre las salvaguardas relacionadas con la biodiversidad en el marco del mecanismo REDD+. En este caso fue presentado en representación de Cuba, un informe relacionado con los objetivos del taller (Anexo 4).

En 2013 fue realizado un tercer taller regional de capacitación sobre REDD+ en Cali, Colombia, al que asistió una delegación de la Dirección Nacional Forestal del MINAG, en el que fueron abordadas las oportunidades que ofrecía REDD+ para los países de la región. En el caso de Cuba, el informe presentado detalló la situación del país para insertarse en el mecanismo, resumida en los siguientes aspectos (Russó y Palenzuela†, 2013):

- Aún no ha sido adoptada la decisión de establecer el compromiso de participación con la ONU.
- La Primera Comunicación Nacional fue presentada en 2001; la Segunda en 2015 y la Tercera en 2020. El Sector Forestal ha participado en la preparación de todas.
- Se cuenta con un marco legal para la salvaguarda de la biodiversidad, que incluye la Ley de Medio Ambiente, la Ley Forestal, la Estrategia Nacional Ambiental y la del MINAG, la Comisión Nacional de Biodiversidad, entre otros instrumentos.
- Desde 1990 hasta el 2006, en los años pares, ha sido sistemáticamente reportado el balance neto de emisiones de gases de efecto invernadero de los bosques cubanos, empleando metodologías aceptadas internacionalmente. El año próximo se prepararán los balances de 2008 y 2010. Las remociones netas de CO₂ (Gg) por los cambios de biomasa en los bosques cubanos, en los años pares del período 1990–2002 fueron las mostradas en la Tabla 3.7.

- Desde 1998 se comenzó a trabajar para la adecuación de esas metodologías a las condiciones propias del país y ya se presentaron el Registro de Carbono 2012, el 2013 y se inició la preparación del 2014.
- En el Registro 2013 ya están incluidas 12 Empresas Forestales que administran 1 045 099,3 ha del patrimonio, más de la cuarta parte del total nacional de 2012 (3 913 062,3 ha), con una retención media de 265,4 tC/ha y una retención total de 277 360,1 ktC.
- Todo el patrimonio forestal del país es estatal, por lo que no existen conflictos de propiedad.
- No existe deforestación reportada, lo que ha sido internacionalmente reconocido por FAO en sus informes sobre la Situación de los Bosques del Mundo y por tal razón; Cuba participaría en proyectos orientados a la reducción de emisiones mediante la disminución de la degradación de sus bosques y su manejo sostenible.
- Tanto en el 2009 como en 2011 personal del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales ha participado en talleres regionales sobre REDD+, para facilitar el inicio de la adopción de este mecanismo por el país.

A fines del propio 2013 fue realizada en Varsovia, Polonia, la 19ª COP de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático a la que asistió una delegación gubernamental cubana y como resultado de las negociaciones efectuadas y de las decisiones adoptadas, fue elaborado por la delegación un documento que alertaba al sector forestal cubano sobre las oportunidades que se abrían en el marco del mecanismo REDD+ (Anexo 5; Rey, 2014).

Tabla 3.7. Resultados del balance neto de carbono del sector forestal cubano.
Años pares del periodo 1990–2002.

Indicador	Año						
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Remoción de CO ₂	-13 731,82	-15 306,18	-15 950,59	-16 420,55	-15 666,29	-15 967,89	-16 653,66
Emisión de CO ₂	1 559,87	1 508,10	1 447,52	1 621,18	1 420,36	1 988,65	1 828,82
Remociones netas de CO ₂	-12 171,95	-13 798,08	-14 513,07	-14 799,37	-14 245,94	-13 979,24	-14 824,84

El 23 de diciembre de 2014 el Ministro de la Agricultura informó a la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Punto Focal de Cuba ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que el Ministerio de la Agricultura estaba dispuesto a asumir la coordinación nacional del Programa REDD+ del país, solicitando se acometieran las acciones pertinentes para la incorporación de la República de Cuba como Parte de tal Mecanismo y el 27 de enero de 2015 la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente comunicó al Ministro de la Agricultura que había tomado nota de la decisión y que en consecuencia, se procedería a realizar la notificación correspondiente a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Un año después, entre fines de noviembre y principios de diciembre de 2016 una delegación del MINAG asistió al taller para la construcción de capacidades del proyecto titulado Sistemas de Monitoreo Forestal Nacional para los Reportes de REDD+, organizado en la sede de la FAO, en Roma, Italia, realizado con los siguientes objetivos:

1. Presentar una panorámica general de los diferentes sistemas automatizados ya disponibles para la captación, procesamiento y análisis de las imágenes satelitales en lo que a las áreas forestales se refiere.
2. Propiciar el intercambio de las experiencias acumuladas sobre el empleo de esos sistemas por los países participantes en el proyecto.
3. Crear un espacio para la evaluación crítica por parte de los 18 países participantes sobre el desempeño del proyecto, tanto en los aspectos técnicos como organizativos.
4. Presentar una visión perspectiva sobre el futuro del proyecto.

En reunión sostenida por los coordinadores del proyecto con la delegación cubana quedó aclarado que la apertura en el INAF de un centro de cómputo técnicamente preparado para el empleo de los sistemas automatizados ya creados y para la captación, procesamiento y análisis de imágenes satelitales constituía una decisión del proyecto actualmente en ejecución y que tales equipos serían entregados al país en calidad de donación, sin compromiso alguno, pero que por no disponerse de ofertas técnicamente apropiadas en el país, su adquisición estaba siendo gestionada por FAO en el extranjero, lo cual había confrontado dificultades originadas por el bloqueo de los EUA (Álvarez, 2016).

Sin embargo, aunque la no disponibilidad de financiamiento para el desarrollo ulterior de una segunda fase del proyecto anuló la inserción de Cuba en los Reportes REDD+, considerando los intercambios y experiencias acumuladas durante el taller, a fines de 2016 el INAF preparó y entregó más tarde a la consideración de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, una primera versión del documento titulado Conceptualización y clasificación de los bosques degradados en Cuba en el contexto del mecanismo REDD+ (Álvarez, 2017).

A mediados de 2018 fue realizada en Cuba la primera acción local relacionada con el mecanismo, consistente en un taller informativo sobre el proceso de preparación para REDD+, cuyo objetivo general fue “Proveer información a representantes de instituciones nacionales sobre los requerimientos para acceder a incentivos positivos a través de la implementación de acciones de mitigación en el sector forestal (REDD+)”, organizado por la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG, con el apoyo técnico de FAO y del INAF (Santos y Soto, 2018).

En el taller fueron tratados seis temas técnicos:

- (1) Antecedentes y generalidades del proceso REDD+;
 - (2) Preparación para REDD+;
 - (3) Implementación de REDD+;
 - (4) Pago por resultados;
 - (5) Arreglos institucionales y
 - (6) Próximos pasos y línea temporal, mientras que los principales productos alcanzados fueron (Santos y Soto, 2018):
- a. los participantes profundizaron su conocimiento sobre el mecanismo REDD+ y los requerimientos para su implementación en Cuba;
 - b. se decidió, en primera instancia, iniciar el proceso nacional de preparación para REDD+.
 - c. se propuso conformar el Grupo para establecer el plan de acción climática para el sector forestal, los subgrupos que lo integrarían, el rol principal de cada uno de ellos y las instituciones participantes:
 - Instancia política: Grupo Interministerial de Cambio Climático.
 - Instancia técnica: Consejo Consultivo para el Desarrollo Forestal Sostenible (Consejo Consultivo Forestal, nombre corto).
 - Grupo de trabajo: se establecieron las instancias que lo integrarían.
 - Grupo Técnico: se establecieron las instancias que lo integrarían.

- d. se establecieron los próximos pasos para avanzar en el proceso de preparación para REDD+:
- Recopilar antecedentes. Resp. Dirección Nacional Forestal.
 - Actualizar el plan de acción climática del sector forestal. Resp. INAF.
 - Propuesta para taller para iniciar la estrategia REDD+. Resp. FAO.
 - Próximo taller: semana 24-28 septiembre 2018. Temas para la agenda:
 - Presentar y ajustar la propuesta del taller para iniciar el desarrollo de la estrategia nacional REDD+ y establecer vínculos con la formulación del proyecto CBIT.
 - Presentar y ajustar la constitución, objetivos, roles y tareas de los grupos establecidos.
 - Presentar las primeras versiones de la recopilación de los antecedentes y, del plan de acción climática del sector forestal.
 - Establecer un cronograma de actividades.
 - Tareas y ruta para el establecimiento del Sistema de Información de Salvaguardas (SIS).
- Opciones de países participantes para transferir experiencias y apoyar el proceso: En estrategia REDD+: Argentina, Ecuador o México; en Sistema de Información de Salvaguardas (SIS): Colombia o México.
- e. se movilizaron otros procesos en marcha en colaboración con la FAO; específicamente, con la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) y con el conjunto de herramientas para el monitoreo forestal (SEPAL).

En cumplimiento de la acción de la que el INAF era responsable como parte de los próximos pasos para avanzar en el proceso de preparación para REDD+, en el mes de julio de 2018 fue elaborada la actualización del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático para el periodo 2019-2025, entregada más tarde a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres para su consideración (Anexo 6).

La siguiente reunión fue realizada en noviembre de 2018, dos meses después de lo inicialmente previsto, bajo el título Taller para iniciar acciones para la participación de Cuba en REDD+, con la participación de representantes de Ecuador y Colombia, persiguiendo los siguientes objetivos:

Objetivo general: Avanzar las acciones de mitigación en el sector forestal para la participación de Cuba en el mecanismo REDD+.

Objetivos específicos:

- Ajustar objetivos, roles y tareas para los grupos de trabajo establecidos.
- Conocer experiencias y lecciones aprendidas de países de la región que están avanzados en el proceso de preparación e implementación de REDD+.
- Establecer una hoja de ruta para la formulación de la estrategia nacional o plan de acción REDD+.
- Iniciar la reflexión sobre el desarrollo del enfoque de salvaguardas de Cancún.

Por último, en junio de 2019 fue convocada una reunión del Consejo Consultivo Forestal, órgano asesor de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, para aprobar los grupos de trabajo propuestos para el mecanismo REDD+ en el taller de noviembre de 2018, así como sus funciones de trabajo.

Hasta la fecha, en Cuba no se desarrolla ningún proyecto financiado por el mecanismo REDD+ de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

3.6. ACCIONES DE MITIGACIÓN EN EL CONTEXTO DEL PROYECTO ECOVALOR.

A fines de 2018 el Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba dio inicio a un proyecto financiado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF, en inglés) y administrado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) titulado *"Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba"* (ECOVALOR), en el que una de sus metas es la remoción de 2,8 millones de toneladas de CO₂ en un periodo de 20 años (6 años de implementación y 14 de capitalización) por 17 sitios forestales de intervención, de los que cinco están localizados en empresas agroforestales (EAF) y el resto, en áreas protegidas (AP); sin embargo, como condición para realizar la evaluación *ex-ante* del proyecto, así como las evaluaciones de monitoreo periódico de sus resultados en relación al cumplimiento de esta meta, fue establecido por el GEF el empleo del sistema *Ex-Act* preparado por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en inglés), con la colaboración del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia y con el Banco Mundial (Figura 3.6.).

Este sistema, basado en la comparación de los efectos esperables sobre las remociones de CO₂ atmosférico sin y con proyecto, en los casos de cambio de uso de la tierra evalúa tres alternativas de mitigación:

- La disminución de la deforestación (no incluida en el proyecto por no existir en Cuba).
- La (re)forestación (el proyecto incluye 2 650 ha).
- Otros cambios en el uso de la tierra (no incluida en el proyecto por no estar prevista).

Mientras que para las alternativas de mitigación mediante la gestión de suelos y bosques, se apoya en los cambios que produce el proyecto sobre el nivel inicial de degradación de los bosques (el proyecto incluye 2 750 ha de bosques artificiales y 8 200 ha de bosques naturales), utilizando para ello una escala de seis niveles (Tabla 3.8.).

Tabla 3.8. Niveles de degradación y pérdidas asociadas de biomasa empleados por *Ex-Act*.

Nivel	Calificación	Pérdida de biomasa por degradación (%)	
		Por defecto	Ajustada para Cuba ¹
1	Sin degradación	0	0
2	Degradación muy baja	10	10
3	Degradación baja	20	19
4	Degradación moderada	40	29
5	Degradación grande	60	39
6	Degradación extrema	80	48

¹ Calculada a partir de los resultados obtenidos con SUMFOR. (Audeberg, comunicación personal).



Figura 3.6. Presentación del material introductorio al uso del sistema EX–ACT.

Esto implica que para poder mejorar los reportes futuros sobre los resultados de las alternativas de mitigación con los bosques, fue previsto que el proyecto ECOVALOR:

- a. Acometiera una comparación entre los métodos y resultados obtenidos por *Ex-Act* y por SUMFOR para determinar los niveles de conservación de las reservas de carbono en los bosques.
- b. Realizara una evaluación *ex-ante* de los potenciales efectos del proyecto sobre los balances de carbono, apoyándose en una estimación hipotética de los niveles iniciales y finales de degradación del bosque.
- c. Que se preparara una metodología para poder precisar los niveles reales de degradación existentes en los bosques al inicio, durante y después de la terminación del proyecto.

a. Comparación de los sistemas *Ex-Act* y SUMFOR.

En tal sentido, en noviembre de 2019 fue organizada por ECOVALOR una consultoría de 10 días con el Sr. Philip Benedikt Audebert, consultor independiente y uno de los autores del sistema *Ex-Act*, en la que entre sus objetivos incluyó la comparación entre los métodos de análisis y los resultados de la herramienta *Ex-Act* (FAO) y la herramienta SUMFOR (INAF, Cuba), con vistas al mejoramiento en las experiencias de análisis de balance de carbono (ECOVALOR, 2019).

Los resultados de la comparación entre ambas herramientas tuvieron en cuenta: 1) la descripción y análisis del alcance de cada una y, 2) las diferencias y sinergias entre las mismas, presentando a continuación las consideraciones emitidas (Hernández *et al.*, 2019):

Ex-Act: Herramienta desarrollada por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuyo objetivo es “proporcionar estimaciones *ex-ante* sobre el potencial de mitigación de los proyectos de desarrollo agropecuarios y forestales, estimando el balance de carbono neto proveniente de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y del secuestro de carbono” (Bernoux *et al.*, 2016). *Ex-Act* es un “sistema contable basado en el suelo, el cual mide las existencias de carbono en el suelo, los cambios en las existencias por unidad de tierra, las emisiones de CH₄ y N₂O expresadas en tCO₂eq por hectárea y por año” (Bernoux *et al.*, 2016). El resultado principal de la herramienta es una estimación

del balance de carbono, el cual está asociado a la adopción de prácticas de manejo sostenible de la tierra, comparada con un escenario BAU (*business as usual*, en inglés). La herramienta ha sido desarrollada empleando las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, complementadas con otras metodologías existentes.

SUMFOR: Sistema automatizado soportado en Excel que re-analiza las alternativas de mitigación del cambio climático para las empresas agroforestales ya evaluadas y formula alternativas de mitigación para nuevas empresas del sector. Mercadet y Álvarez (2009) publicaron la metodología a partir de la cual fue preparada la versión 1.0 del sistema automatizado SUMFOR (Sumideros Forestales), diseñado para el cálculo de la retención de carbono en el año base. Ambos autores abordaron más tarde la “ampliación del sistema al añadirle el cálculo de la línea base por un periodo de 10 años, la profundización en aspectos relacionados con la validación y la evaluación del Indicador 3.5 para el Manejo Forestal Sostenible –Contribución de los ecosistemas forestales a la reducción del efecto invernadero y a la estabilización de los cambios climáticos–, como parte del Criterio III–Contribución de los ecosistemas forestales a los servicios ambientales–, hasta llegar a la versión 2.13 (Álvarez, A., Alicia Mercadet y col., 2011), asumiendo que la gestión del recurso forestal reportada en el año base se mantendría constante” (Mercadet y Álvarez, 2019).

DIFERENCIAS Y SINERGIAS¹:

Aunque ambas herramientas tienen el objetivo de evaluar el impacto del carbono en el sector AFOLU, las herramientas difieren significativamente en su alcance y propósito.

Ex-Act ofrece la ventaja de un amplio alcance de análisis de gases de efecto invernadero, a través de su inclusión en un amplio espectro de actividades agrícolas, forestales y otras actividades de uso de la tierra (AFOLU), incluidos entre otros, cambios en el uso de la tierra forestal y no forestal, el manejo de tierras de cultivo de arroz inundadas anuales, perennes, praderas, ganado, degradación, humedales costeros, el uso de insumos e inversiones en infraestructura, el manejo

1. Esta sección expone los criterios aportados por el consultor Philip Audebert a partir de su experiencia con la herramienta EXACT y la información aportada sobre el SUMFOR por parte de los expertos del INAF en dicha herramienta.

de pesca y acuicultura. Además, considera cinco reservas de carbono diferentes (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono del suelo). La herramienta considera los tres principales gases producidos por el sector AFOLU, a saber: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4).

Ex-Act fue diseñado específicamente para una amplia aplicación en todos los continentes, climas y suelos posibles y para diferentes horizontes temporales del proyecto. La herramienta utiliza un enfoque de Nivel 1-Nivel 2, es decir, proporciona valores predeterminados del IPCC para los factores de emisión y se puede refinar con datos nacionales o subnacionales, dada su disponibilidad. Aunque *Ex-Act* no ofrece directamente un análisis económico, gran parte de sus resultados y consideraciones pueden usarse para un análisis económico y financiero. En particular, la producción principal de *Ex-Act*, el balance de carbono en $\text{tCO}_2\text{-e}$, puede multiplicarse con un precio de mercado o el costo social de una tonelada de $\text{CO}_2\text{-e}$ para proporcionar una estimación del beneficio ambiental generado a través de un proyecto.

Otras consideraciones son el uso del incremento o de la retención de carbono del suelo como un indicador de mayor fertilidad en los suelos, reemplazando el uso de fertilizantes y aumentando la productividad y, en última instancia, también mejorando la calidad del agua. El incremento o la retención de carbono en la biomasa se puede usar para calcular el valor comercial de los bosques (Audebert *et al.* 2019).

SUMFOR fue inicialmente diseñado como un inventario forestal para Cuba. Esto explica por qué solo considera las actividades forestales, incluidas la forestación/reforestación. Fue desarrollado específicamente para el contexto cubano y tiene factores de almacenamiento de carbono muy específicos para los diferentes municipios y regiones de Cuba. SUMFOR también desagrega los tipos de bosque en las especies que crecen en Cuba. Esto permite que la evaluación sea muy precisa. Además, invirtió la lógica de Nivel 1 - Nivel 2 utilizada por la herramienta *Ex-Act*. En línea con la recomendación del IPCC de utilizar factores de emisión y de retención de carbono específicos donde haya datos disponibles, SUMFOR primero solicita al usuario que proporcione información específica sobre las especies forestales, el área donde se plantan las especies forestales, su rendimiento y su retención de carbono. Solo cuando

estos datos o información no estén disponibles a nivel local, la herramienta utilizará promedios nacionales como datos predeterminados. En su cuarta versión, SUMFOR también ofrece un análisis de balance de carbono y un análisis económico. El balance de carbono permite una comparación de las alternativas de mitigación de las actividades forestales. El análisis económico aproximado vincula el balance de carbono con un precio pagado por tCO_2 mitigada. SUMFOR proporcionará la base para un esquema de pago por servicios ambientales a gran escala en proceso de adopción por el gobierno cubano desde 2019.

De hecho, ambas herramientas brindan a los usuarios ventajas distintas. Por las razones explicadas anteriormente, no se puede concluir que una herramienta puede preferirse sobre la otra. Las herramientas son más bien muy complementarias. SUMFOR puede alimentar a *Ex-Act* con sus valores de Nivel 2 en la parte de manejo de los bosques. *Ex-Act* puede calcular el impacto del balance de carbono por el manejo de los bosques, de conjunto con otras actividades en el sector AFOLU.

Una recomendación para el futuro sería reportar siempre los valores de los balances de carbono de ambos sistemas para identificar un rango de variabilidad en los resultados.

Una consideración importante en los análisis de balance de carbono es la incertidumbre de la estimación, ya que son muy comunes incertidumbres grandes en las estimaciones del balance de carbono. *Ex-Act* ya tiene una apreciación de la incertidumbre del análisis. Esta incertidumbre se debe, en el caso de los valores por defecto o de nivel uno, a factores de emisiones regionales. En el caso de la utilización de valores de Nivel 2, la incertidumbre del análisis baja de manera significativa, ya que representan más la realidad en un país y/o sitio específico. Una recomendación para SUMFOR sería establecer una metodología de la estimación de la incertidumbre (aunque se puede esperar que la incertidumbre sea relativamente baja para el análisis de balance de carbono con SUMFOR, debido al uso de valores de Nivel 2, es importante informar al usuario sobre la variabilidad en la evaluación).

En la estimación del balance de carbono que realizó el consultor, la herramienta *Ex-Act* se utilizó con la ayuda de valores específicos de Nivel 2 proporcionados por SUMFOR e informes forestales preparados con sus resultados.

b. Evaluación *ex-ante* de los resultados esperables de ECOVALOR.

El empleo más inmediato del sistema *Ex-Act* consiste en la evaluación *ex-ante* de los resultados esperables de los proyectos de mitigación que son propuestos, a fin que los financistas puedan contar con un primer nivel de información para la toma de decisiones sobre una posible aprobación de los proyectos.

ECOVALOR ha dado cumplimiento a este requisito en tres momentos y formas diferentes, apoyándose siempre en el conocimiento empírico acumulado por el personal de cada sitio de intervención sobre las condiciones existentes en sus respectivos sitios de trabajo:

- El primero en 2014, cuando fue presentada la versión inicial del proyecto, que fue acompañada por dos análisis muy preliminares utilizando la versión 7.1.5. de *Ex-Act*, considerando como áreas únicas las dedicadas a la reforestación por una parte y las de manejo de bosques artificiales y naturales por otra, empleando siempre factores de emisión por defecto (República de Cuba, 2014).
- El segundo en 2019, con posterioridad al taller de capacitación sobre *Ex-Act*, cuando fue realizado un análisis independiente para cada sitio de intervención utilizando la versión 8.5.4. del sistema, empleando mayoritariamente factores de emisión propios del país (Álvarez, 2019).
- El tercero en 2020, similar al anterior pero empleando la versión 8.5.4c-1 de *Ex-Act*. (Álvarez, 2020).

Como era de esperar, los resultados alcanzados en cada caso fueron diferentes, con un nivel creciente de precisión y disminución de la incertidumbre propia de estas evaluaciones, presentándose los correspondientes a la tercera evaluación en las Tablas 3.9. y 3.10., así como la línea base de carbono *ex-ante* derivada de esos resultados (Figura 3.7.).

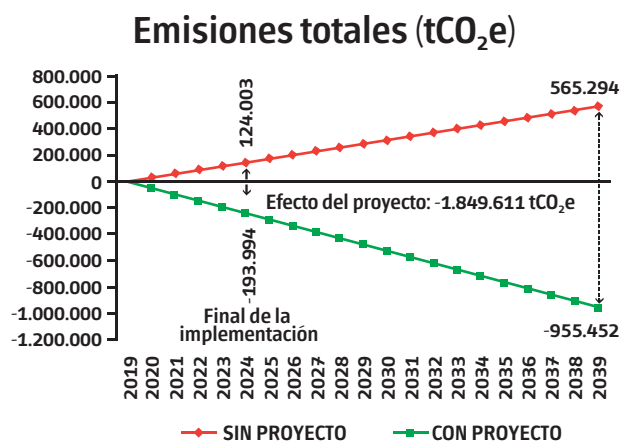


Figura 3.7. Línea base de carbono *ex-ante* del proyecto ECOVALOR (3ª evaluación).

Tabla 3.9. Resultados de la tercera evaluación ex ante de los sitios de intervención.

Sitio de Intervención	Degradación			Resultados Generales (tCO ₂ e)			Incertidumbre (%)
	Inicial	Final		Sin proyecto	Con proyecto	Balance	
		Sin proyecto	Con proyecto				
EAF Guanahacabibes				12 206	-115 151	-138 874	21,16
Reforestación				-3 150	-89 825	-86 675	22,31
Manejo bosques artificiales	4	5	3	11 517	-11 505	-23 022	21,16
Manejo bosques naturales	3	4	2	15 356	-13 820	-29 176	20,00
EAF Macurije				39 840	-130 292	-170 132	20,77
Reforestación				-3 150	-89 825	-86 675	22,31
Manejo bosques artificiales	4	5	3	17 950	-17 932	-35 882	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	25 039	-22 535	-47 575	20,00
EAF La Palma				39 840	-130 292	-170 132	20,77
Reforestación				-3 150	-89 825	-86 675	22,31
Manejo bosques artificiales	4	5	3	17 950	-17 932	-35 882	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	25 039	-22 535	-47 575	20,00
EAF Matanzas				47 271	-78 010	-125 280	20,76
Reforestación				-945	-27 494	-26 549	22,27
Manejo bosques artificiales	5	6	4	27 775	-27 804	-55 580	20,00
Manejo bosques naturales	5	6	4	20 440	-22 712	-43 152	20,00
EAF Las Tunas				8 104	-114 086	-122 191	20,38
Reforestación				-1 485	-89 841	-88 356	21,13
Manejo bosques artificiales	5	6	4	9 589	-9 599	-19 189	20,00
Manejo bosques naturales	6	6	5	0	-14 646	-14 646	20,00
APRM C. Zapata				30 066	-80 994	-111 060	21,13
Reforestación				-3 150	-91 646	-88 496	22,27
Manejo bosques naturales	5	6	4	33 216	10 652	-22 564	20,00
APRM Mil Cumbres				46 763	-134 747	-181 511	21,16
Reforestación				-3 150	-89 825	-86 675	22,31
Manejo bosques naturales	3	4	2	49 913	-44 922	-94 835	20,00
AP Bahía N. Grandes-La Isleta				10 898	-9 808	-20 707	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	10 898	-9 808	-20 707	20,00
AP Caletones				14 719	-13 247	-27 967	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	14 719	-13 247	-27 967	20,00
AP Cayo Sta. María				44 993	-22 496	-67 489	29,21
Manejo bosques naturales	3	4	2	44 993	-22 496	-67 489	29,21
AP Guanahacabibes				47 991	-23 995	-71 986	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	47 991	-23 995	-71 986	20,00
AP Lanzanillo-Pajonal-Fragoso				31 272	-15 636	-46 908	38,42
Manejo bosques naturales	3	4	2	31 272	-15 636	-46 908	38,42
AP Las Picuas-Cayos del Cristo				31 272	-15 636	-46 908	38,42
Manejo bosques naturales	3	4	2	31 272	-15 636	-46 908	38,42
AP Los Pretiles				39 235	-19 617	-58 852	28,44
Manejo bosques naturales	3	4	2	39 235	-19 617	-58 852	28,44
AP Río Canimar				40 344	-20 172	-60 517	29,05
Manejo bosques naturales	3	4	2	40 344	-20 172	-60 517	29,05

AP Varahicacos				7 292	-3 646	-10 937	29,05
Manejo bosques naturales	3	4	2	7 292	-3 646	-10 937	29,05
AP Viñales				47 991	-23 995	-71 986	20,00
Manejo bosques naturales	3	4	2	47 991	-23 995	-71 986	20,00

Tabla 3.10. Resultados generales de la tercera evaluación *ex ante*.

Nº	PROYECTO ECOVALOR	Resultados Generales (tCO ₂ e)			Incertidumbre Promedio (%)
		Sin proyecto	Con proyecto	Balance	
1	Reforestación	-18 180	-568 282	-550 102	22,13
2	Manejo bosques artificiales	84 782	-84 772	-169 555	20,23
3	Manejo bosques naturales	485 011	-298 770	-783 781	24,27
TOTAL		551.614	-951 824	-1 503 437	22,21

c. **Metodología para determinar el nivel de degradación de los bosques al inicio, durante y después de la terminación de ECOVALOR.**

En adición a la evaluación *ex-ante* ya realizada por el proyecto como etapa preliminar al inicio de su ejecución, basada en el conocimiento empírico de quienes participarán en cada sitio de intervención, el comienzo de las actividades lo componen: (1) el establecimiento de un pequeño grupo de parcelas permanentes de muestreo en cada área de trabajo para establecer el tamaño de muestra que le corresponde y, (2) el establecimiento de la totalidad de las parcelas requeridas por cada área de trabajo.

En ambos grupos de parcelas será acometida la medición de variables dasométricas y realizadas evaluaciones, para lo cual fue preciso elaborar previamente un documento metodológico en el que fuera definido el concepto de Degradación del bosque que sería utilizado y, la manera en que se determinaría el nivel de degradación existente.

Luego de varias acciones de intercambio y discusión, se llegó al consenso de definir como bosque degradado el área establecida de bosque natural o artificial, donde causas de origen natural, antrópica o resultantes de su interacción, limitan o impiden el cumplimiento cualitativo y/o cuantitativo de las funciones que le corresponden al bosque, ya sea la asociada a su función principal (determinada por su categoría), como las asociadas a sus funciones complementarias (determinadas por otras funciones diferentes a la principal).

Para establecer el nivel de degradación existente serán evaluados dos tipos de criterios diferentes:

- Los generales, aplicables a cualquier categoría de bosque, natural o artificial.
- Los específicos, aplicables a los bosques según su categoría.

Presentando la Tabla 3.11. un resumen general del conjunto de criterios utilizados y el Anexo 7 una descripción detallada de la metodología y un ejemplo de su uso.

Tabla 3.11. Conjunto de criterios usados para determinar la degradación.

Tipo	Criterio	Categoría de bosque (natural o artificial)					
		Productor	Protector		Conservación		
			Agua y/o Suelo	Litoral	Manejo especial	Flora y fauna	Recreativo
Generales	1. Afectación fitosanitaria	X	X	X	X	X	X
	2. Afectación mecánica	X	X	X	X	X	X
	3. Presencia especies espinosas	X	X	X	X	X	X
	4. Erosión del suelo	X	X	X	X	X	X
	5. Afectación por incendio	X	X	X	X	X	X
Específicos	6. Densidad <0,3 ó >0,7	X					
	7. Árboles de importancia económica*	X					
	8. Densidad >0,6 ó >0,8		X	X			
	9. Presencia especies exóticas		X	X	X	X	
	10. Talas de aprovechamiento				X	X	X
	11. Especies dañinas al hombre						X

En el campo los datos son recopilados empleando un modelo (Anexo 7) que como mínimo cuenta con dos hojas por parcela de muestreo; los datos de la parcela son posteriormente transferidos a un libro de Excel (Figura 3.8.), preparado para contener un máximo de 20 parcelas y adecuadamente programado para determinar automáticamente el nivel de degradación de cada parcela, empleando para ello la misma escala de valores utilizada por *Ex-Act* a fin de luego poderla utilizar directamente en aquel sistema.

IV. EL PAGO DEL SERVICIO AMBIENTAL (PSA) POR REMOCIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO POR LOS BOSQUES

Autores principales:

Dr. C. Arnaldo Álvarez¹

Dr. C. Alicia Mercadet¹

Autores contribuyentes:

Ing. Yaneli Peña¹

Colaboradores:

Ing. Migdalia Pi²

Ing. Ubaldo Ortiz²

79

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PSA DE LOS BOSQUES

Hasta la fecha el pago de los servicios ambientales prestados por los bosques, incluida la remoción de carbono atmosférico, no ha sido implementado en Cuba, aun cuando de diferentes maneras se ha hecho manifiesta la intención de comenzar a hacerlo en un momento próximo. Varios son los aspectos que inciden en que el PSA no haya comenzado a implementarse, entre los que pueden citarse, de manera general:

- Su nominación, definición y reconocimiento no está incluida en ninguno de los instrumentos regulatorios vigentes: Ley de Medio Ambiente, Ley Forestal, Ley de Aguas, etc.
- En consecuencia, no están establecidos mecanismos para la medición, certificación, reporte, verificación y pago de los servicios ambientales, actividad que no está considerada entre los aspectos a cubrir por las diferentes fuentes nacionales de financiamiento que atienden acciones realizadas sobre el medio ambiente.
- Aun cuando hay cierto grado de conciencia sobre su importancia para diferentes dimensiones y pese a que para algunos existen métodos que permiten su cuantificación en unidades físicas tangibles, se hace referencia a ellos en términos cualitativos que generan una imagen de intangibilidad (calidad del agua, regulación del clima o de la fertilidad del suelo, conservación de la belleza escénica, satisfacción espiritual, etc.).

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

²EAF Matanzas.

- Aunque hay argumentos que permiten identificar quiénes los producen, no está establecido quiénes los deben pagar, cuál fuente financiera utilizar, cuál sería su precio, ni qué se puede hacer con los beneficios económicos que generen.
- Algunos sectores que utilizan o se benefician con estos servicios, no están convencidos que sea procedente pagarlos.

La situación de los diferentes servicios ambientales prestados por los bosques en relación con las causas de su falta de pago varía. Así, por ejemplo, la remoción de carbono atmosférico dispone de una metodología de evaluación técnicamente aprobada y validada en condiciones reales, lo que ha permitido proponer un mecanismo para la medición, certificación, reporte y verificación, así como una fundamentación para los precios de la tonelada de CO₂ removida; sin embargo, otros servicios se encuentran en una situación mucho menos avanzada.

Por estos motivos, el resto del presente capítulo será dedicado exclusivamente a lo relacionado con el carbono forestal.

4.2. ¿QUÉ CARBONO PAGAR?

Como fue explicado en capítulos anteriores, la remoción de carbono atmosférico puede ser la resultante de dos acciones diferentes: una relacionada con la implementación del proyecto de ordenación o plan de manejo mediante una inversión silvícola, donde el carbono constituye un cobeneficio del objetivo directo de la intervención del bosque y otra, relacionada con la implementación de una acción de mitigación mediante una inversión ambiental, donde el carbono constituye el objetivo directo del manejo del bosque y el aumento de madera derivado de ella resulta un co-beneficio (solo para facilitar la diferenciación, en lo adelante la primera acción se denominará carbono removido y la segunda, carbono mitigado).

Los mecanismos internacionales creados por la Convención de Cambio Climático tales como el MDL, REDD+ y FVC, así como diversos mecanismos de carácter nacional tales como el Esquema de Comercio de Emisiones de Nueva Zelanda (NZ ETS, en inglés), el Esquema de Reducción de GEI de Nueva Gales del Sur (NSW GGAS, en inglés), el Intercambio Climático de Chicago (CCX, en inglés) o el Mercado Voluntario Extrabursátil (OTC), privilegian el pago del carbono mitigado (Díaz,

Hamilton and Johnson, 2011); sin embargo, las experiencias nacionales acumuladas durante la preparación de los Reportes de Carbono 2013, 2017 y 2019 demostraron que el mero hecho de manejar patrimonio forestal no origina *per se* el aumento anual de la remoción de carbono atmosférico, pues en ocasiones los niveles alcanzados en una evaluación fueron inferiores a los alcanzados en la anterior debido a diferentes causas y ello genera un balance positivo, aunque no siempre ello signifique la emisión de GEI a la atmósfera.

Esos resultados, a los que se añade la inexistente cultura nacional para evaluar y emprender acciones de mitigación, constituyen los argumentos por los cuales se ha propuesto acometer una primera etapa de PSA por carbono removido, orientada a incentivar el sostenido aumento de la remoción o a la penalización de sus disminuciones siempre que estas sean responsabilidad de quien administra el patrimonio, para desarrollar en un momento posterior como complemento de ese mecanismo y en adición a él, el pago por carbono mitigado.

Por otra parte, cuando se vaya a pagar el carbono forestal, ya sea el removido o el mitigado, habrá además que considerar qué componentes del patrimonio y cuáles depósitos de carbono serán tomados en consideración, porque como ya ha sido explicado, en el patrimonio forestal existen cinco componentes y cinco depósitos diferenciables:

- entre los componentes, el área inforestal, el área por reforestar, los bosques artificiales en desarrollo, los bosques artificiales establecidos y los bosques naturales.
- entre los depósitos, la biomasa del fuste (que es a la que hace referencia el volumen en pie), la biomasa aérea (*i.e.* fuste+copa); la totalidad de la biomasa (*i.e.* biomasa aérea+biomasa soterrada); la necromasa (*i.e.* árboles muertos, residuos no aprovechados, hojarasca, etc.) y el suelo.

La tendencia internacional sobre este asunto ha estado orientada a considerar el área cubierta de bosque (artificial y natural) e incluir cada vez mayor cantidad de depósitos al realizar los cálculos de carbono.

Así, por ejemplo, las Guías 1996 para los Inventarios Nacionales de Emisiones (IPCC, 1997) solo consideraban en el módulo Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Bosques (LULUCF, en inglés) las remociones de carbono producidas en el bosque por el incremento de la biomasa aérea, mientras que las Guías 2006 (IPCC, 2006) consideraron en el módulo Agricultura, Bosques y Uso de la Tierra (AFOLU, en inglés) toda la biomasa forestal, tanto aérea como soterrada y en adición a ello, en ambas Guías el cálculo de los cambios en el contenido de carbono de los suelos estaba incluido.

En Cuba el tema de los componentes y depósitos no ha sido abordado a profundidad para la adopción de decisiones y como es propio de toda actividad que comienza, en el estudio de caso realizado se prefirió ser más bien conservadores, que excesivamente abarcadores en cuanto a los resultados.

4.3. UN ESTUDIO DE CASO: LA EMPRESA AGROFORESTAL MATANZAS

Los avances alcanzados por el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) sobre la evaluación de la remoción de carbono atmosférico por los bosques fueron presentados a fines del primer semestre de 2018 a la consideración del Grupo de Trabajo del MINAG para la Atención a la Tarea Vida, con representantes de la Dirección de Ciencia, Innovación y Medio Ambiente y de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, ambos del MINAG; de los ministerios de Planificación y Economía, de Finanzas y Precios y, de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, así como del Grupo Empresarial Agroforestal.

El Grupo de Trabajo consideró que en principio estaban satisfechas todas las condiciones técnicas necesarias para acometer en el contexto de la Iniciativa para el Financiamiento de la Biodiversidad (BIOFIN-1, 2019), el desarrollo de un estudio de caso que demostrara en condiciones reales conocidas la factibilidad de establecer un mecanismo de medición, certificación y pago de la remoción de carbono por los bosques, seleccionando para ello a la Empresa Agroforestal Matanzas, a la par que fueron establecidas las siguientes condiciones:

1. Serían realizadas dos evaluaciones: una general de la Empresa y otra para cada una de las Unidades Empresariales de Base (UEB) que componían la Empresa, a fin de comparar los resultados.
2. La remoción de carbono sería realizada usando el método de *Diferencia de Existencias*, empleando para ello el sistema SUMFOR y los datos de la Empresa correspondientes al término de 2016 y de 2017.
3. Las evaluaciones solo considerarían como depósito de carbono la biomasa aérea, diferenciando los resultados entre las remociones de carbono correspondientes a los bosques productores por una parte y las de los bosques protectores o de conservación por otra.
4. Hipotéticamente se asumiría el pago de \$1,00/tCO₂ removido por los bosques productores y de \$2,00/tCO₂ removido por los bosques protectores o de conservación.
5. El pago solo sería procedente cuando, además de acreditar la remoción de CO₂, la unidad evaluada alcanzara una evaluación de 3 o mayor para el Indicador 3.5 de Manejo Forestal Sostenible, directamente relacionado con las remociones y emisiones de GEI por los bosques.
6. Habría que estimar a cuánto ascendería el pago a la Empresa por la remoción de carbono y al INAF por el servicio de certificación (a partir de la tarifa que la institución propusiera para ello).
7. Habría que estimar los montos totales de financiamiento que serían requeridos para el PSA por remoción de CO₂ atmosférico por los bosques, a nivel nacional.

Tomando en consideración la demanda de datos propia del sistema SUMFOR para una versión modificada en función de las condiciones de cálculo establecidas para desarrollar las evaluaciones, la EAF Matanzas suministró la información correspondiente a los años 2016 y 2017, los que luego de su procesamiento generaron los resultados presentados en la Tabla 4.1. (BIOFIN-1, 2020).

Tabla 4.1. Resumen de los resultados de la prueba piloto en la EAF Matanzas.

Entidad	Superficie de Bosques 2017 (ha)	IMSV 3.5		Balance 2016/2017 (Mt CO ₂)	Participación de los bosques por categoría					Bonificación Total (\$)	\$/tCO ₂	\$/ha bosque
		2016	2017		B. Productores		B. (Protect. + Conserv.)					
					Proporción (%)	Bonificación (\$)	Proporción (%)	Bonificación (\$)				
EAF Matanzas	34.346,0	4	4	-1.147,9	49,00	562.431,18	51,00	1.170.958,04	1.733.389,22	1,51	50,47	
UEB Colón	991,7	4	4	-14,9	100,0	14.907,23	0,00	0,00	14.907,23	1,00	15,03	
UEB Jovellanos	3314,5	4	3	-87,7	97,82	87.772,38	2,18	3.918,67	91.691,05	1,02	27,66	
UEB Los Arabos	7.079,9	2	0	-417,3	99,91		0,09					
UEB Martí	13.266,7	4	4	-464,3	9,76	45.335,91	90,24	838.019,59	883.355,51	1,90	66,58	
UEB Matanzas	9.685,3	4	4	-199,0	53,51	106.499,39	46,49	185.072,66	291.572,05	1,47	30,10	
EAF Matanzas	34.346,0	3,6	3,0	-1.185,2	49,00	254.514,91	51,00	1.027.010,92	1.281.525,83	1,08	37,31	

Los resultados alcanzados demostraron que, con independencia de las unidades evaluadas, tanto la empresa como sus UEB fueron sumideros de carbono. Sin embargo, los resultados del Indicador 3.5 fueron desfavorables para la UEB Los Arabos, indicando que el análisis a esta escala fue capaz de detectar situaciones que a nivel de empresa quedaron encubiertas.

La empresa recibiría 35,26% más financiamiento cuando el análisis fuese realizado a nivel de empresa que cuando fuese hecho por UEB; incluso, si el incentivo no estuviese condicionado al resultado del Indicador 3.5, la UEB Los Arabos hubiera recibido \$417 624,08 por remoción de CO₂ y ello aumentaría el total de la empresa hasta \$1 699.149,91, pero aun así la cantidad total de financiamiento seguiría siendo \$34 239,31 inferior a la obtenida mediante el análisis empresarial.

Para estimar a cuánto ascendería el pago al INAF por el servicio de certificación, fueron realizadas las siguientes consideraciones:

1. La primera certificación de todo tenente solo permite determinar el valor de referencia del carbono retenido por la biomasa forestal y por tanto, nunca origina el PSA.
2. A partir de la segunda certificación se establece una comparación entre los resultados de la última con respecto a la anterior; si se comprueba una remoción de CO₂ atmosférico y se cumple con el Indicador 3.5, se procede al PSA.
3. Sin embargo, si en la última certificación los resultados no demuestran que haya ocurrido una remoción de CO₂ o no se cumple con el Indicador 3.5, el solicitante tampoco recibirá el PSA.

En consecuencia, el precio de la certificación debe buscar un valor que evite ser en extremo reducido en detrimento de quien lo cobra y a la par, tampoco puede conspirar contra el objetivo esencial del PSA, que es generar un incentivo para el tenente; además, debe tomar en cuenta que los verdaderos beneficios para el certificador provendrán más de la cantidad de tenentes que soliciten el servicio, que del valor adjudicable a cada servicio en particular.

Tomando en cuenta todos esos elementos, el sistema de pago propuesto ha sido la siguiente:

1. Una vez procesados los datos del solicitante y preparado el certificado, el certificador comunicará verbalmente al solicitante el precio del servicio para que proceda a pagarlo; solo después que el pago sea realizado, el certificado será entregado al solicitante y a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG.
2. Cuando por cualquier razón la certificación no dé lugar al PSA (sea la primera o cualquier certificación posterior), el certificador cobrará un precio fijo de \$3 000 por cada servicio, el que será pagado por el solicitante.
3. En caso que proceda el PSA por un valor inferior a \$100 000, el solicitante pagará \$3 000 al certificador.
4. Cuando la certificación dé lugar al PSA por un valor igual o superior a \$100 000, el precio de la certificación será equivalente al 3% del monto total a cobrar por el solicitante, que pagará el importe al certificador.

Entonces, tomando en cuenta lo propuesto, los resultados económicos de la certificación realizada para el estudio de caso son mostrados en la Tabla 4.2., que demuestra que cuando la certificación es realizada para toda la empresa, esta recibiría 96,83% del incentivo total, mientras que cuando se lleve a cabo por UEB, le correspondería 94,21% del total, garantizándose en ambos casos que la mayor parte del incentivo fuese para el tenente.

Para estimar los niveles de financiamiento totales que serían requeridos para pagar un incentivo por el CO₂ atmosférico removido por los bosques se tuvo en cuenta que la diferencia máxima del pago por tonelada de CO₂ removida mediante la evaluación de la Empresa o mediante la de sus UEB es de 0,39 centavos; sin embargo, el pago del CO₂ por hectárea cubierta de bosques variaría entre \$50,47/ha y \$15,03/ha, lo que equivale a una diferencia de \$35,44/ha entre ambos métodos de evaluación.

Tabla 4.2. Resumen de los pagos por la certificación de carbono.

Entidad	Año Base de la Certificación	Incentivo Total (\$)	Para el Tenente (\$)	Para el Certificador (\$)
EAF Matanzas	2016	0,00	0,00	3 000,00
	2017	1 733 389,22	1 681 387,54	52 001,68
UEB Colón	2016	0,00	0,00	3 000,00
	2017	14 907,23	11 907,23	3 000,00
UEB Jovellanos	2016	0,00	0,00	3 000,00
	2017	91 691,05	88 691,32	3 000,00
UEB Los Arabos	2016	0,00	0,00	3.000,00
	2017	0,00	0,00	3.000,00
UEB Martí	2016	0,00	0,00	3.000,00
	2017	883 355,51	856 854,84	26.500,67
UEB Matanzas	2016	0,00	0,00	3.000,00
	2017	291 572,05	282 884,90	8.747,15
EAF Matanzas	2016	0,00	0,00	15.000,00
	2017	1 281 525,83	1 229 621,29	59.247,82

Considerando esos últimos valores como los límites probables a escala nacional (a partir solo de los resultados del estudio de caso realizado) y tomando en cuenta que al término de 2017 el área nacional cubierta de bosques era 3 242 265,77 ha¹, ello significaría que en un ciclo completo de pago del incentivo de carbono, asumiendo que 20,61% de la superficie cubierta no alcance resultados positivos (la correspondiente a la UEB Los Arabos), el total de financiamiento requerido estaría entre 129,9 y 38,7 millones de pesos, según sea el método de evaluación utilizado (por empresas o por UEBs, respectivamente).

- la DFFFS, que organiza el pago según proceda;
- la fuente financiera que realiza el pago, considerándose para ello el empleo del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal–FONADEF;
- los órganos estatales encargados de verificar y/o auditar el funcionamiento de todo el sistema, que incluyen al Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y a la Contraloría General de la República (CG), entre otros, lo que esquemáticamente ha sido representado en la Figura 4.1.

4.4. SISTEMA PROPUESTO PARA EL PSA POR REMOCIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO POR LOS BOSQUES

En el proceso que tiene como fin el PSA por remoción de CO₂ atmosférico intervienen diferentes actores:

- el tenente, que gestiona el patrimonio;
- el Servicio Estatal Forestal (SEF), facultado para vetar la certificación solicitada por el tenente;
- el INAF, que como entidad certificadora perfecciona de manera continua la metodología, procesa los datos del tenente, emite y entrega los certificados al tenente y a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres (DFFFS), prepara periódicamente los reportes de carbono forestal y archiva y custodia toda la información;

1. Dinámica Forestal 2018; Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, MINAG.

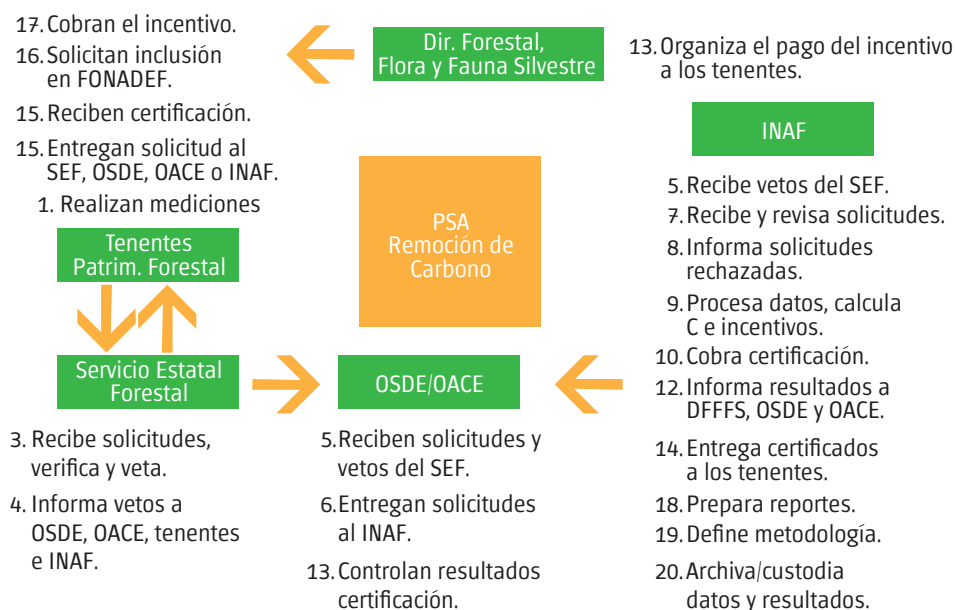


Figura 4.1. Esquema general del sistema propuesto para el PSA por remoción de carbono.
(Los números indican el orden en que ocurren las actividades)

4.5. EL PAPEL DEL INDICADOR 3.5. DE MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE (IMFS 3.5.). PROPOSICIÓN PARA SU MODIFICACIÓN

Los criterios e indicadores para evaluar el grado en que los bosques cubanos son manejados de manera sostenible fueron presentados por Herre-ro (2005) como uno de los resultados alcanzados con la realización del proyecto Fortalecimiento institucional del Sector Forestal en Cuba, imple-mentado con fondos de la Agencia Canadiense de Desarrollo Institucional (ACDI).

Para ello fueron establecidos cinco criterios que comprendieron: I-La cobertura forestal, II-La sanidad y vitalidad de los ecosistemas forestales, III-La contribución de los ecosistemas forestales a los servicios ambientales, IV-Las funciones pro-ductivas de los ecosistemas forestales y V-Múlti-ples beneficios socioeconómicos para cubrir las necesidades de la sociedad. Su mantenimiento y mejoramiento.

Dentro del Criterio III fue incluido el Indicador 3.5. Contribución de los ecosistemas forestales a la reducción del efecto invernadero y a la estabiliza-ción del cambio climático, que basa su determi-nación en la relación entre dos componentes: por una parte la capacidad sumidero del patrimonio administrado y por otra, la importancia de sus emisiones de gases de efecto invernadero.

A la luz de los resultados alcanzados en el estu-dio de caso de la EAF Matanzas fue acometido un análisis sobre este Indicador, el que indicó que:

- el índice de boscosidad utilizado relaciona el área cubierta con respecto a la totalidad del área del patrimonio, que incluye además áreas en desarrollo, por reforestar e inforesta-les; sin embargo, las áreas inforestales nunca tendrán bosques, por lo que considerarlas distorciona la evaluación del manejo sosteni-ble del bosque.
- el área afectada por incendios relaciona esa área con todo el patrimonio, dando entonces igual importancia a las afectaciones del área cubierta y a las del resto de las áreas del pa-trimonio, incluyendo las inforestales; además, no considera el grado de afectación causado por el incendio, de lo que depende la cantidad de emisiones de GEI producida, todo lo cual limita la precisión del indicador

A los elementos anteriores se añadió que el Indi-cador fue preparado hace 15 años atrás y durante el periodo transcurrido desde su puesta en vigor hasta la fecha:

- la información disponible aumentó conside-rablemente en cantidad y calidad, permitien-do incluso diferenciar el comportamiento de bosques naturales y artificiales;
- inicialmente la determinación del Indicador fue simplificada al máximo;

- ahora es posible automatizar completamente su determinación.

Por todas estas razones se consideró oportuno proponer un reajuste del IMFS 3.5, para que aumente su calidad, su utilidad y lo haga coherente con las condiciones que se establezcan para realizar las evaluaciones conducentes al pago del servicio ambiental, por lo que en consecuencia fueron planteando los siguientes cambios:

86

En la capacidad sumidero del área evaluada.

- **Índice de boscosidad.**
Sustituirlo por la relación entre el área cubierta (según tipo de bosque: natural o artificial) y el área forestal del patrimonio administrado (área cubierta+área en desarrollo+área por reforestar).
- **Carbono retenido.**
 - Tomar en consideración como componente solo el área cubierta y como depósito solo la biomasa (aérea + soterrada), diferenciando estos elementos por tipo de bosque (natural o artificial).
 - Modificar el rango de valores actualmente en uso, que varía desde menos de 115 tC/ha hasta más de 285 tC/ha, por el correspondiente en cada tipo de bosque (natural o artificial).
 - Para determinar el nuevo rango de valores a emplear por tipo de bosque, emplear los resultados presentados en el Reporte de C 2017.

En la importancia de las emisiones.

- **Área afectada por incendios.**
 - Sustituir el valor utilizado por el correspondiente a las afectaciones específicas reportadas para los bosques naturales y artificiales.
 - Añadir una valoración del grado de afectación causado por el incendio al bosque.
 - Considerar que, mientras los daños de los incendios en los bosques artificiales son en su mayoría recuperables, los producidos en los bosques naturales generalmente no lo son.

Partiendo de los elementos anteriores, la evaluación general del Indicador 3.5. se propone que sea realizada diferenciando primero los bosques artificiales y naturales, de forma tal que la evaluación general resulte de un compromiso entre los resultados de ambos componentes del área cubierta y sea efectuada empleando los elementos mostrados en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Elementos evaluativos a utilizar para determinar el IMFS 3.5.

Bosques artificiales establecidos

Capacidad sumidero:

Capacidad sumidero:

Uso del área Forestal (%)	Retención de carbono (t/ha)				
	>80,0	61,0 a 80,0	43,0 a 60,9	24,0 a 42,9	<24,0
>46	4	4	3	3	2
36-45	4	3	3	2	2
21-35	3	3	2	2	1
10-20	3	2	2	1	1
<10	2	2	1	1	0

Capacidad sumidero:

Uso del área Forestal (%)	Retención de carbono (t/ha)				
	>80,0	61,0 a 80,0	43,0 a 60,9	24,0 a 42,9	<24,0
>85	4	4	3	3	2
76-85	4	3	3	2	2
66-75	3	3	2	2	1
50-65	3	2	2	1	1
<50	2	2	1	1	0

Importancia de las emisiones:

Superf. Afect. (%)	GRADO DE AFECTACIÓN DEL BOSQUE				
	Leve	Regular	Grave	Muy grave	Total
< 2,0	4	3	2	1	0
2,0-2,5	3	2	2	1	0
2,6-3,0	2	2	1	1	0
3,1-3,5	1	1	1	0	0
>3,5	0	0	0	0	0

Importancia de las emisiones:

Superf. Afect. (%)	GRADO DE AFECTACIÓN DEL BOSQUE				
	Leve	Regular	Grave	Muy grave	Total
<2,0	3	3	2	1	0
2,0-2,5	3	2	2	1	0
2,6-3,0	2	2	1	1	0
3,1-3,5	1	1	1	0	0
>3,5	0	0	0	0	0

Contribución al IMFS 3.5.

Magnitud de las Retenciones	Magnitud de las emisiones				
	4	3	2	1	0
4	4	4	3	3	2
3	4	3	3	2	2
2	3	3	2	2	1
1	2	2	2	1	1
0	2	2	1	1	0

Contribución al IMFS 3.5.

Magnitud de las Retenciones	Magnitud de las emisiones				
	4	3	2	1	0
4	4	3	2	1	4
3	3	3	2	1	3
2	3	2	2	1	3
1	2	2	1	1	2
0	2	1	1	0	2

Contribución de los bosques artificiales	Contribución de los bosques naturales				
	4	3	2	1	0
4	4	3	2	1	1
3	4	3	2	1	1
2	3	3	2	1	1
1	2	2	2	1	0
0	1	1	1	0	0

Aunque a primera vista el reajuste propuesto para el Indicador da la impresión de ser muy complejo y difícil de determinar, es preciso recordar que tanto en el Indicador actual como en la modificación propuesta, la primera variable a utilizar es la retención de carbono (tC/ha) y este dato solo puede ser obtenido a partir de la evaluación de carbono realizada con el sistema SUMFOR, el que a su vez se encarga de calcular el Indicador a partir de los mismos datos de entrada empleados hasta ahora, ofreciendo los resultados como parte del Certificado de Carbono Forestal que se emite.

La única diferencia entre el Indicador actual y el propuesto es que actualmente el Certificado incluye un valor general del Indicador, mientras que con la alternativa propuesta incluiría la resultante final de dos valores: el de los bosques artificiales y el de los bosques naturales.

No obstante, corresponde a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres adoptar la decisión final sobre el reajuste del Indicador.

4.6. ASPECTOS PENDIENTES PARA IMPLEMENTAR EL PAGO DEL INCENTIVO POR EL CARBONO FORESTAL

Como fue anteriormente explicado en este Capítulo, los aspectos relacionados con la metodología y el sistema automatizado para la determinación de la cantidad de carbono removido de la atmósfera por el patrimonio forestal ya está disponible y su empleo fue validado mediante un estudio de caso desarrollado en condiciones reales, monitoreado por diversos Organismos de la Administración Central del Estado.

A partir de los resultados de esa experiencia y tomando en consideración lo establecido por el inciso (r), artículo 2.1 de la Resolución Conjunta N° 1/2012 (MEP/MFP, 2012), el Ministerio de la Agricultura propuso al Ministerio de Finanzas y Precios incluir entre los destinos en que puede ser utilizado el financiamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF), el pago por los servicios ambientales prestados por los bosques (entre los que está incluido el PSA remoción de carbono atmosférico por los bosques), a lo que a fines de 2019 el Ministerio de Finanzas y Precios respondió afirmativamente.

A pesar de los indudables avances que las anteriores acciones representan con vistas al pago del incentivo por carbono forestal, en la hoja de ruta hacia el cumplimiento de tal objetivo aun restan por aprobar oficialmente un importante conjunto de proposiciones, entre las que se encuentran:

1. ¿Cuál(es) de los componentes del patrimonio forestal será(n) considerado(s) para la determinación del carbono retenido: área inforestal, área por reforestar, bosques artificiales en desarrollo, bosques artificiales establecidos y bosques naturales? Han sido propuestos los últimos dos.
2. En ese (esos) componente(s), ¿cuáles depósitos de carbono será(n) considerado(s) para calcular el carbono retenido: biomasa de fuste, biomasa aérea, biomasa total, necromasa y suelo? Ha sido propuesta la biomasa total.
3. ¿Qué entidad será designada como certificadora oficial de carbono forestal en el país? Ha sido propuesto el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
4. ¿Qué tiempo máximo de validez será establecido para el certificado de carbono emitido? Ha sido propuesto 3 años.
5. ¿Cuál será el precio de la tonelada de CO₂ atmosférico removido por el bosque? ¿Se empleará un precio único o habrá una diferenciación de precios en base al cumplimiento de alguna(s) condición(es) a cumplir? Se ha propuesto establecer tres precios: el más bajo para los bosques naturales productores; el intermedio para los bosques naturales protectores o de conservación y el mayor, para todo tipo de bosque artificial.
6. ¿El incentivo por carbono forestal comprenderá inicialmente solo el carbono removido, dejando para una segunda etapa el carbono mitigado, o desde un principio ambos carbonos recibirán incentivos? Se ha propuesto comenzar considerando solo el carbono removido.
7. ¿El incentivo por carbono forestal incluirá desde el principio a todos los tenentes del patrimonio o, se establecerá un ciclo anual de certificación, formado por grupos de tenentes que comprendan superficies totales similares de patrimonio? Se ha propuesto comenzar con las empresas agroforestales del GAF, pero no necesariamente tiene que estar limitado a ellas.

8. ¿El empleo del incentivo recibido será una facultad del tenente del patrimonio o se establecerán regulaciones al respecto? Se ha propuesto dejarlo a la decisión del tenente.
9. El aumento de la remoción de CO₂ atmosférico en un periodo de tiempo máximo establecido dará lugar al pago de un incentivo al tenente pero, en caso contrario, cuando la cantidad de CO₂ atmosférico removido disminuya con respecto a una evaluación anterior ¿cómo se procederá? Este aspecto aun no cuenta con una proposición de respuesta.

La totalidad de las decisiones que sean adoptadas son facultad, en primera instancia, de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del Ministerio de la Agricultura, con independencia de si requerirán o no una aprobación posterior y/o de la manera en que tales regulaciones sean establecidas.

4.7. EL MERCADO INTERNACIONAL DEL CARBONO

Como ha sido señalado, la remoción de carbono por los bosques constituye un beneficio social *per se*, debido a que es uno de los dos grandes sumideros del ciclo global del carbono (IPCC, 2001 y 2007; Fig. 4.2.), formando parte así de los mecanismos existentes para mitigar el cambio climático, proceso que ha sido reconocido como el principal factor ambiental que amenaza la vida en el planeta.

En tal sentido, en la presentación hecha en Nairobi de la tercera edición de la Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica (GB0-3), la Organización de las Naciones Unidas advirtió que las condiciones básicas para la vida de los seres humanos en la naturaleza están seriamente amenazadas por la pérdida de biodiversidad del planeta (uno de los principales impactos del cambio climático): “El suministro de comida, fibras, medicinas, agua dulce, la polinización de los cultivos, la filtración de agentes contaminantes y la protección contra desastres naturales son algunos de los recursos naturales potencialmente amenazados por el deterioro y los cambios en la biodiversidad” (Diaria, 2010).

Sin embargo, esta contribución ambiental de los bosques es de carácter global e inadecuada para proporcionar beneficios socio-económicos locales, tangibles y a corto plazo, razón por la cual es preciso identificar vías adicionales que permitan añadir otros valores al ya señalado y para ello es necesario entonces tomar en consideración las posibilidades que ofrecen los mecanismos existentes para el comercio de emisiones de carbono, con el objetivo de hacer uso de los que faciliten la venta en moneda convertible de los certificados de carbono emitidos, a partir de la evaluación de la gestión realizada por los tenentes del patrimonio forestal.

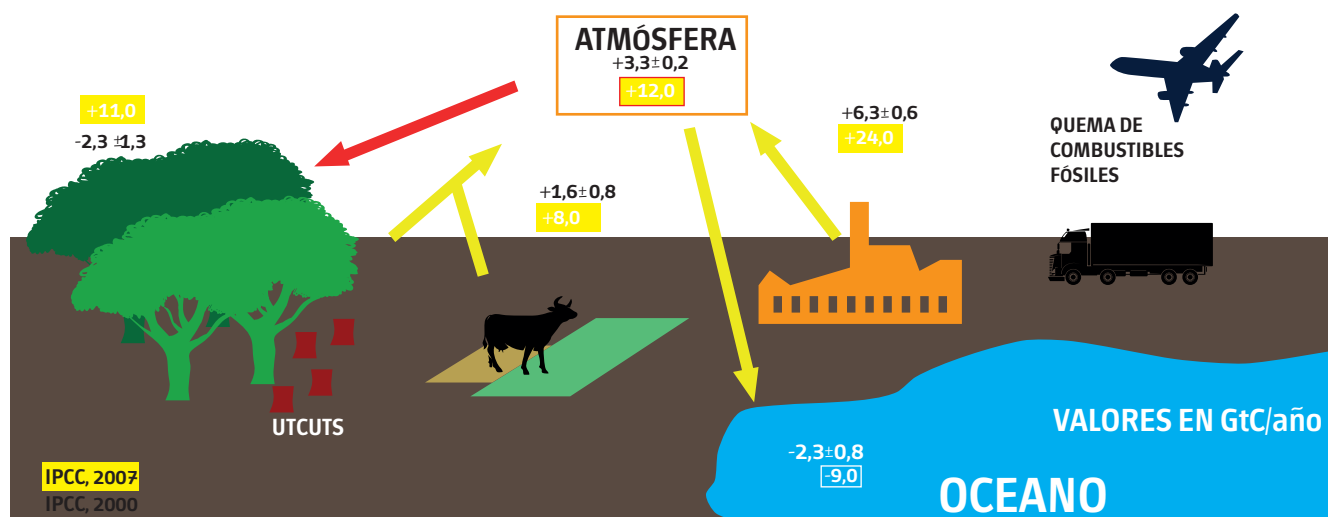


Figura 4. 2. Esquema de los principales componentes del ciclo global del carbono y de sus contribuciones anuales a la concentración atmosférica de carbono, con datos correspondientes a los años 2000 y 2007 (valores sobre fondo amarillo). (IPCC, 2001 y 2007).

Walker et al. (2008), señalan que: “...Hay diversos tipos de mecanismos de mercado, cada uno de los cuales juega un papel diferente. Los mecanismos regulatorios son usados por las entidades sujetas a emisiones de carbono reguladas, legalmente vinculantes. Los mecanismos voluntarios operan para ser usados por entidades que no están legalmente reguladas. Las reglas y regulaciones requeridas para que los créditos de carbono sean registrados difieren marcadamente entre los registros regulatorios y voluntarios. Como consecuencia, unos mecanismos están mejor ajustados para ciertas actividades o localizaciones de proyecto que otros...”.

Al final de 2008 entre los principales mecanismos regulatorios existentes se encontraban (Walker et al., 2008):

- El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, para Países Anexo 1 y No Anexo 1.
- El Mecanismo de Implementación Conjunta (MIJ) del Protocolo de Kyoto, sólo para Países Anexo 1.
- El Mecanismo de Comercio de Emisiones del Protocolo de Kyoto, sólo para Países Anexo 1.
- El Registro Climático de los EUA, sistema común para el reporte de emisiones de GEI, que en el período 2007-2008 registraba la incorporación de 39 estados norteamericanos, tres tribus nativas norteamericanas, cuatro provincias canadienses y dos estados mexicanos.
- El Esquema de Disminución de GEI de New South Wales, creado sólo para este estado de Australia.

Sin embargo, de todos ellos el único asequible al Sector Forestal cubano era el MDL del Protocolo de Kioto que además, sólo certificaba el carbono retenido por proyectos forestales dedicados a la (re)forestación, con importantes condicionantes adicionales, lo que limitaba sustancialmente su empleo para los objetivos perseguidos, pues en la práctica aplicaba fundamentalmente para parte de las áreas cañeras transferidas al patrimonio forestal.

Un segundo tipo de mecanismo, es el denominado REDD+ (Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación de bosques y su Manejo Sostenible), que según Parker et al. (2008), tiene como idea básica que los países que deseen y sean capaces de reducir las emisiones causadas por esas causas y/o forma de manejo, puedan ser financieramente compensados por hacerlo y dado que los intentos previos de revertir la

deforestación global no han sido exitosos, REDD+ facilitaría entonces un nuevo marco para permitir a los países que deforestan, el rompimiento de esa tendencia histórica.

El Plan de Acción de Bali, aprobado en la 13ª Conferencia de las Partes, estableció que una acción coherente con la mitigación del cambio climático podía incluir: Acciones políticas e incentivos positivos sobre aspectos relacionados con la reducción de emisiones debidas a la deforestación y a la degradación de los bosques en los países en desarrollo, razón por la que REDD+ estaba entonces vinculado, primariamente, con la reducción de emisiones. Sin embargo, el mecanismo REDD+ tiene potencial para llegar mucho más lejos, porque pudiera abordar simultáneamente el cambio climático y la pobreza rural, a la par que conserve la biodiversidad y sostenga los servicios ecosistémicos vitales.

Aunque estos beneficios son consideraciones reales e importantes, la cuestión crucial es, ¿hasta qué punto la inclusión de objetivos de conservación y de desarrollo lograrán la promoción y el éxito general de un futuro marco REDD o por el contrario, complicarán y entonces posiblemente atenten contra el proceso posterior de las negociaciones REDD+? (Parker et al., 2008).

Las perspectivas que REDD+ constituyera una alternativa al MDL forestal del Protocolo de Kioto debían discutirse en la COP de Copenhague 2009, pero lo sucedido allí impidió que tal análisis se efectuara. Posteriormente, la Primera Conferencia Mundial de los Pueblos sobre Cambio Climático y Derechos de la Madre Tierra, realizada en Bolivia durante el 2010, planteó entre sus conclusiones la necesidad de sustituir el mecanismo REDD+ por otro mecanismo que no estuviera basado en la promoción del mercado de carbono, que respete la soberanía de los Estados y el derecho de los pueblos al consentimiento libre, previo e informado, que transfiera de manera directa recursos económicos y tecnológicos de los países desarrollados, para pagar la restauración y mantenimiento de los bosques y selvas (Morales, 2010), elementos que pudieran prolongar de manera importante su aplicación práctica.

En cuanto a los mercados emergentes diferentes de Kioto, Neef et al. (2007) clasificaron la demanda de créditos de carbono proveniente de distintos usuarios según lo expresado en la Figura 4.3.

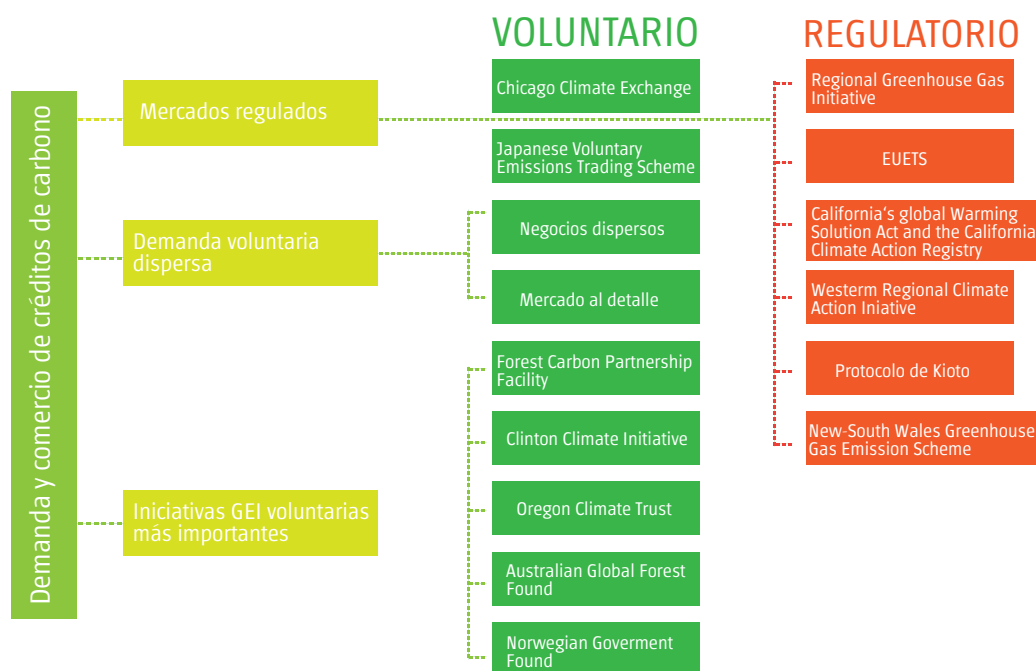


Figura 4.3. Clasificación de la demanda de créditos de carbono en varios tipos de mercados y de diferentes tipos de compradores (Neef et al., 2007).

Estos autores señalan que los mercados pueden distinguirse como mercados regulados cuando las metas de reducción de emisiones son impuestas por la ley y como mercados voluntarios cuando la demanda por créditos de carbono viene de negocios y personas que deciden, voluntariamente, compensar parcial o totalmente sus huellas de emisiones.

Otra distinción se da entre esquemas basados en asignaciones y esquemas basados en proyectos. En sistemas basados en derechos y transacciones, los participantes del mercado han obtenido derechos de emisión (asignaciones) que pueden comercializar con cualquier otro participante.

Muchos de estos mercados permiten la importación de créditos basados en proyectos. Adicionalmente, los individuos y negocios que deciden compensar sus emisiones de forma voluntaria pueden hacerlo comprando créditos provenientes de proyectos. La mayoría de los participantes en el mercado voluntario de compensaciones se encuentra dispersa y comercializa casi siempre volúmenes muy pequeños, aunque también hay algunas iniciativas de compra voluntaria de compensaciones de carbono más importantes.

Por su parte, con respecto a los mecanismos voluntarios, Walker et al. (2008) señalaron que: "...El mercado voluntario está compuesto por reducciones que no están vinculadas a las regulaciones. Estas pueden ser de muchas formas, incluyendo la compra o el comercio de créditos de carbono por compañías o individuos para reducir sus emisiones de GEI, la compra de reducciones directamente derivadas del desarrollo de un proyecto destinado a la disminución de emisiones o a su reventa y, donaciones de compañías para proyectos de reducción a cambio de la obtención de los créditos. Actualmente, el mercado voluntario puede ser agrupado en dos tipos: los mercados de captación y comercio legalmente vinculantes, tales como el Chicago Climate Exchange (CCX) y los mercados no vinculantes, denominados mercados de reducciones OTC (Over The Counter)...".

El CCX fue establecido en 2003 y era el sistema de comercio de emisiones de GEI predominante en Norteamérica, caracterizado por ser un sistema voluntario pero legalmente vinculante, razones por las que no es de interés a los fines perseguidos.

Por su parte, en el mercado de reducciones OTC éstas están basadas en proyectos y los créditos producidos son llamados Reducciones de Emisiones Voluntarias o Verificadas (VERs). Los compradores en este mercado no están guiados por regulaciones, sino por diversas razones tales como: relaciones públicas, filantropía, deseos de reducir los impactos del cambio climático, de prepararse para futuras regulaciones o para la reventa (intermediarios), mientras que los vendedores de VERs generalmente son proyectos que creen que se beneficiarán más vendiendo créditos en el mercado voluntario, o que por alguna razón no cumplen las condiciones requeridas por el MDL o por el MIJ (Walker *et al.*, 2008), lo que lo hace apropiado para alcanzar beneficios socio-económicos locales, tangibles y a corto plazo, siempre que se logre captar exitosamente la atención de los compradores de este sector del mercado.

Según el Banco Mundial (World Bank, 2007, citado por Walker *et al.*, 2008), a fines de 2007 los precios reportados para los créditos VERs por tipo de proyecto forestal de origen eran los siguientes:

(Re)forestación monoespecífica: 10,00–13,00 USD/tCO₂e

(Re)forestación mixta con especies nativas: 0,50–45,00

Deforestación evitada: 10,00–18,00

Neef *et al.* (2007) realizaron una encuesta sobre las preferencias de los compradores potenciales de créditos de carbono de proyectos forestales, encontrando que la mayoría de los entrevistados señaló a los proyectos de reforestación como una de sus preferencias, aproximadamente la mitad de los participantes estuvo interesada en los proyectos de conservación forestal (prevención de la deforestación), y menos de un tercio prefirió los proyectos de manejo.

Adicionalmente, otros aspectos de importancia que deberán ser tomados en consideración si se acomete la venta de créditos forestales de carbono son (Walker *et al.*, 2008):

- En el mercado voluntario no existe un conjunto de regulaciones a cumplir que sean comunes, aunque varias organizaciones han creado diversas guías y estándares (Figura 4.4.). La formación de tales mecanismos crea confianza en el mercado y ayuda a asegurar que los créditos sean reales, medibles y adicionales. La mayoría de los estándares requiere que una tercera parte verifique el proyecto y los créditos obtenidos.
- Otro componente necesario para la transparencia del comercio es el registro. El registro crea un inventario de la creación de créditos y de sus propietarios, para prevenir que estos sean vendidos a múltiples compradores. La mayoría de los registros consideran tanto los créditos verificados en un año determinado por un proyecto, como las transacciones de créditos. Muchos registros han sido formados durante los últimos años y se desconoce si uno o más de ellos dominarán el mercado.

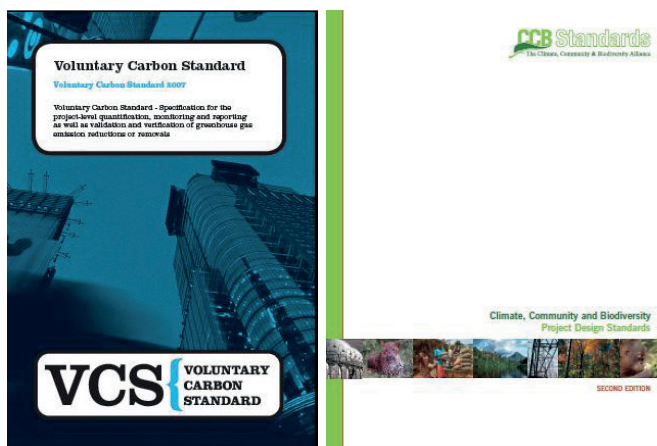


Figura 4.4. Ejemplos de estándares existentes para el mercado voluntario de carbono (Olander, 2009).

Al respecto Neef *et al.* (2007) han señalado que en la mayoría de los casos, un comprador hará una selección en lo concerniente a las compensaciones y a la procedencia. Por lo tanto, un grupo de características del proyecto tiene una gran influencia en su competitividad. Las compensaciones de los mercados voluntarios tiene un estándar de calidad menos definido, por lo que los estándares son en este caso aún más importantes para distinguir los proyectos (Bayon *et al.*, 2006).

Aunque los estándares no han penetrado todavía completamente en el mercado, los usuarios están muy bien informados sobre las compensaciones de calidad (reflejado en última instancia por dichos estándares). Los estándares son importantes por las siguientes razones:

- Calidad de la compensación. La calidad de una compensación está determinada por los criterios que han sido aplicados en su generación.
- Control de calidad y auditoría. La mayoría de las compensaciones son auditadas en una u otra forma, implicando que la compensación ha sido realizada y que ésta ha sido alcanzada bajo los criterios de calidad esperados.
- Uso de estándares. Usar un estándar para compensaciones de carbono asegura al comprador potencial que los criterios de calidad aplicados son de verdad suficientemente buenos.

Un número de criterios de calidad universales ha surgido con el tiempo en algunos mercados de carbono basados en proyectos. Estos pueden ser resumidos en:

- Adicionalidad. Un proyecto de compensación que es adicional debe demostrar que es producto del resultado de incentivos asociados a la existencia de los mercados de carbono. Actualmente hay pruebas estandarizadas que permiten probar la adicionalidad de proyectos específicos.
- Metodologías de contabilidad, establecimiento de línea base y determinación de fugas. Los proyectos pueden reclamar créditos de carbono por la cantidad de remociones de carbono obtenidas bajo el escenario con proyecto por encima del escenario sin proyecto (*business-as-usual*), también llamado el escenario de línea base. El escenario de línea base cuantifica cuántas emisiones (o remociones) se habrían producido en ausencia de la actividad de proyecto. La manera en que la línea base y los escenarios de proyecto son cuantificados tienen por lo tanto un gran impacto en el número de compensaciones que pueden ser vendidas por la actividad en cuestión.
- Permanencia de las remociones de carbono. Para los proyectos de reforestación (y más generalmente para los proyectos de sumideros, pero no en el mismo grado para los proyectos de conservación y prevención de la deforestación) es crucialmente importante demostrar que las remociones de carbono obtenidas son permanentes. Cuando se generan créditos de carbono por el crecimiento de los bosques, el almacenamiento de carbono en los árboles es utilizado para compensar emisiones. En consecuencia, si una reversión de carbono ocurre, la re-emisión de carbono producto de, por ejemplo, fuegos o aprovechamientos, eliminaría la compensación. Una serie de métodos y mecanismos de contabilidad (tales como provisiones de responsabilidad, reservas y medidas remediales legalmente ejecutables) ha sido desarrollada para manejar el riesgo de una reversión de carbono y para asegurar a los usuarios la permanencia de las compensaciones.
- Doble contabilidad y propiedad de las compensaciones. Los registros de proyecto son diseñados para asegurar que una compensación no pueda ser vendida más de una vez. Adicionalmente, es importante asegurar que las compensaciones basadas en proyectos no sean doblemente contadas en ningún esquema basado en asignaciones. Para prevenir una doble contabilidad, es necesario asegurar la propiedad legal de los créditos de carbono de manera contractual antes de vender las compensaciones. En el sector forestal, el propietario inicial de las remociones de carbono está usualmente ligado a la propiedad de las tierras donde se encuentran los árboles.
- Cosecha de créditos de carbono: Es el momento en que ocurren las remociones y las reducciones de emisiones. Hasta qué punto las emisiones actuales pueden ser compensadas por compensaciones que se realizarán únicamente en el futuro, es un aspecto que puede ser cuestionado. En concordancia con lo anterior, la propiedad de los créditos de carbono incluye el tiempo en el cual se realizan las remociones de carbono y las reducciones de emisiones de proyectos forestales. Las 'cosechas' de créditos de carbono describen el momento en que las reducciones de emisiones o las remociones de carbono comercializadas ocurren. Cuando se comercializan compensaciones en el mercado spot (al contado), las respectivas remociones de carbono producto del crecimiento de los árboles,

ya han ocurrido, por lo que el usuario puede utilizar los créditos de carbono para compensar emisiones ocurridas en el mismo año. En los mercados futuros, sin embargo, son comercializados créditos de carbono futuros que serán entregados un par de años después. Para lograr una integridad ambiental, la cosecha de créditos de carbono debe darse lo más cerca posible, en términos de tiempo, del momento en el cual se producen las emisiones a compensar.

• Créditos de carbono verificados o apoyo a la plantación de árboles. El patrocinio de plantaciones de árboles también ha sido vendido como una compensación de emisiones. A modo de patrocinio, algunas compañías ofrecen plantar árboles para compensar las emisiones de sus clientes y luego venden el carbono que esos árboles removerán en marcos de largo plazo, en el futuro, cuando los árboles crecen. Este tipo de patrocinio de plantaciones comercializa de manera *ex-ante* las remociones futuras de carbono proyectadas, en vez de sus remociones *ex-post* de carbono ya verificadas. Esto es diferente de la transacción a futuro acostumbrada, la cual comercializa remociones de carbono verificadas *ex-post* y donde simplemente es acordado que el momento de la transacción tendrá lugar en el futuro. En algunos casos, el comprador de la compensación no está informado sobre la discrepancia entre el momento de pago de la compensación (el cual es instantáneo) y la realización de la compensación de carbono (la cual solo ocurrirá después de décadas de crecimiento de los árboles). Adicionalmente, garantizar el crecimiento ininterrumpido de las plantaciones por períodos de tiempo muy largos parece difícil. Esto es exacerbado por el hecho de que, típicamente, los desarrolladores y comercializadores del proyecto en cuestión no establecen mecanismos para manejar el riesgo de problemas forestales. Efectivamente, el patrocinio de plantaciones de árboles no entrega créditos de carbono verificados en la misma forma en que otras actividades forestales lo hacen.

- Impactos ambientales y socioeconómicos. Una compensación de alta calidad incorporará criterios tales como los beneficios colaterales y las posibles externalidades del proyecto. El proceso de auditoría y registro buscará declaraciones externas de que los impactos de un proyecto son positivos, o al menos insignificantes si son negativos.
- Auditoría y certificación por terceros. Las compensaciones son más creíbles si son verificables. Para hacer esto, se requiere monitorear las actividades de compensación y verificar cuántas de las compensaciones cuantificadas sobre el papel se han efectuado realmente en el campo. El diseño y el rigor de la metodología de monitoreo puede otra vez tener un impacto en el número de compensaciones que son concedidas.

Valorando integralmente lo antes expuesto, todo hace indicar que la alternativa más promisoría para que el país convierta en ingresos en moneda libremente convertible para el país los certificados de retención de carbono emitidos como resultado de la gestión técnica de los tenentes del patrimonio forestal nacional, sería acudir a su venta en el Mercado Voluntario de Carbono, cuyos compradores, a diferencia de lo que generalmente ocurre, no concurrirían para negociar la compra de VERs a futuro, sino para negociar la compra de créditos que ya fueron alcanzados y que están respaldados por todo un sistema de evaluación y certificación, adecuado a las condiciones, especies y bosques existentes en el país, lo que otorgaría credibilidad y confianza al producto que se oferta.

De los aspectos antes señalados para este mercado, el concerniente a la adicionalidad merece un comentario especial, porque significa que cuando un comprador del Mercado Voluntario reclame el cumplimiento de este requisito en los certificados de carbono que adquiere, ello implicará que sólo se le podrán vender créditos generados por tenentes cuyo plan esté ajustado a la línea de mitigación, porque es la que genera adicionalidad de carbono retenido, con respecto a la línea base.

En 2015 Ludeña, De Miguel y Schuschny simularon y analizaron diferentes escenarios de reducción de emisiones de carbono y estructuras para el comercio de los derechos de emisión (con sus respectivos equivalentes de impuestos sobre las emisiones de CO₂), y sus repercusiones en las economías y el bienestar de los países desarrollados y en desarrollo, en particular los de América Latina y el Caribe.

Estos autores concluyeron que: “la participación de los países en desarrollo es fundamental para aminorar los costos de reducción de las emisiones de CO₂. Este efecto se amplía cuando algunos de esos países en desarrollo también asumen compromisos de mitigación (se simulaban iniciativas de mitigación del Brasil, China, la India, México y Sudáfrica), disminuyendo aún más de ese modo los costos de mitigación. El impacto económico en los países en desarrollo, que es siempre muy pequeño, varía según se trate de países exportadores o importadores de energía. Los resultados también están influenciados por la participación de los Estados Unidos de América en los esfuerzos para aminorar las emisiones. En los países exportadores de energía se observan pérdidas de bienestar causadas sobre todo por un deterioro en los términos de intercambio, debido a que los países del Anexo I reducen sus emisiones disminuyendo el consumo de productos del sector de energía, como carbón, gas, crudo y derivados del petróleo. Esto afecta los términos de intercambio de los países exportadores de energía, pues los precios de sus productos bajan con respecto a los precios de importación. El impacto mayor de los términos de intercambio se registra en los países latinoamericanos exportadores de energía como la Argentina, Colombia, México y la República Bolivariana de Venezuela, en virtud de su estrecha relación con los Estados Unidos de América como socio comercial. Sin embargo, las variaciones en el bienestar debidas a la participación en un sistema de comercio de derechos de emisión son en general positivas para los países latinoamericanos (a menos que los Estados Unidos de América no participen), incluso cuando se han comprometido a rebajar sus propias emisiones. La República Bolivariana de Venezuela es el único país que podría sufrir a causa de un sistema mundial de comercio de emisiones con compromisos para todos los principales contaminadores (países del Anexo I del Protocolo de Kyoto y del G5).”

Por otra parte, más recientemente Di Bella (2020), Gerente del Programa de Cambio Climático y Sostenibilidad de la Red Parlamentaria de Cambio Climático, ha planteado: “Los instrumentos para la fijación del precio del carbono son mecanismos destinados a internalizar los costos de los daños medioambientales al poner un precio a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a distintos sectores de la economía. La fijación del precio del carbono consiste en una tarifa sobre las emisiones de GEI para incentivar la reducción de las emisiones de carbono. Estos mecanismos contribuyen a una transición del consumo de combustibles fósiles y cambiar los patrones de inversión a las energías renovables para lograr un desarrollo sostenible. En la actualidad, casi 40 países y más de 20 ciudades, estados y provincias (Banco Mundial, 2016) ya han desarrollado o se están preparando para un precio del carbono y han empezado a vincular sus mercados. Estos países han empezado a desarrollar mecanismos de fijación del precio del carbono como un enfoque para cumplir sus compromisos determinados a nivel nacional adoptados bajo el Acuerdo de París, que reconoce explícitamente la importante función de los mecanismos de fijación del precio del carbono para mitigar las emisiones de GEI. Se calcula que el valor del mercado mundial del carbono es de 52 mil millones de dólares estadounidenses (Climate Markets and Investment Association, 2017)”.

“Existen cuatro instrumentos de fijación del precio del carbono (Globe Advisors, 2016). Estos cuatro mecanismos tienen por objeto reducir las emisiones de GEI, que son las principales catalizadoras del cambio climático. Los instrumentos de fijación del precio del carbono posiblemente pueden descarbonizar las economías y promover la innovación tecnológica. Estos mecanismos pueden convertirse en una actividad generadora de ingresos importante para el sector privado y los gobiernos nacionales (Proyecto Realidad Climática, 2016), mediante la creación de recursos para invertir en alternativas de energía renovable, los instrumentos principalmente son:

1. Impuestos sobre las emisiones: Un impuesto sobre el carbono impone un impuesto directo a los emisores de GEI, independientemente de la fuente. Esto es considerado por muchos como un enfoque directo de política pública para reducir las emisiones de carbono. Los impuestos se fijan por lo general mediante la simulación del costo de reducir las emisiones hasta una meta específica. Este mecanismo se ha encontrado con oposición política de grupos empresariales y conservadores.
 2. Sistemas de comercio de emisiones o sistemas “cap-and-trade” (de límites máximos y comercio): Este enfoque utiliza principios de mercado libre para lograr una reducción en las emisiones de determinados GEI. Un organismo gubernamental o regulador establece un límite sobre la cantidad total de emisiones permitidas en un sector de la economía y emite o subasta permisos (créditos de carbono) para esa cantidad. Las empresas u organizaciones incluidas en el límite máximo solo deben emitir conforme a los permisos que tienen. Si las empresas superan sus límites permitidos de emisiones, deberán conseguir créditos de otras empresas que dispongan de excedentes de créditos o invertir en proyectos que compensen sus emisiones (proyectos de compensación). En consecuencia, se limitan las emisiones y los emisores pueden intercambiar créditos hasta que sus emisiones se ajusten a la cantidad de los permisos que tienen. Un sistema “cap-and-trade”, en la medida en que se subastan los derechos de emisiones, también puede generar cantidades similares de ingresos (<https://www.c2es.org/document/cap-and-trade-vs-taxes/>).
 3. Impuestos sobre los combustibles o sobre los insumos: Esto aplica impuestos directos sobre los combustibles (es este caso, combustibles fósiles) que tiene como objetivo desincentivar su compra y promover la transición a combustibles menos contaminantes. Estos impuestos difieren de los impuestos sobre las emisiones al enfocar categorías impositivas progresivas a los distintos insumos de combustible (queroseno, gas, propano, diésel, crudo) en lugar de las emisiones. Estos pueden alentar a las empresas e industrias del sector privado a una transición a combustibles más limpios o fuentes de energías renovables.
 4. Instrumentos híbridos: Consisten en una combinación de impuestos sobre las emisiones e instrumentos de “cap-and-trade” (límites máximos y comercio). La mayoría de los mecanismos de fijación de precios de los mercados actuales en realidad son sistemas híbridos que se utilizan como mecanismos de transición para el comercio de emisiones o en mercados de “cap-and-trade” proporcionando medidas temporales para crear nuevas fuentes de ingresos para reinvertir en los mercados. Estos pueden ayudar a crear el marco institucional necesario para desarrollar un mercado del carbono sostenido y eficiente”.
- Los pasos planteados por Di Bella para establecer un mercado de carbono incluyen:
1. Establecer el alcance del mercado (zona geográfica, sectores, fuentes de emisiones y GEI que deben regularse).
 2. Recopilar datos robustos sobre las emisiones; determinar el nivel del límite para los sectores.
 3. Distribuir derechos de emisiones a entidades reguladas a la vez que se garantiza una supervisión adecuada para tratar posibles problemas de fugas que impidan que las fuentes de emisiones de carbono se trasladen a jurisdicciones diferentes, con la intención de mejorar los impactos distributivos y crear oportunidades para que los gobiernos aumenten los ingresos.
 4. Tratar la posible volatilidad y la incertidumbre sobre los precios mediante características de diseño de estabilidad del mercado, como un precio mínimo, un precio máximo o reservas de derechos de emisiones.
 5. Definir un enfoque riguroso para el cumplimiento de las obligaciones de los participantes y para que el gobierno supervise el sistema.
 6. Colaborar constantemente con los interesados para entender y abordar las respectivas perspectivas y preocupaciones para evitar falta de alineamiento de políticas públicas y garantizar el apoyo político y público, así como fomentar la colaboración entre el gobierno y los agentes del mercado.
 7. Intentar vincular los mercados nacionales del carbono con los mercados internacionales. Esto amplía la flexibilidad en cuanto hasta dónde se pueden producir las reducciones de emisiones, y también puede mejorar la liquidez y la competitividad del mercado y facilitar la cooperación internacional.

8. Permitir revisiones periódicas del funcionamiento del mercado, respaldadas por una evaluación rigurosa e independiente, para posibilitar una mejora continua y la adaptación a las circunstancias cambiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Adger y Brown (1994) 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".

Ajete, A., L. Ramos y M. Puente. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Macurije. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 15 p.

Ajete, A., C. Palacio, L. Núñez y S. Mederos. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Guanahacabibes. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 14 p.

Akong, P., S. Jungcurt, V. Meadu and D. Murphy (2009) The REDD Negotiations: Moving into Copenhagen. International Institute for Sustainable Development. Winnipeg, Manitoba, Canada. 28 p.

Álvarez, A. (2007) La retención de carbono por los bosques: Su determinación y empleo. Convenio Cuba-Venezuela, Ministerio de Agricultura y Tierras, Circuito Agrícola Forestal: Segundo Taller de Capacitación. Caracas, Venezuela.

Álvarez, A. (2016) Informe sobre los resultados del taller para la construcción de capacidades del proyecto Sistemas de Monitoreo Forestal Nacional para los Reportes de REDD+. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 2 p.

Álvarez, A. (2017) Conceptualización y clasificación de los bosques degradados en Cuba en el contexto del mecanismo REDD+. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 8 p.

Álvarez, A. (2019) Diferencias entre los análisis iniciales que originaron el compromiso de CO₂ de ECOVALOR y los análisis realizados actualmente. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 3 p.

Álvarez, A. (2020) Informe técnico. Causas que determinan el cambio esperado (ex ante) de la remoción de CO₂ atmosférico por el proyecto ECOVALOR. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 5 p.

- Álvarez, A. y Alicia Mercadet. (2008) Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Informe Final de Resultado. Proy. 11.69: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal. Inst. Inv. Forestales, La Habana, Cuba. 12 p.
- Álvarez, A. y A. Mercadet (2017) Elaboración y puesta a punto de la v-3.0 del sistema automatizado SUMFOR. Informe Técnico, Proy. Contribución del Sector Forestal a la Tercera Comunicación Nacional. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 63 p.
- Álvarez, A. y A. Mercadet (2018) Diferencias entre dos métodos de certificación de carbono forestal. Informe técnico. Proy. Contribución al Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático del Sector Forestal Cubano. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 20 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet y A. Ajete (2018) El cambio climático y la actividad agraria. Tema 2: Marco teórico-conceptual. Postgrado. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 44 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet y col. (2011) El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Inst. Investig. Agro-Forestales, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 248 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet, L. Yero, I. Zulueta, O. Ortiz†, A. Ajete y T. Suárez. (2010) Formulación de estrategias de mitigación para las empresas forestales. Informe Final de Resultado. Proy. 11.69: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal. Inst. Inv. Forestales, La Habana. 52 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet y Y. Peña. (2019) Elaboración y puesta a punto de la versión 4.00 del sistema automatizado SUMFOR. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático del Sector Forestal Cubano. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 56 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet y Y. Rodríguez (en prensa) Proyección del Balance Neto de Emisiones del Sector Forestal hasta 2030. Rev. Forestal Baracoa. 8 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet, A. Ajete y Y. Rodríguez (2018) El sistema MRMV del Grupo Agro-forestal (GAF) para el control de carbono. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 5 p.
- Álvarez, A., A. Mercadet, O. Ortiz†, M. Pi y A. Fernández (2017) Evaluación de los resultados potenciales del pago del carbono en dos empresas agroforestales. Informe Técnico. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 28 p.
- Álvarez, A. y F. Conde. (2017) Análisis de la retención y de la línea base de carbono de la Empresa Agroforestal Guantánamo empleando SUMFOR v-3.02. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba.
- Álvarez, A. y G. González. (2018) Alternativas de mitigación de la EAF Mayabeque. Inf. Final, Proyecto Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 14 p.
- Álvarez, A. y Y. Rivera (2012) Formulación de las estrategias de mitigación en la Empresa Agroforestal Ciego de Ávila. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 30 p.
- Álvarez, Y, C. E. Barrios y O. Mojena. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Granma. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 14 p.
- Andrade, H. (2006) Metodologías para la evaluación de dinámicas de raíces. EN: Curso Internacional "Herramientas para el monitoreo del secuestro de carbono en sistemas de uso de la tierra". CATIE, C. Rica. Octubre 2 al 8.
- Banco Mundial (2016) Report on State and Trends of Carbon Pricing. <http://documents.worldbank.org/curated/en/598811476464765822/State-and-trends-of-carbon-pricing>.
- Bárzev, R. (s/f) Mecanismos financieros para la conservación de los recursos naturales. Guía metodológica. Proy. PNUD/GEF Sabana-Camagüey Fase-3. Ed. Academia, La Habana. 95 p.
- Bayon, R., A. Hawn and K. Hamilton. (2006) Voluntary carbon markets: An international business guide to what they are and how they work. London, UK: Earthscan.
- Betancourt, M. (2010) Informaciones sobre especies de frutales para el balance neto de emisiones de GEI. Inst. Invest. en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.

Betancourt, M. (2016) Informaciones sobre especies de frutales para el balance neto de emisiones de GEI. Inst. Invest. en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.

BIOFIN-1. (2019) Una Iniciativa para el Financiamiento de la Biodiversidad en Cuba. PNUD, La Habana, Cuba. 57 p.

BIOFIN-1. (2020) Reporte Final BIOFIN Fase I—Cuba. PNUD, La Habana, Cuba. 4 p.

Blanco, J. (2019) El proyecto CBIT-AFOLU: Características y alcances. Consejo Técnico Asesor, MINAG, La Habana, Cuba. Marzo 2019.

Bolin y Sukamar (2000) En: M. Kanninen (2001) Bosques tropicales y ciclo de Carbono. CA-TIE. Curso Internac. "Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético. Oportunidades de desarrollo para los países latinoamericanos".

Caballero, L. (2012) Formulación de las estrategias de mitigación en la Empresa Agroforestal Sancti Spiritus. INST. INVESTIG. AGRO-FORESTALES, La Habana, Cuba. 21 p.

Caballero, L., E. Oramas y M. Céspedes (2012) Formulación de las estrategias de mitigación en la Empresa Agroforestal Villa Clara. Inst. Investig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 21 p.

Carrera, W. (2019) Bases generales para el establecimiento de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) en Cuba. Taller FAO-CBIT-AFOLU, La Habana, Cuba. Febrero 2019.

Catanares, C., A. Álvarez, Y. Álvarez y A. Martínez. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Sierra Cristal. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 15 p.

Catanares, C., Y. Debrot y R. Esparraguera. (2020) Retención de carbono y alternativas de mitigación. Empresa para la Protección de la Flora y la Fauna Santiago de Cuba. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 12 p.

Climate Markets and Investment Association. (2017) Presentación de reunión de diálogo CM-NUCC. Granada, octubre de 2017.

Diaria. (2010) Boletín 17-05-10. D-008: Advierten terribles consecuencias si se pierde la biodiversidad del planeta. Red Telemática de Salud en Cuba. Fuente: EFE, Nairobi, mayo 15.

Diaz, D., K. Hamilton and E. Johnson (2011) State of the Forest Carbon Markets 2011. From Canopy to Currency. Ecosystem Marketplace Project, United States Agency for International Development, US. 75 p.

Di Bella, J. (2020) Manual sobre la fijación del precio del carbono. ParlAmericas. 5 p.

Dirección Forestal. (2001) Instructivo Técnico N° 1 de 2001. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.

Dirección Forestal (2019) Producción de carbón vegetal en 2018. Grupo Empresarial Agro-forestal, La Habana, Cuba.

Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres (DFFFS) (2017) Situación de los bosques de Cuba 2016. Boletín 01. Min. Agricultura, La Habana, Cuba. 84 p.

Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres (DFFFS) (2018) Dinámica Forestal Nacional — 2018. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. ECOVALOR. (2019) Dictamen técnico de consultoría del proyecto ECOVALOR (Proyecto PNUD/GEF CUB/9429). Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, Cuba. 8 p.

Empresa de Conservación Ciénaga de Zapata — ECOCIENZAP (2019) Información entregada para los cálculos de carbono 2017-2018. ECOCIENZAP, Matanzas, Cuba.

FAO. (2005) Situación de los Bosques del Mundo: 2005. FAO, Roma, Italia.

FAO. (2008) The State of Food and Agriculture 2007. Paying farmers for environmental services. In: FAO & Climatic Change-Economics. 4 p.

Figueroa, E., P. Reyes y J. Rojas. (2009) Manual de Capacitación: Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina. Programa FAO/OAPN: Fortalecimiento del Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en las Áreas Protegidas de América Latina. 44 p.

- Frómeta, A., E. Romero y W. Moreira. (2019) Retención de carbono y alternativas de mitigación en los bosques de las UEB Puriales y Cajobabo, de La Empresa Agroforestal Imías. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 12 p.
- Frómeta, A., F. Conde y Y. Torre. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Guantánamo. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 14 p.
- Globe Advisors (2016) Carbon primer. http://globe.ca/wp-content/uploads/2012/10/globe-advisors-carbon-primer-final-jan31_2012.pdf
- Hernández, A., R. Rangel, J. González y A. Carballoso (2019) Dictamen técnico de consultoría del proyecto ECOVALOR (Proyecto PNUD/GEF CUB/9429). Centro Nacional de Áreas Protegidas, La Habana, Cuba. 8 p.
- Harmon, M. E., O. N. Krankina, M. Yatskov, and E. Matthews (2001) Predicting broad-scale carbon stores of woody detritus from plot-level data. p. 533-552. In: Lal, R., J. Kimble, B.A. Stewart. Assessment Methods for Soil Carbon. CRC Press, New York, USA.
- Henry, P. P. y M^a V. García. (2017) Perfeccionamiento de la base de datos de densidad de la madera. Informe Técnico, Proy. Contribución del Sector Forestal a la Tercera Comunicación Nacional. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 10 p.
- Herrero, J. A. (2005) Criterios e indicadores de manejo forestal sostenible. Una visión de futuro. Dir. Nacional Forestal, MINAG, La Habana, Cuba. 49 p.
- Herrero, J. A., L. M. Gómez, G. Díaz y J. A. Bravo (2005) Criterios e indicadores de manejo forestal sostenible. Una visión de futuro. AGRINFOR, La Habana, Cuba. 55 p.
- ICRAF-ASB. 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".
- Instituto de Investigaciones Agro-Forestales – INAF (2013) Registro de carbono 2013. Inst. Inestig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 62 p.
- Instituto de Investigaciones Agro-Forestales – INAF (2017) Registro de carbono 2016. Inst. Inestig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 28 p.
- Instituto de Investigaciones Agro-Forestales – INAF (2019) Registro de carbono 2018. Inst. Inestig. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 51 p.
- International Panel on Climate Change (IPCC) (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- International Panel on Climate Change (IPCC). (1995) Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- International Panel on Climate Change (IPCC). (1996a) Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero—versión revisada en 1996. Edt: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim., K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander.
- International Panel on Climate Change (IPCC). (1996b) Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook. Module 5: Land-Use Change & Forestry. 56 p.
- International Panel on Climate Change (IPCC). (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). IGES, Japón.
- International Panel on Climate Change (IPCC). (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

International Panel on Climate Change (IPCC). (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 pp.

López, C., P. Fernández, R. Manso, A. León, A. Guevara, C. González, S. Mesa, E. Martínez, N. Rodríguez, J. Dávalos, M^a E. García, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet y A. Álvarez (2005) Emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en Cuba durante el año 2002, Inst. Meteorología, CITMA, La Habana, Cuba.

López, C., P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Valdés, A. León, A.V. Guevara, C. González, M. E. García, G. Legaña, T. M. González, J. Dávalos, R. Biart, I. López, D. Pérez, H. Ricardo, S. F. Pire, J. M. Ameneiros, A. Mercadet y A. Álvarez. (2009) Emisiones y remociones de gases de efecto invernadero en Cuba. Reporte actualizado para el período 1990-2002. Proy. Segunda Comunicación de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PRCT Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial. Inst. Meteorología, Ctro. Química y Contam. Atmosférica, Eqpo. Téc. de Gases de Efecto Invernadero. , Inst. Meteorología, CITMA, La Habana, Cuba.

Ludeña, C., C. de Miguel y A. Schuschny. (2016) Cambio climático y mercados de carbono: repercusiones para los países en desarrollo. Revista CEPAL 116: 61-85.

Manzanares, K., A. Núñez, D. Velásquez, M^a A. Guyat, C. Guerra, C. Sosa y M. Sosa (2008) Caracterización y alternativas de uso de la especie *Dyckrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn. (marabú). Revista Forestal Baracoa 27(1): 3-12.

Martínez, M. M., L. Caballero, A. Mercadet, A. Álvarez, A. Solano, M. Cuellar, K. Ramírez y E. Oramas. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Villa Clara. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 11 p.

Mercadet, A. (2020) Contribución al programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Informe final de proyecto. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 103. p.

Mercadet, A. y A. Ajete (2009) Resumen de los principales aspectos sobre el mecanismo REDD+. Documento presentado como resultado del un taller regional de capacitación realizado en Cali, Colombia, para divulgar las características y posibilidades del mecanismo. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 3 p.

Mercadet, A. y A. Álvarez (2006) Certificación del carbono retenido por las empresas forestales y bases para su reconocimiento ambiental. Rev. Forestal Baracoa 25(1): 65-70.

Mercadet, A. y A. Álvarez. (2009) Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. Edt. F. Ortega, L. Fernández y Alejandra Volpedo, Red CYTED 406RT0285. p. 107-118. Mercadet, A. y A. Álvarez (2009) Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. Ed. F. Ortega, L. Fernández y Alejandra Volpedo. RED CYTED 406RT0285, Madrid, España. Pág. 107-118.

Mercadet, A., A. Álvarez, A. Escarré y O. Ortiz†. (2005) El papel de los coeficientes de carbono de la madera en la certificación del efecto sumidero de los bosques cubanos. Memorias del Taller para el Desarrollo Forestal Sostenible, La Habana. Mercadet, A., A. Álvarez, A. Escarré, O. Ortiz†, L. Yero y A. Ajete (2010) Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas. Inf. Técnico. Inst. Inv. Forestales, La Habana, Cuba. 12 p.

Mercadet, A., A. Álvarez, E. Cordero, O. Ortiz†, A. Hernández, D. Parada, J. L. Rodríguez, L. Yero, A. Ajete y B. Aguirre. (2005) Informe Final. Proyecto 11.25: El cambio climático y el sector forestal: Segunda aproximación. Inst. Inv. Forestales, La Habana. 47 p.

Mercadet, A., A. Álvarez y Y. Rodríguez (2016) Inventario Nacional de Emisiones de GEI: Tierras forestales. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 17 p.

- Mercadet, A., A. Alvarez, Y. Rodríguez, J. L. López y L. Prieto. (2019) Alternativas de mitigación de la EAF Costa Sur. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 14 p.
- Mercadet, A., Y. Rodríguez, L. M. Gómez, M. I. Valle, Ch. Chang, O. Ortiz†, L. Gómez, R. Ramos, M. González, D. Morales, L. Yero, M. Rodríguez, A. Ajete, W. Toirac, J. A. Bravo, T. Suárez y A. Álvarez (2012) Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies. Inf. Técnico. Inst. Inv. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 6 p.
- Mercadet, A., Y. Rodríguez, M. Valle, C. Chang, A. Álvarez, O. Ortiz, L. Gómez, R. Ramos, M. González, M. Morales, C. Milán, D. Morales, L. Yero, M. Rodríguez, A. Ajete, E. Suárez, W. Toirac, J. A. Bravo, T. Suárez, A. Hernández, A. Solano, G. Merlán, L. Caballero, K. Ramírez, L. M. Gómez y J. Teledo (2017) Estimación de los incrementos medios anuales de biomasa en plantaciones de cinco especies. Informe Técnico, Proy. Contribución del sector forestal a la Tercera Comunicación Nacional. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 9 p.
- Mestril, K. (2017) Metodología para incorporar al Programa de Manejo Integrado de zonas costeras el enfoque de valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos. Caso: Refugio de fauna San Miguel de Parada. Tesis de Maestría. Univ. de Oriente, S. Cuba, Cuba. 74 p.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2008) Dinámica Forestal 2007. Dirección Nacional Forestal. Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2009) Dinámica Forestal 2008. Dirección Nacional Forestal. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (2018) Componente Inventario de GEI. Proy. GEF/PNUD Tercera Comunicación Nacional. Taller de Inicio, Hotel Habana Riviera, 1º y 2 de enero. La Habana, Cuba. 14 p.
- Ministerio de Economía y Planificación (MEP) y Ministerio de Finanzas y Precios (MFP). (2012) Resolución Conjunta N° 1: Reglamento del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. Ministerio de Justicia, Gaceta Oficial de la República de Cuba N° 45/2012. p. 1432-1435.
- Miñoso, Y.; J. Hernández y Y. Cuesta. (2018) Alternativas de mitigación de la EAF Pinar del Río. Informe Técnico, Proy. Contribución al Programa de enfrentamiento al cambio climático del Sector Forestal Cubano. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 10 p.
- Mogena, O. E. (2013) Evaluación del potencial de retención de carbono por el patrimonio de la Empresa Forestal Integral Granma. Tesis MSc. Gestión Ambiental. Univ. Granma, Cuba. 70 p.
- Morales, E. (2010) Discurso al Grupo de los 77 (G-77) + China en las Naciones Unidas, sobre las Conclusiones de la Primera Conferencia Mundial de los Pueblos sobre Cambio Climático y Derechos de la Madre Tierra. Cochabamba, 20 al 22 de abril.
- Nabuurs y Mohren (1993) 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".
- Neff, T., L. Eichler, I. Deecke y J. Fehse. (2007) Actualización sobre los mercados para compensaciones forestales para la mitigación del cambio climático. Serie Técnica. Manual Técnico No. 77, 35 p. Turrialba, C. R: CATIE.
- O'Farrill, A., A. María Peñalver y A. Fernández. (2019) Informe técnico ejecutivo. Implementación y establecimiento de parcelas permanentes y puntos de muestreo en las áreas de intervención de la Empresa Agroforestal Costa Sur. Proyecto "Manglar Vivo". Inst. Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 2 p.
- Olander, J. (200) REDD y los mercados globales de carbono: Una introducción. Taller "Pasos para Asumir REDD en el Ecuador". Quito. 16 abril.
- ONU-REDD (2013) Sistemas Nacionales de Monitoreo de los Bosques: Monitoreo y medición, reporte y verificación (M y MRV) en el contexto de las actividades de REDD+. Roma, Italia. 27 p.
- Ortiz, O.† (2008) El sector forestal de la península Zapata, en Matanzas, Cuba: Aspectos de su interrelación con el cambio climático. Tesis Dr. C. Ecológicas. Univ. P. Río, Cuba y Univ. Alicante, España. 264 p.

Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC) (1997) Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim., K. Tréanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander (eds). Publicado por: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Agencia Internacional de la Energía (AIE).

Peña, Y., A. Álvarez y G. González. (en prensa) Evaluación económica de las alternativas de mitigación de la Empresa Agroforestal Mayabeque. *Rev. Forestal Baracoa*. 7 p.

Parker, Ch., A. Mitchell, M. Trivedi and N. Mardas. (2008) *The Little REDD Book: A guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation*. Global Canopy Programme. Oxford. 60 p.

Proyecto Realidad Climática. (2016) Manual de financiación del carbono.

Prisma. http://www.prisma.org.sv/pubs/CES_RC_Es.pdf. 2003.

República de Cuba (1997) Ley No. 81: Ley del Medio Ambiente. En: *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. 39 p.

República de Cuba (1998) Ley No. 85: Ley Forestal. En: *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. 18 p.

República de Cuba (2001). Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ed. A. Centella, J. Llanes y L. Paz. Minist. Ciencia, Tecnología y M. Ambiente, La Habana, Cuba. 139 p.

República de Cuba. (2014) Proyecto Incorporación de consideraciones ambientales diversas y sus consecuencias económicas en la gestión de paisajes, bosques y sectores productivos de Cuba. Formulario de identificación de proyectos (FIP)-FMAM-6 del GEF. Minist. Ciencia, Tecnología y M. Ambiente, La Habana, Cuba. 28 p.

República de Cuba (2015). Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Minist. Ciencia, Tecnología y M. Ambiente, La Habana, Cuba. 223 p.

República Cuba. (2020). Primera Contribución Nacionalmente Determinada (actualizada). (Documento en proceso de aprobación). La Habana, Cuba. 21 p.

Rey, O. (2014) Oportunidades para Cuba en actividades forestales (REDD+) a la luz de las Decisiones de Varsovia: Necesidad de una acción temprana. CITMA, La Habana, Cuba.

Russó, I. y L. Palenzuela†. (2013) REDD+: Oportunidades para Cuba. Taller regional de capacitación. Cali, Colombia. Direc. Nacional Forestal, MINAG. La Habana, Cuba. 14 p.

Santos, L. y X. Soto. (2018) Memoria del taller informativo sobre el proceso de preparación para REDD+. Opciones de mitigación en el sector forestal. FAO, La Habana, Cuba. 37 p.

Segura, M. (2001) Estimación de Carbono en Ecosistemas Tropicales: Los aportes de modelos de biomasa. EN: Curso Internacional "Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético: Oportunidades de Desarrollo para Países Latinoamericanos". CATIE-PNUD, C. Rica, 24-28 septiembre.

Somoza, J., Y. Betancourt, J. F. Llanes, B. Soler, J. F. Zúñiga, M. Amarales, A. Mercadet, A. Álvarez, M. Marrero, M. Riverol, F. Martínez, F. Cruz, V. Fernández y C. López. (2016) Mitigación. Experiencia en Cuba del Cambio Climático. Univ. de La Habana, La Habana, Cuba. 294 p.

Soto, X. (2018) Taller informativo sobre el proceso de preparación para REDD+. Sesión 1. Antecedentes y generalidades del proceso REDD+. Programa ONU-REDD. La Habana, Cuba. 19 p.

Suárez, T. J. (2010) Modelo Metodológico para la Gestión Agroforestal en cuencas menores de 100 km². Estudio de caso Cuenca Hidrográfica del río Puercos. Tesis Dr.C. Ecológicas. Univ. P. Río, Cuba y Univ. Alicante, España. 213 p.

Valdés A., R. Manso, R. Manrique, E. Carrillo, C. Sosa, A. León, A. V. Guevara, C. González, D. Boudet, M. Amáralas, R. Biart I. López, D. Pérez, S. F. Pire, L. Cuesta, A. Mercadet, A. Álvarez (2013). Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2008. CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana. 344 p.

Walker, S., T. Pearson, P. Munishi and S. Petrova.
(2008) Carbon market opportunities for the forestry sector of Africa. Winrock International. FAO African Forestry and Wild-life Commission 16th Session, Khartoum, Sudan 17-24 February.
World Bank. (2007) State of the Voluntary Markets 2007.

Yero, L. (2010) Reanálisis de la capacidad potencial de mitigación de los bosques cubanos. EN: Inf. Final Proy. El cambio climático y el sector forestal: Segunda aproximación. Instituto Inv. Forestales, La Habana, Cuba. p. 25-28.

Metodología de cálculo empleada por SUMFOR v-4.00

1. Cálculos de carbono para el Año Base de Carbono.

a. En la superficie inforestal.

En este componente del patrimonio el carbono total se almacena en los dos depósitos (la biomasa y el suelo) de cada componente: ciénagas, pastizales y tierras agrícolas. Se asume que las Otras Áreas Inforestales no almacenan carbono, por estar reportadas en ellas los caminos, las instalaciones, etc.

Los coeficientes de carbono por hectárea empleados para estos cálculos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de carbono en la superficie inforestal.

Componente	Coeficientes de carbono (tC*ha ⁻¹)	
	Biomasa	Suelo
Ciénagas	43	643
Pastizales	5	33
Tierras agrícolas	2	80
Semidesiertos	2	42

Fuente: Mercadet y Álvarez (2010)

b. En la superficie por reforestar.

En este componente del patrimonio el carbono total se almacena en los depósitos antes señalados (la biomasa y el suelo), variando el coeficiente de carbono empleado para la biomasa de acuerdo a la presencia de marabú reportada por el administrador según se muestra en la Tabla 3.

Presencia de marabú	Coeficientes de carbono (tC*ha ⁻¹)	
	Biomasa	Suelo
Sin Marabú (<50 %)	15,0	38
Con Marabú (≥50 %)	29,4	38

Fuente: Mercadet y Álvarez (2010)

c. En las plantaciones establecidas.

Para las especies latifolias.

Para cada especie se realizan los siguientes cálculos:

- BF: Biomasa de fuste (t) = Volumen (m³) x Densidad Básica¹ (kg/m³) x 10⁻³
- BF/ha: Biomasa de fuste/hectárea (t/ha) = Biomasa de fuste (t) / Superficie (ha)
- FEB: Factor de Expansión de la Biomasa (s/u) = $e^{[3,213 - 0,506 \ln (BF/ha)]}$ (3,00 ≥ FEB ≥ 1,74) (Fuente: Mercadet y Álvarez, 2010)
- BA: Biomasa aérea (t) = BF (t) x FEB (s/u)
- BS: Biomasa soterrada (t) = $e^{[-1,0587 + 0,8836 \ln (BA)]}$ (t) (IPCC, 2003; citado por Andrade, 2006)
- BT: Biomasa total (t) = BA (t) + BS (t)
- NM: Necromasa (t) = 18,2 (t/ha) x Superficie (ha) (Mercadet y Álvarez, 2010)
- MT: Masa total (t) = BT (t) + NM (t)
- CBA: Carbono Biomasa Aérea (t) = BA (t)² x Coef. Carbono Madera (s/u)
- CBT: Carbono Biomasa Total (t) = BT (t) x Coef. Carbono Madera (s/u)
- CNM: Carbono Necromasa (t) = NM (t) x Coef. Carbono Madera (s/u)
- CS: Carbono Suelo (t)³ = 123 (t/ha) x Superficie (ha) (Mercadet y Álvarez, 2011); excepto para las especies mostradas en la Tabla 4, con las que se utilizan datos específicos:

Tabla 4. Valores de carbono en suelo empleados para las plantaciones de mangle.

Especie	Cont. Prom. C (t/ha)	Fuente
Mangle rojo	153*	Base de datos Carbono Azul Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions (2011). (Profundidad: 1 m; 510 tC/ha)
Mangle prieto		
Yana		

* Ajuste a 30 cm de profundidad del valor reportado para un metro.

- CT: Carbono Total (t) = CBT (t) + CNM (t) + CS (t)

Para las especies de pino.

Para cada especie se realizan los siguientes cálculos:

- BF: Biomasa de fuste (t) = Volumen (m³) x Densidad Básica (kg/m³) x 10⁻³
- BF/ha: Biomasa de fuste/hectárea (t/ha) = Biomasa de fuste (t) / Superficie (ha)
- FEB: Factor de Expansión de la Biomasa (s/u) = $e^{[3,213 - 0,506 \ln (BF/ha)]}$ (3,00 ≥ FEB ≥ 1,74) (Mercadet y Álvarez, 2013)
- BA: Biomasa aérea (t) = BF (t) x FEB (s/u)
- BS: Biomasa soterrada (t) = $e^{[-1,0587 + 0,8836 \ln (BA)]}$ (t) (IPCC, 2003; citado por Andrade, 2006)
- BT: Biomasa total (t) = BA (t) + BS (t)
- NM: Necromasa (t) = 18,2 (t/ha) x Superficie (ha) (Mercadet y Álvarez, 2010)
- MT: Masa total (t) = BT (t) + NM (t)
- V_{cc/ha}: Volumen con corteza por hectárea (m³/ha) = Volumen total (m³) / Superficie (ha)
- V_{ct/ha}: Volumen de corteza por hectárea (m³/ha) = 42,875 + 0,1885 V_{cc/ha} (m³/ha) (Álvarez, Mercadet y Aguirre, inédito).
- V_{sc/ha}: Volumen sin corteza por hectárea (m³/ha) = V_{cc/ha} (m³/ha) - V_{ct/ha} (m³/ha)
- V_{mad}: Volumen total de madera (m³) = V_{sc/ha} (m³/ha) x Superficie (ha)
- V_{cort}: Volumen total de corteza (m³) = V_{ct/ha} (m³/ha) x Superficie (ha)
- B_{mad}: Biomasa de madera (t) = V_{mad} (m³) x Densidad Básica (kg/m³) x 10⁻³
- B_{cort}: Biomasa de corteza (t) = V_{cort} (m³) x 0,0941⁴ Densidad Básica (kg/m³) x 10⁻³
- B_{ramas}: Biomasa del follaje (t) = BA (t) - BF (t)
- C_{mad}: Carbono en la madera (t) = B_{mad} (t) x Coef. Carbono Madera (s/u)
- C_{cort}: Carbono en la corteza (t) = B_{cort} (t) x Coef. Carbono en la Corteza (s/u)
- C_{fuste}: Carbono en el fuste (t) = C_{mad} (t) + C_{cort} (t)
- C_{ramas}: Carbono en el follaje (t) = B_{ramas} x Coef. Carbono Madera (s/u)
- C_{BA}: Carbono en la biomasa aérea (t).
Si: C_{BA} > 0, C_{BA} = C_{fuste} + C_{ramas};
Si: C_{BA} ≤ 0, C_{BA} = BA x Coef. Carbono Madera (s/u)
- CBS: Carbono en la biomasa soterrada (t) = BS (t) x Coef. Carbono Madera (s/u)

1. La densidad básica utilizada por especie se presenta en el Anexo 2

2. El coeficiente de carbono utilizado por especie se presenta en el Anexo 3.

3. Los cálculos de carbono en el suelo son realizados para una profundidad estándar de 30 cm en todas las especies.

4. Proporción que representa la densidad básica de la corteza vs la densidad básica de la madera en *P. caribaea* var. *caribaea*.

- CBT: Carbono total en la biomasa (t).
Si: $(C_{BA} + C_{BS}) > 0$, $C_{BT} = C_{BA} (t) + C_{BS} (t)$
Si: $(C_{BA} + C_{BS}) \leq 0$, $C_{BT} = BT \times \text{Coef. Carbono Madera (s/u)}$
- CNM: Carbono Necromasa (t) = $NM (t) \times \text{Coef. Carbono Madera (s/u)}$
- CS: Carbono Suelo (t) = (Valor Tabla 5) x Superficie (ha)

Tabla 5. Valores de carbono en suelo empleados para las plantaciones de pino.

Especie	Cont. Prom. C (t/ha)	Fuente
P. macho	288,32	Renda, Rodríguez y Mercadet (inédito)
P. de Mayarí	350,78	
P. hembra	671,32	
P. de la Sierra	967,87	

- CT: Carbono Total (t) = $CBT (t) + CNM (t) + CS (t)$
d. En las plantaciones en desarrollo.

Para cada especie se realizan los siguientes cálculos:

- IMAC: Incremento Medio Anual de Carbono (tC/ha/a).
 - Cuando la especie tiene áreas registradas en las plantaciones establecidas, el carbono total calculado allí para la especie (CT) se divide por el área reportada para ella y por 20 (se asumen 20 años de desarrollo).
 - Cuando la especie no tiene áreas registradas en las plantaciones establecidas, la suma del carbono total de todas las especies reportadas se divide por la suma de sus áreas y por 20.
- CBA: Carbono Biomasa Aérea (t) = Superficie (ha) x IMAC (t/ha/a)
- CS: Carbono Suelo (t) = 123 (t/ha) x Superficie (ha); excepto para los pinares, donde el valor es de 80 t/ha (Mercadet y Álvarez, 2011).
- CT: Carbono Total (t) = $CBA (t) + CS (t)$

En los bosques naturales.

Para cada formación se realizan los siguientes cálculos:

- BF: Biomasa de fuste (t) = $\text{Volumen (m}^3) \times \text{Densidad Básica (kg/m}^3) \times 10^{-3}$

El valor de la Densidad Básica de una formación es el promedio de la Densidad Básica de las especies que la componen, agrupadas en tres regiones de distribución natural (Anexo 2):

- Occidente (P. Río, Artemisa, Mayabeque, Matanzas e I. Juventud)
- Centro (V. Clara, Cienfuegos, S. Spiritus, C. Ávila y Camagüey)
- Oriente (Las Tunas, Holguín, Granma, S. Cuba y Guantánamo)

De esta forma, de acuerdo a la provincia en que se encuentra ubicado el administrador que se evalúa, se utiliza en el cálculo de la Biomasa de Fuste el valor correspondiente de Densidad Básica para cada formación forestal.

En caso que una empresa reporte la existencia de una formación natural en una región para la que no fue determinado valor promedio de Densidad Básica (por ejemplo, la formación Encinar en las regiones Central y Oriental), el sistema utilizará para el cálculo el valor promedio nacional.

- BF/ha: Biomasa de fuste/hectárea (t/ha) = $\text{Biomasa de fuste (t)} / \text{Superficie (ha)}$
- FEB: Factor de Expansión de la Biomasa (s/u) = $e^{[3,213 - 0,506 \ln (BF/ha)]}$ ($3,00 \geq FEB \geq 1,74$) (Mercadet y Álvarez, 2010)
- BA: Biomasa aérea (t) = $BF (t) \times FEB (s/u)$
- BS: Biomasa soterrada (t) = $e^{[-1,0587 + 0,8836 \ln (BA)]} (t)$ (IPCC, 2003; citado por Andrade, 2006)
- BT: Biomasa total (t) = $BA (t) + BS (t)$
- NM: Necromasa (t) = $18,2 (t/ha) \times \text{Superficie (ha)}$ (Mercadet y Álvarez, 2010)
- MT: Masa total (t) = $BT (t) + NM (t)$
- CBA: Carbono Biomasa Aérea (t) = $BA (t) \times \text{Coef. Carbono Madera (s/u)}$

El valor del Coeficiente de Carbono de una formación es el promedio del Coeficiente de Carbono de las especies que la componen, según se muestra en la Tabla 6.

Nº	FORMACIÓN	Coef. C
1	Charrascal	0,4701
2	Cuabal	0,4701
3	Encinar	0,4701
4	Manglar	0,4701
5	Manigua costera	0,4701
6	Xerófilo de mogotes	0,4701
7	Monte fresco	0,4701
8	Monte nublado	0,4701
9	Monte seco	0,4670
10	Mte. semicad. sobre ácido	0,4696
11	Mte. semicad. sobre caliza	0,4699
12	Mte. semicad. de mal drenaje	0,4708
13	Pinar	0,4710
14	Pluvisilva	0,4729
15	Pluvisilva de montaña	0,4750
16	Uveral	0,4584

- CBT: Carbono Biomasa Total (t)= BT (t) x Coef. Carbono (s/u)
- CNM: Carbono Necromasa (t)= NM (t) x Coef. Carbono (s/u)
- CS: Carbono Suelo (t)= 123 (t/ha) x Superficie (ha) (Mercadet y Álvarez, 2010); excepto para las Formaciones mostradas en la Tabla 7, para las que se utilizan datos específicos.

Tabla 7. Valores de carbono en suelo empleados para las Formaciones Pinar y Manglar.

Formación	Cont. Prom. C (t/ha)	Fuente
Pinar	570	Álvarez, Mercadet y col. (2011) Rodríguez, Renda y Mercadet (2013) Renda, Rodríguez y Mercadet (2014) (Profundidad: 30 cm)
Manglar	153*	Base de datos Carbono Azul del Nicholas. Institute for Environmental Policy Solutions (2011). (Profundidad: 1 m)

* Ajuste a 30 cm de profundidad del valor reportado para un metro.

3. Determinación del Indicador 3.5 de Manejo Sostenible.

El Indicador es calculado a partir de los siguientes elementos del patrimonio administrado:

- Cobertura alcanzada (%):

$$\frac{(\text{Área bosq. nat.} + \text{Área plant. estab.}) \cdot 100}{(\text{Área bosq. nat.} + \text{Área plant. estab.} + \text{Área por reforestar})}$$

- Retención promedio de carbono (tC/ha): Obtenida a partir de los resultados del Año Base.
- Ponderación de la capacidad sumidero: Obtenida a partir de la Tabla 8.

Tabla 8. Ponderación de la capacidad sumidero de la Empresa.

Cobertura Alcanzada (%)	Retención de Carbono (tC/ha)				
	> 285	231 – 285	171 – 230	115 – 170	< 115
>90	4	4	3	3	2
86–90	4	3	3	2	2
81–85	3	3	2	2	1
75–80	3	2	2	1	1
<75	2	2	1	1	0

- Afectaciones por incendios (%):

$$\frac{\text{Área prom. anual quemada} \cdot 100}{(\text{Área bosq. nat.} + \text{Área plant. estab.})}$$

- Ponderación del nivel de emisiones de GEI: Obtenida a partir de la Tabla 9.

Tabla 9. Ponderación de las emisiones de GEI de la Empresa.

Rango	Ponderación
Área relativa de incendios menor que 1,0%	4
Área relativa de incendios entre 1,1% y 1,5%	3
Área relativa de incendios entre 1,6% y 2,0%	2
Área relativa de incendios entre 2,1% y 3,0%	1
Área relativa de incendios mayor que 3%	0

- Evaluación del Indicador 3.5: Resulta del análisis conjunto de las ponderaciones de la capacidad sumidero y del nivel de emisiones de la Empresa, obtenido a partir de la Tabla 10.

Tabla 10. Ponderación del Indicador 3.5 de Manejo Sostenible.

Ponderación de la Capacidad Sumidero	Ponderación del Nivel de Emisiones				
	4	3	2	1	0
4	4	4	3	3	2
3	4	3	3	2	2
2	3	3	2	2	1
1	2	2	2	1	1
0	2	2	1	1	0

110

Los resultados finales de la ponderación del Indicador 3.5 serían los siguientes:

- Contribución sobresaliente a la mitigación: 4
- Contribución favorable a la mitigación: 3
- Contribución débil a la mitigación: 2
- Contribución muy débil a la mitigación: 1-0

4. Determinación del Balance de Emisiones (BE).

Es una opción que ofrece el sistema para que el administrador conozca si se ha registrado una evolución creciente de las remociones de carbono atmosférico entre dos evaluaciones sucesivas del patrimonio que gestiona.

Para ello, se solicitan el año de la evaluación anterior y la retención total alcanzada en ella (RT_0 , tC/ha), para compararla con la retención total de la evaluación actual (RT_A , tC/ha), según la expresión:

$$BE = RT_0 - RT_A$$

Si la evaluación anterior excede en tres años a la evaluación actual, se emitirá el mensaje *Excede el límite de tiempo permitido* y los cálculos no serán efectuados. De lo contrario, se presentan los años cuyos resultados son comparados y el balance de emisiones en miles de toneladas de carbono y de CO_2 .

Si el balance es positivo ($RT_0 > RT_A$), debajo aparecerá el mensaje *Entidad fuente de emisiones*, pero si es negativo ($RT_0 < RT_A$), aparecerá el mensaje *Entidad sumidero de carbono*.

II. Cálculo de la Línea Base y de las alternativas de mitigación.

1. Cálculo de la Línea Base de Carbono.

El cálculo de la Línea Base de Carbono toma en consideración, por una parte, la caracterización de la gestión técnica del patrimonio forestal ofrecida por el administrador y por otra, el algoritmo que explica la dinámica temporal de uso y cambio de uso de la tierra dentro de ese patrimonio (Fig. 1).

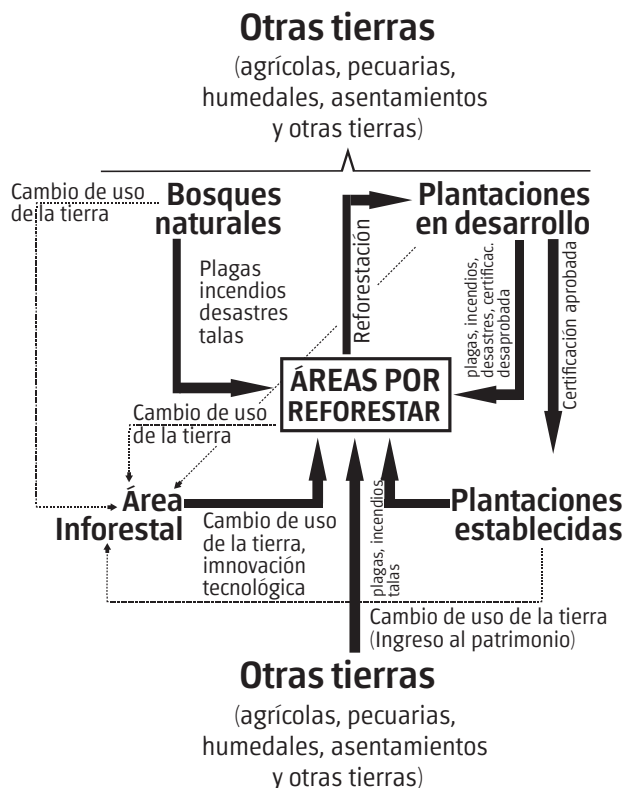


Figura 1. Algoritmo de la dinámica temporal de uso y cambio de uso de la tierra dentro del patrimonio forestal.

a. Cálculo de la variación de las áreas inforestales y del carbono que retienen.

- Su superficie se mantiene constante durante todo el tiempo y lo que varía es el carbono que retiene, en dependencia de si fue afectada o no por los incendios.
- En el caso de las áreas inforestales, sólo se considerará como afectable por incendios el aérea de las ciénagas (686 tC/ha), con un plazo de recuperación de 3 años para su biomasa aérea (43 tC/ha) (Mercadet y Álvarez, 2010).
- Para las restantes áreas inforestales (pastizales, tierras agrícolas y semidesiertos) se emplean anualmente los valores de carbono presentados en la Tabla 2.

b. Cálculo de la variación de superficie de las áreas por reforestar y del carbono que retienen.

- Se comprueba si la superficie por reforestar es mayor que el plan anual de reforestación.

Si lo es, se le deduce el plan; si no lo es, se ajusta el plan a la superficie disponible.

- Se calcula qué parte de la superficie de talas rasas es de plantaciones.
- Se calcula el área de incendios que afectó las áreas por reforestar, las plantaciones en desarrollo, las plantaciones certificadas y los bosques naturales.
- Se calcula qué parte de las plantaciones en desarrollo no llegan a ser certificadas.
- Se calcula cuánta área por reforestar hay para el año siguiente: la que queda por plantar, más la de tala rasa, más la quemada (excepto la inforestal y la que estaba por reforestar), más las plantaciones en desarrollo que no se establecieron.
- El cálculo del carbono retenido se realiza utilizando los coeficientes presentados en la Tabla 3.

c. Cálculo de la variación de la superficie de las plantaciones en desarrollo y del carbono que retienen.

- Se parte de dos valores de superficie de plantaciones en desarrollo: Las ya existentes en el patrimonio en el año base y la superficie que se planta anualmente a partir de ese año.
- Durante los 3 primeros años, cada año un tercio de las plantaciones existentes en el año base se incorpora anualmente a las plantaciones certificadas, descontándoseles las áreas quemadas y el nivel de logro.
- A partir del cuarto año, cada año se incorpora a las plantaciones certificadas el valor del plan anual de plantación realizado 3 años antes, descontándosele las áreas quemadas y el nivel de logro.
- Para calcular el C retenido, se empleará el valor promedio de tC/ha obtenido para las áreas en desarrollo en el año base (cantidad total de C retenido / superficie total de plantaciones en desarrollo).

d. Cálculo de la variación de la superficie de las plantaciones establecidas, de su volumen y del carbono que retienen.

- A las plantaciones establecidas existentes se les descuenta la superficie de talas rasas anuales y el área quemada anual.
- A la superficie de plantaciones establecidas que queda se le añade cada año, la superficie de plantaciones en desarrollo que alcanzó los 3 años (descontándosele el área de incendios y el logro).
- A partir de la nueva superficie total calculada, del volumen promedio por hectárea en el año base y del IMA de volumen, se calcula el aumento registrado en el volumen total de las plantaciones.
- A partir de la relación existente entre el volumen/ha y el C/ha, se calcula la variación del C retenido.
- Del C retenido por las plantaciones se deduce el C extraído por talas no rasas, a partir de la relación calculada en el año base entre el C retenido por la biomasa aérea y el volumen existente.

e. Cálculo de la variación de la superficie de bosques naturales, de su volumen y del carbono que retienen.

- A los bosques naturales existentes se les descuenta la superficie de talas rasas anuales y el área quemada anual.
- A partir de la nueva superficie total calculada, del volumen promedio por hectárea en el año base y del IMA de volumen, se calcula el aumento registrado en el volumen total de los bosques naturales.
- A partir de la relación existente entre el volumen/ha y el C/ha, se calcula la variación del C retenido.
- Del C retenido por los bosques naturales se deduce el C extraído por talas no rasas, a partir de la relación calculada en el año base entre el C retenido por la biomasa aérea y el volumen existente.

f. Variación general del carbono retenido (Mt C) por cada componente de la Línea Base.

El carbono general retenido por año es la resultante de la suma anual del carbono retenido por las áreas inforestales, por las áreas por reforestar, por las plantaciones en desarrollo, por las plantaciones establecidas y por los bosques naturales.

2. Simulación de alternativas de mitigación.

El sistema evalúa los efectos generados sobre el comportamiento de la Línea Base por un total de 10 alternativas de mitigación, para un periodo máximo de tiempo de 10 años, según lo presentado en la Tabla 11.

Tabla 11. Alternativas de mitigación incluidas en el sistema.

Nº	Alternativa	Variación (%)	Tiempo (años)	
1	Aumentar el plan anual de fomento:			
2	Aumentar el logro de la reforestación:			
3	Disminuir la superficie anual de bosques artif. estab. quemados:			
4	Disminuir la superficie anual de bosques naturales quemados:			
5	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques artif. estab.:			
6	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques naturales:			
7	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosq. artif. estab.:			
8	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosq. naturales:			Sup. Atend./Año (ha)
9	Aumentar el incremento medio anual de los bosques artificiales:			
10	Aumentar el incremento corriente anual de los bosques naturales			

Cálculo y comparación de retenciones por las alternativas de mitigación.

Si las alternativas de mitigación solicitadas no presentan errores, el sistema calcula el nuevo valor a usar con respecto al valor inicialmente suministrado en las Páginas de Entrada de Datos, reprocesa los datos del Año Base y obtiene las Líneas Alternativas de Mitigación solicitadas. Para el cálculo de las Líneas Alternativas de Mitigación el sistema:

1. Divide el porcentaje de variación indicado para la simulación, entre el tiempo de ejecución que se estimó necesario para su realización, dando lugar a un porcentaje de variación anual (PVA [%/año]).
2. Modifica los resultados de la Línea Base original añadiéndole progresivamente el PVA a cada año, durante los años indicados, hasta alcanzar el porcentaje indicado para la simulación.

En el caso de las alternativas 9 y 10, el sistema calcula la retención habitual de carbono alcanzada y le adiciona la correspondiente a la superficie que el administrador puede atender anualmente, aplicándole el incremento establecido de forma que el máximo señalado se alcance en el tiempo previsto. Finalmente, para obtener los resultados de la alternativa, el sistema suma ambas retenciones y las compara con la de la Línea Base.

El proceso de simulación de alternativas puede ser reiteradamente repetido con valores diferentes a los iniciales, incluyendo en la selección nuevas alternativas o excluyendo algunas de las ya evaluadas, pero no permite el cálculo automático de los efectos de dos o más alternativas en un solo resultado.

III. Análisis económico de la mitigación.

Este proceso de análisis solo es desarrollado por el sistema cuando el administrador facilita los costos unitarios correspondientes a cada alternativa de mitigación seleccionada (Tabla 12) y, se indica el precio a que será pagada la tonelada de CO₂ mitigada.

Tabla 12. Datos de costo por alternativa de mitigación a suministrar por el administrador.

No	COSTO DE EJECUCIÓN DE CADA ACTIVIDAD	(CUP+CUC)	UNIDADES
1	Aumentar el área anual de fomento:		\$/ha
2	Aumentar el logro de la reforestación:		\$/ha establecida
3	Disminuir la superficie anual de bosques artif. estab. quemados:		\$/ha protegida
4	Disminuir la superficie anual de bosques naturales quemados:		\$/ha protegida
5	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques artif. estab.:		\$/m ³ madera
6	Disminuir superficie anual de talas rasas en bosques naturales:		\$/m ³ madera
7	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosq. artific. estab.:		\$/m ³ madera
8	Disminuir vol. anual extraído por otras talas en bosq. naturales:		\$/m ³ madera
9	Aumentar el incremento medio anual de los bosques artificiales:		\$/ha
10	Aumentar el incremento corriente anual de los bosques naturales:		\$/ha

1. Gasto anual y total para lograr la mitigación (GT-\$).

En cada alternativa de mitigación y partiendo del valor obtenido como diferencia entre el resultado de la línea de mitigación y el de la línea base para cada año, así como del costo unitario facilitado por el usuario, el sistema calcula el gasto en que anualmente el administrador debe incurrir para alcanzar esa mitigación y, al final, el gasto total a ejecutar durante 10 años para implementar la alternativa de mitigación.

2. Costo anual y promedio para lograr la mitigación (CP-\$).

En cada alternativa de mitigación y partiendo por una parte del gasto que anualmente el administrador debe realizar para alcanzar la mitigación y por otra, de la magnitud de mitigación alcanzada, el sistema calcula el costo anual correspondiente a la alternativa y el costo promedio correspondiente al término de los 10 años de implementación.

3. Ingreso bruto (IB-\$).

Resultado del producto del precio de la tonelada de CO₂ mitigada, por la magnitud de la mitigación total alcanzada al cabo de los 10 años de implementación.

4. Ingreso neto (IN-\$).

Resultado de la diferencia entre el ingreso bruto y el gasto total correspondientes a cada alternativa de mitigación.

Si en una alternativa el ingreso bruto obtenido es menor que el gasto total realizado, en el ingreso neto aparecerá el aviso No hay.

5. Gastos por peso de ingreso (G/P-\$).

Resultado del cociente entre el gasto total y el ingreso bruto; constituye un indicador de la rentabilidad de la alternativa de mitigación evaluada.

6. Valor actual neto (VAN-\$).

Es calculado a partir del flujo de caja por 10 años (diferencia anual entre ingresos y gastos, incluyendo los fijos y los variables) correspondiente a cada alternativa de mitigación. Una vez realizados los flujos de caja se procede a calcular el Valor Actual Neto (VAN) para estimar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por la inversión ambiental que representa la implementación de la alternativa de mitigación, determinada por la expresión (Gómez, 2015):

$$VAN = \left(\sum_{t=1}^n ((B_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0$$

donde:

B_t - Beneficios en el año t .

C_t - Costos en el año t .

r = tasa de descuento (10%).

I_0 = inversión inicial.

Considerando los resultados de la siguiente manera:

- $VAN > 0$ Utilidades: Valor actual de los ingresos > Valor actual de los egresos.
- $VAN = 0$ Indiferencias: No existen utilidades ni pérdidas.
- $VAN < 0$ Pérdidas: Valor actual de los ingresos < Valor actual de los egresos.

7. Tasa interna de retorno (TIR-%).

Se basa en la fórmula del VAN, definiéndose como el valor de la tasa de descuento (r) a la cual el valor neto se haría cero, o sea se igualan los beneficios netos actualizados con la inversión inicial (Gómez, 2015):

$$VAN = \left(\sum_{t=1}^n ((B_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0$$

Considerando los resultados de la siguiente manera:

- $TIR > k$ VAN positivo.
- $TIR = k$ VAN = 0
- $TIR < 0$ VAN negativo.

Si el VAN es negativo, en el TIR aparecerá el aviso No procede.

8. Tiempo de recuperación de la inversión (TRI – años y meses).

Para calcular el tiempo de recuperación de la inversión, considerando flujos de caja diferentes entre años, se aplica la expresión (Gómez, 2015):

$$\left(\sum_{t=1}^{TR} ((I_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0 = 0$$

donde:

I_t - Inversión en el año t .

C_t - Flujo de caja en el año t .

r - tasa de descuento (10%).

I_0 - Inversión inicial.

Si el VAN es negativo, en el TRI aparecerá el aviso No procede.

REPORTE DE RESULTADOS

Los resultados se presentan en la hoja REPORTE, divididos en cuatro partes:

1. Resultados del año base.
2. Balance de emisiones.
3. Resultados de la línea base de retención de carbono.
4. Resultados de las alternativas de mitigación.

1. Año Base.

Los resultados del año base incluyen la definición del año correspondiente a los datos analizados, los valores generales obtenidos para el patrimonio forestal evaluado y la distribución relativa (%) del contenido de carbono por depósito y componente; los correspondientes a los bosques establecidos por especie, a los bosques naturales por formación y a las categorías de bosque, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados del patrimonio evaluado para el año base.

RESULTADOS DEL AÑO BASE:

Resultados generales del administrador:

ADMINISTRA- DOR	REPORTE										IMSB 3.5
	Superficie (ha)			Rendimiento Madera (RM: m³/ha)			Retención de Carbono (RC: tC/ha)				
	TOTAL	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	Área Cbta.	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	TOTAL	Bosques Artificiales	Bosques Naturales	10 años después	
											Mejor Valor: 4

Distribución del carbono por depósito (%):

DEPÓSITO	TOTAL	Bosques Artificiales	Bosques Naturales
En la biomasa	0,00	0,00	0,00
En la necromasa	0,00	0,00	0,00
En el suelo	0,00	0,00	0,00

Tabla 13. (cont.)

1. Bosques artificiales establecidos

Nº	ESPECIE	Superf. (ha)	RM (m³/ha)	RC (tC/ha)
1	Acacia			
2	Acana			
3	Alamo			
4	Albizzia falcata			
5	Albizzia procera			
120	Yaba			
121	Yagruma			
122	Yamagua			
123	Yana			
124	Yarúa			
125	Yaya			
126	Otras especies			

2. Bosques naturales

Nº	FORMACIÓN	Superf. (ha)	RM (m³/ha)	RC (tC/ha)
1	Charrascal			
2	Cuabal			
3	Encinar			
4	Manglar			
5	Manigua costera			
6	Monte fresco			
7	Monte nublado			
8	Pinar			
9	Pluvilsilva			
10	Pluvilsilva montaña			
11	Semicaduc./ácido			
12	Semicaduc./mal drenaje			
13	Semicaduc./calizo			
14	Uveral			
15	Xerófilo de mogote			
16	Xerófilo típico			

Nº	CATEGORÍA DE BOSQUES	Superficie (ha)	RM (m³/ha)	RC (tC/ha)
1	Productor			
2	Protector de Agua y Suelo			
3	Protector del Litoral			
4	Protector de la Flora y la Fauna			
5	Manejo Especial			
6	Recreativo			
7	Educativos y Científicos			

116

DE EMISIONES:		
---------------	--	--

BALANCE DE EMISIONES:		
Miles de tC	Miles tCO ₂	

[illegible]

Al realizar el procesamiento, el sistema sustituye los números de los años por los valores correspondientes, tanto en la tabla como en el gráfico, asignando valores al eje Y del gráfico.

4. Resultados de las alternativas de mitigación.

Los resultados de las alternativas de mitigación son presentados en dos tablas. La primera contiene el resumen de los datos introducidos inicialmente para los cálculos, como se muestra en la Tabla 16, mientras que la segunda contiene los resultados de mitigación de cada alternativa (cantidad en que supera el valor de remoción de CO₂ de la línea base, a los 10 años) y todos los indicadores económicos requeridos para permitir que el administrador se encuentre en condiciones de adoptar una decisión informada sobre qué le conviene más hacer, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 16. Resumen de los datos correspondientes a las alternativas de mitigación.

Alternativas	Valor inicial		Variación (%)	Área Atendida (ha/a)	Costo unitario		Periodo de Implementación (a)	Periodo de capitalización (a)
	Valor	Unidad			Costo	Unidad		
Aumento plan fomento		ha				\$/ha		
Aumento logro		%				\$/ha establec.		
Dism. bqs. artif. quemados		ha				\$/ha protegida		
Dism. bqs. nat. quemados		ha				\$/ha protegida		
Dism. talas rasas bqs. artif.		ha				\$/m ³ madera		
Dism. talas rasas bqs. nat.		ha				\$/m ³ madera		
Dism. otras talas bqs. artif.		m ³				\$/m ³ madera		
Dism. otras talas bqs. nat.		m ³				\$/m ³ madera		
Aumento IMA bqs. artif.		m ³ /ha/a				\$/ha		
Aumento ICA bqs. nat.		m ³ /ha/a				\$/ha		

Los periodos de implementación y capitalización se refieren a los tiempos necesarios para realizar las acciones de mitigación (implementación) y al tiempo total durante el que sus efectos serán evaluados (capitalización, que para todas las alternativas será 10 años a partir de su inicio). En consecuencia, si la implementación requiere 3 años, la capitalización dispondrá de 7 años, para un total de 10 años.

Debajo de la primera tabla aparece el precio que fue utilizado para el pago de la tonelada de CO₂ atmosférico mitigado.

Tabla 17. Resultados de las alternativas de mitigación evaluadas.

Alternativas	Mitigación (tC)	Gasto total (GT - \$)	Efic. Econ. (\$/tCO ₂)	Ingreso bruto (IB - \$)	Ingreso neto (\$)	Relación GT/IB (\$/\$)	VAN (\$)	TIR (%)	Tiempo Recup. Invers.	
									Años	Meses
Aumento plan fomento										
Aumento logro										
Dism. bqs. artif. quemados										
Dism. bqs. nat. quemados										
Dism. talas rasas bqs. artif.										
Dism. talas rasas bqs. nat.										
Dism. otras talas bqs. artif.										
Dism. otras talas bqs. nat.										
Aumento IMA bqs. artif.										
Aumento ICA bqs. nat.										

Si no se solicitó la evaluación económica de la mitigación, en la Tabla 17 las columnas con indicadores económicos estarán en blanco.

Habitualmente, la mejor alternativa de mitigación es aquella que alcanza la mayor mitigación, con el mayor ingreso neto, en el menor periodo de recuperación de la inversión; no obstante, la selección de la alternativa a implementar puede estar condicionada por otros aspectos tecnológicos y/o económicos, en dependencia de las condiciones particulares del administrador. Por ese motivo, en lugar de comparar, seleccionar y proponer una alternativa específica, el sistema ofrece los resultados de todas las alternativas al administrador, para que sea él quien decida cuál escoger.

ANEXO 2

Factores de emisión: densidad básica y fracción de carbono por especie usados por SUMFOR v-4.00 (Álvarez, Mercadet y Peña, 2019).

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD BÁSICA ¹ (kg/m ³)	FRAC. DE C ² (%)
1	Acacia	<i>Acacia mangium</i> Willd.	520	48,54
2	Acana	<i>Manilkara albescens</i> (Gris.) Cronq.	917	47,01
3	Alamo	<i>Latif religiosa</i> L.	403	49,09
4	Albizzia falcata	<i>Albizzia falcata</i> (L.) Fosberg.	250	47,17
5	Albizzia procera	<i>Albizzia procera</i> Benth.	493	47,01
6	Albizzia sp.	<i>Albizzia spp.</i>	485	47,01
7	Algarrobo brasileño	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) P. DC.	578	47,01
8	Algarrobo del país	<i>Albizzia saman</i> (Jacq.) F. Muell.	437	46,37
9	Algarrobo indio	<i>Albizzia procera</i> Benth.	493	47,01
10	Algarrobo sp.	<i>Albizzia spp.</i>	568	47,01
11	Almácigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.	293	45,53
12	Almendro	<i>atifi occidentalis</i> (Sw.)	830	47,01
13	Almendro de la India	<i>Terminalia catappa</i> L.	440	47,38
14	Anacahuita	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) Karst.	378	47,01
15	Ateje	<i>Cordia collococa</i> L.	425	47,01
16	Ayúa	<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) D.C.	500	46,16
17	Azulejo	<i>Talauma minor</i> Urb.	645	47,01
18	Bacona	<i>Albizzia cubana</i> Britt. Et Wilson	773	49,40
19	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	250	47,90
20	Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad.	565	48,15
21	Baría	<i>Gerascanthus gerascanthoide</i> L.	740	46,02
22	Bayúa	<i>Zanthoxylum elephanthiasis</i> Macf.	525	50,47
23	Bija	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz.	701	47,01
24	Bijáguara	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	677	46,39
25	Brasil	<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	1013	47,01
26	Búcaro	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook.	266	47,01
27	Cabo de hacha	<i>Trichilia hirta</i> L.	610	46,50
28	Caña de Castilla	<i>Arundo donax</i> L.	614	47,01
29	Caña fistula	<i>Peltophorum dubium</i>	717	47,01
30	Cañandonga	<i>Cassia grandis</i> L.	645	47,01
31	Caoba africana	<i>Khaya ivorensis</i> A. ati.	445	47,01
32	Caoba antillana	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	653	47,99
33	Caoba de Honduras	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	470	46,79
34	Caoba híbrida	<i>Swietenia macrophylla</i> x <i>S. mahagoni</i>	605	47,01
35	Carbonero	<i>Colubrina elliptica</i> (Sw.) Brizicki et Stern	843	47,15
36	Carolina	<i>Pachira insignis</i> Sarg.	614	47,01
37	Casco de vaca	¿?	614	47,01
38	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	820	47,59
39	Cayeput	<i>Melaleuca leucodendron</i> L.	589	47,57

1. Los valores en negrita y negro, son estimados de la densidad básica a partir de valores de densidad seca al aire (DB = 0,0134 + 0,800 DS); los valores en negrita y rojo, son valores promedio obtenidos a partir del conjunto de especies.
2. Los valores en rojo, son valores promedio obtenidos a partir de los datos de la tabla.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD BÁSICA ³ (kg/m ³)	FRAC. DE C ⁴ (%)
40	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	525	47,43
41	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaert.	251	47,01
42	Chicharrón	<i>Terminalia eriostachya</i> Rich.	893	47,01
43	Coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	500	47,01
44	Copal	<i>Protium cubense</i> (Rose) Urb.	621	47,01
45	Copey	<i>Clusia rosea</i> (L.) Jaq.	670	47,01
46	Cuajani	<i>Laurocerasus occidentalis</i> (Sw.) Roem.	840	47,01
47	Cuyá	<i>Bumelia salicifolia</i>	813	47,01
48	Dagame	<i>Callycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC.	760	47,58
49	Ebano	<i>Diospyros crassinervis</i> (Krug. Et Urb.) Standl.	670	47,01
50	Encino	<i>Quercus oleoides</i> C.ØS. var. <i>sagreaana</i> C.H. Mull.	480	47,01
51	Eucalyptus limón	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook f.	640	47,01
52	Eucalyptus saligna	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	590	42,34
53	Eucalyptus pellita	<i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.	920	48,75
54	Eucalyptus sp.	<i>Eucalyptus</i> spp.	790	47,01
55	Framboyán amarillo	<i>Baryxylum inerme</i> (Roxb.) Pierre	573	47,01
56	Framboyán rojo	<i>Delonix regia</i> (Coker) Raf.	713	47,01
57	Frijolillo	<i>Hebestigma cubensis</i> (H.B.K.) Urb.	909	47,01
58	Gavilán	<i>Simaruba glauca</i> D.C.	390	47,01
59	Gmelina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	400	46,98
60	Guairaje	<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd.	760	45,62
61	Guamá sp.	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sargent.	800	46,20
62	Guana	<i>Sterculia cubensis</i> Urb.	213	47,01
63	Guanima	¿?	614	47,01
64	Guávana	<i>Cupania glabra</i> Sw.	614	47,01
65	Guásima	<i>Guazuma tomentosa</i> H.B.K.	517	46,42
66	Guayacán	<i>Guaiaecum officinale</i> L.	1085	48,26
67	Gúira sp.	<i>Crescentia cujete</i> L.	605	47,01
68	Hicaquillo	<i>Coccoloba retusa</i> (Gris.) Cat.	764	47,01
69	Inga dulce	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Bent.	549	47,01
70	Ipil-ípil	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	640	46,46
71	Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i> L.	580	47,01
72	Jagüey	atif spp.	390	47,01
73	Jatía	<i>Phyllostylon brasiliensis</i> Capanema.	770	47,01
74	Jiquí	<i>Pera bumeliaefolia</i> Gris.	973	47,01
75	Jobo	<i>Spondias atifi</i> L.	372	47,01
76	Jocuma	<i>Mastichodendron foetidissimum</i> (Jacq.) Cronquist.	853	46,83
77	Júcaro amarillo	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) How.	510	47,01
78	Júcaro sp.	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl.) Eichl.	645	47,01
79	Leucaena gigante	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	640	47,01
80	Macurije	<i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.	613	47,01
81	Maguey	¿?	614	47,01

3. Los valores en negrita y negro, son estimados de la densidad básica a partir de valores de densidad seca al aire (DB = 0,0134 + 0,800 DS); los valores en negrita y rojo, son valores promedio obtenidos a partir del conjunto de especies.

4. Los valores en rojo, son valores promedio obtenidos a partir de los datos de la tabla.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD BÁSICA ⁵ (kg/m ³)	FRAC. DE C ⁶ (%)
82	Majagua	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	455	46,60
83	Manajú	<i>Rheedia aristata</i> atifi.	766	47,01
84	Mangle prieto	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	680	47,01
85	Mangle rojo	<i>Rhizophora mangle</i> L.	840	47,01
86	Mantequero	<i>Magnolia cubensis</i> Urb.	530	47,01
87	Marañón	<i>Anacardium occidentale</i> L.	790	47,01
88	Najesí	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	523	47,28
89	Nim	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	613	49,74
90	Nogal	<i>Juglans atifical</i> Gris.	533	45,94
91	Ocuje	<i>Calophyllum pinetorum</i> Bisse	610	48,75
92	Oreja de judío	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Gris.	350	46,88
93	Palma cana	<i>Sabal maritima</i>	900	47,01
94	Palma real	<i>Roystonea regia</i> O.F. Cook.	781	47,01
95	Palma sp.		930	47,01
96	Palo de Campeche	<i>Haemathoxylum campechianum</i> L.	805	47,01
97	Palo María	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	530	47,01
98	Paraíso de la India	<i>Melia azadirachta</i> L.	460	45,91
99	Patabán	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.	620	47,01
104	Piñón botija	<i>Jatropha curcas</i> L.	253	47,01
105	Piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	520	46,88
106	Piñón	<i>atifica</i> spp.	612	47,01
107	Roble blanco	<i>Tabebuia angustata</i> atifi.	612	49,07
108	Roble guayo	<i>Vitex atifical</i> Sw.	581	47,01
109	Roble	<i>Tabebuia</i> spp.	693	47,16
110	Sabicú	<i>Lysiloma sabicu</i> (L.) Benth.	629	46,78
111	Salsafrá	¿?	614	47,01
112	Salvadera	<i>Hura crepitans</i> L.	400	47,01
113	Sangre de doncella	<i>Hyeronyma crassistipula</i> Urb.	783	47,01
114	Sigua	<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Gris.	597	46,08
115	Soplillo	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	605	45,21
116	Teca	<i>atific grandis</i> L.	515	48,49
117	Tengue	<i>Poeppigia procera</i> Presl.	673	46,66
118	Uva caleta	<i>Coccoloba uvifera</i> Jacq.	765	44,66
119	Uva gomosa	<i>Cordia atific</i> Willd.	445	47,01
120	Yaba	<i>Andira atific</i> (Sw.) H.B.K.	640	47,64
121	Yagruma	<i>Cecropia peltata</i> L.	309	46,50
122	Yamagua	<i>Guarea guara</i> (Jacq.) P. Wills.	605	47,88
123	Yana	<i>Conocarpus erecta</i> L.	893	47,01
124	Yarúa	<i>Caesalpineia violacea</i> (Mill.) Standl.	749	50,10
125	Yaya	<i>Oxandra atifical</i> (Sw.) Bail.	773	46,10
126	Otras especies		614	47,01
DENSIDAD PROMEDIO			614	
COEFICIENTE PROMEDIO DE CARBONO				47,01

5. Los valores en negrita y negro, son estimados de la densidad básica a partir de valores de densidad seca al aire (DB = 0,0134 + 0,800 DS); los valores en negrita y rojo, son valores promedio obtenidos a partir del conjunto de especies.

6. Los valores en rojo, son valores promedio obtenidos a partir de los datos de la tabla.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DENSIDAD BÁSICA ⁴ (kg/m ³)	FRAC. DE C (%)	
				Madera	Corteza
100	Pino de la S. Maestra	<i>Pinus maestrensis</i> Bisse	605	46,78	52,55
101	Pino de Mayarí	<i>Pinus cubensis</i> 4atifi.	629	47,15	51,91
102	Pino hembra	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	525	47,14	50,27
103	Pino macho	<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Barret y Golfari	495	47,53	52,68
DENSIDAD PROMEDIO			564		
COEFICIENTE PROMEDIO DE CARBONO				47,15	51,85

122

Factores de emisión: densidad básica y de la fracción de carbono por formación natural usados por SUMFOR v-4.00

Nº	FORMACIÓN	Densidad Básica Promedio (kg/m ³)				FRAC. DE C (%)
		NACIONAL	OCCIDENTAL	CENTRAL	ORIENTAL	
1	Charrascal	740,0	670,0	670,0	740,0	47,01
2	Cuabal	821,8	821,8	823,0	852,9	47,01
3	Encinar	480,0	480,0	480,0	480,0	47,01
4	Manglar	753,3	753,3	753,3	753,3	47,17
5	Manigua costera	636,7	636,7	636,7	636,7	47,01
6	Monte fresco	740,0	740,0	740,0	740,0	47,01
7	Monte nublado	690,0	710,0	570,0	690,0	47,01
8	Pinar	627,1	630,0	627,1	636,7	46,90
9	Pluvsilva	583,5	523,3	591,1	638,7	47,29
10	Pluvsilva de montaña	638,8	604,2	591,1	638,7	47,50
11	Semicad. de mal drenaje	593,0	633,8	665,7	593,0	47,08
12	Semicad. sobre sielo calizo	662,3	653,9	652,0	656,3	46,99
13	Semicad. sobre suelo ácido	637,9	637,0	646,3	645,6	46,96
14	Uveral	720,0	720,0	720,0	720,0	45,84
15	Xerófilo de mogotes	770,0	755,7	830,0	770,0	47,01
16	Xerófilo típico	799,1	809,0	805,6	800,3	46,70

Reportes de Carbono del Grupo Empresarial Agroforestal Resultados de madera y carbono por especie

Nº	ESPECIE	Reporte 2013		Reporte 2017				Reporte 2019			
		C en la biomasa Aérea (tC/ha)	C en la Biomasa Total (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)
1	Acacia	29,40	38,20	10	2 815,66	45,39	170,23	10	2 815,66	45,39	170,23
2	Albizia falcata			2	3,00	8,00	135,17	2	3,00	8,00	135,17
3	Albizia procera	12,50	16,20	2	464,40	35,89	159,31	2	464,40	35,89	159,31
4	Albizia sp.	32,50	42,30	2	10,00	57,55	177,46	2	10,00	57,55	177,46
5	Algarrobo del país	13,60	17,70	12	1 088,72	44,37	151,35	12	1 088,72	44,37	151,35
6	Algarrobo indio	45,80	59,50	9	6 489,70	53,66	173,59	9	6 489,70	53,66	173,59
7	Algarrobo sp.	56,40	73,30	3	97,30	33,17	117,76	3	97,30	33,17	117,76
8	Almácigo	27,60	35,90	3	13,29	19,27	140,53	3	13,29	19,27	140,53
9	Almendra	82,60	107,30	4	120,60	38,25	180,89	4	120,60	38,25	180,89
10	Almendo de la India			1	7,00	120,63	218,63	1	7,00	120,63	218,63
11	Anacahuíta	3,10	4,00	1	26,80	6,00	135,36	1	26,80	6,00	135,36
12	Ateje	3,00	3,90	2	10,80	19,50	145,80	2	10,80	19,50	145,80
13	Avúa			1	0,80	42,25	167,08	1	0,80	42,25	167,08
14	Bacona	55,10	71,70								
15	Balsa	41,60	54,00	1	0,10	8,00	135,65	1	0,10	8,00	135,65
16	Bambú	5,60	7,30	9	825,20	22,53	138,51	9	825,20	22,53	138,51
17	Baría	15,70	20,50	8	1 088,27	26,90	146,12	8	1 088,27	26,90	146,12
18	Biágua	13,20	17,20	9	1 780,67	29,37	163,48	9	1 780,67	29,37	163,48
19	Brasil			1	3,92	5,00	140,24	1	3,92	5,00	140,24
20	Búcaro	3,60	4,60	2	2,20	2,00	66,74	2	2,20	2,00	66,74
21	Caña fistula	18,60	24,10	1	9,90	4,00	136,44	1	9,90	4,00	136,44
22	Cañandonga	14,10	18,30	1	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00
23	Caoba africana	84,10	109,40	7	62,46	43,76	163,95	7	62,46	43,76	163,95
24	Caoba antillana	23,40	30,40	11	1 575,87	29,85	151,60	11	1 575,87	29,85	151,60
25	Caoba de Honduras	26,60	34,50	13	2 694,43	32,74	145,78	13	2 694,43	32,74	145,78
26	Caoba híbrida	20,70	26,90	3	244,68	20,33	151,73	3	244,68	20,33	151,73
27	Carbonero	3,30	4,30	2	51,90	18,56	156,81	2	51,90	18,56	156,81
28	Casuarina	52,10	67,70	11	6 621,11	42,62	173,39	11	6 621,11	42,62	173,39

Nº	ESPECIE	Reporte 2013		Reporte 2017			Reporte 2019				
		Cen la biomasa Aérea (tC/ha)	Cen la Biomasa Total (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)
29	Cayeput	54,70	71,10								
30	Cedro	7,50	9,70	13	1 019,03	32,03	149,32	13	1 019,03	32,03	149,32
31	Ceiba	1,30	1,70	1	0,20	4,00	133,49	1	0,20	4,00	133,49
29	Cayeput	54,70	71,10								
30	Cedro	7,50	9,70	13	1 019,03	32,03	149,32	13	1 019,03	32,03	149,32
31	Ceiba	1,30	1,70	1	0,20	4,00	133,49	1	0,20	4,00	133,49
32	Coco	27,60	35,80	3	24,70	61,67	182,17	3	24,70	61,67	182,17
33	Copal	5,30	6,90	1	0,40	4,00	136,13	1	0,40	4,00	136,13
34	Copey	128,30	166,80								
35	Cuyá	31,10	40,40	2	35,80	10,32	145,38	2	35,80	10,32	145,38
36	Dagame	113,40	147,40								
37	Ébano	16,20	21,00								
38	Encino	71,50	92,90								
39	Eucalypto saligna	115,70	150,40	4	8 707,20	85,63	198,85	4	8 707,20	85,63	198,85
40	Eucalypto sp.	46,10	60,00	11	6 983,63	44,04	168,84	11	6 983,63	44,04	168,84
41	Framboyán amarillo	6,20	8,10	1	8,30	3,00	134,53	1	8,30	3,00	134,53
42	Framboyán rojo	19,80	25,80	2	2,90	43,39	183,55	2	2,90	43,39	183,55
43	Frijolillo	6,30	8,20	2	46,20	21,50	162,91	2	46,20	21,50	162,91
44	Gavilán	18,00	23,40	2	12,20	5,92	135,54	2	12,20	5,92	135,54
45	Gmelina	53,30	69,30	7	272,69	51,23	165,03	7	272,69	51,23	165,03
46	Guairaje	37,90	49,30	1	4,00	10,00	143,84	1	4,00	10,00	143,84
47	Guamá sp.	3,50	4,50	1	39,60	8,00	141,70	1	39,60	8,00	141,70
48	Guanima			1	2,00	37,50	170,36	1	2,00	37,50	170,36
49	Guávana	61,20	79,50	1	10,60	63,02	194,38	1	10,60	63,02	194,38
50	Guásima	16,50	21,40	4	83,10	39,78	165,65	4	83,10	39,78	165,65
51	Guayacán sp.	22,90	29,70	2	220,00	10,50	84,26	2	220,00	10,50	84,26
52	Guíra sp.	3,10	4,10								
53	Inga dulce	7,20	9,40	3	445,10	12,67	98,86	3	445,10	12,67	98,86
54	Ipil-ípil	8,40	10,90	8	3 701,00	34,60	149,87	8	3 701,00	34,60	149,87

Nº	ESPECIE	Reporte 2013		Reporte 2017			Reporte 2019				
		Cen la biomasa Aerea (tC/ha)	Cen la Biomasa Total (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)
55	Jagüey			1	2,70	55,00	167,56	1	2,70	55,00	167,56
56	Jatía	3,90	5,10	1	1,60	23,00	161,70	1	1,60	23,00	161,70
57	Jocuma	4,60	6,00	1	7,90	6,00	140,14	1	7,90	6,00	140,14
58	Júcaro amarillo	65,40	85,00	3	155,00	47,72	170,21	3	155,00	47,72	170,21
59	Júcaro sp.	10,70	13,90	3	334,80	38,96	171,56	3	334,80	38,96	171,56
60	Leucaena gigante	64,00	83,20	4	141,49	96,58	215,95	4	141,49	96,58	215,95
61	Maguey	1,00	1,30	2	258,80	80,50	208,99	2	258,80	80,50	208,99
62	Majagua sp.	49,80	64,70	12	5 329,24	46,26	153,97	12	5 329,24	46,26	153,97
63	Manajú	33,10	43,00								
64	Mangle prieto	37,80	49,10	6	597,40	29,92	193,77	6	597,40	29,92	193,77
65	Mangle rojo	56,70	73,70	12	4 716,05	33,61	192,23	12	4 716,05	33,61	192,23
66	Marañón	5,10	6,60	5	128,70	37,80	148,25	5	128,70	37,80	148,25
67	Najesi	37,00	48,10	1	2,10	121,00	236,94	1	2,10	121,00	236,94
68	Nim	19,20	22,40	5	216,40	16,40	122,73	5	216,40	16,40	122,73
69	Nogal	33,10	43,00								
70	Ocuje	56,90	74,00	13	4 786,22	48,82	168,99	13	4 786,22	48,82	168,99
71	Oreja de judío	4,90	6,40	1	17,60	8,00	136,23	1	17,60	8,00	136,23
72	Palma cana			2	29,00	50,60	194,59	2	29,00	50,60	194,59
73	Palma real	12,20	15,80	8	79,18	23,13	144,06	8	79,18	23,13	144,06
74	Palma sp.	1,00	2,50	1	2,50	36,92	188,78	1	2,50	36,92	188,78
75	Paraíso de la India	96,60	125,50	3	194,80	56,33	171,85	3	194,80	56,33	171,85
76	Patabán	76,40	99,40	3	1 787,70	86,62	601,30	3	1 787,70	86,62	601,30
77	Pino de la S. Maestra	69,80	90,70	1	4 998,20	10,00	985,66	1	4 998,20	10,00	985,66
78	Pino de Mayarí	114,40	148,80	3	13 589,20	36,77	269,18	3	13 589,20	36,77	269,18
79	Pino hembra	109,30	142,10	2	4 040,90	127,85	761,21	2	4 040,90	127,85	761,21
80	Pino macho	94,60	123,00	9	42 659,31	111,44	361,27	9	42 659,31	111,44	361,27
81	Piñón botija	1,10	1,40	1	8,20	6,00	134,19	1	8,20	6,00	134,19
82	Piñón florido	25,00	32,50	6	734,40	31,44	135,76	6	734,40	31,44	135,76

N°	ESPECIE	Reporte 2013		Reporte 2017			Reporte 2019				
		C en la biomasa Aérea (tC/ha)	C en la Biomasa Total (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)	Cantidad de Empresas con la Especie	Superficie Total (ha)	Rendimiento de Madera (m³/ha)	Retención de Carbono (tC/ha)
83	Roble blanco	20,00	26,00	6	700,10	29,73	162,70	6	700,10	29,73	162,70
84	Roble sp.	44,40	57,80	7	125,56	43,14	180,16	7	125,56	43,14	180,16
85	Sabirú	4,40	129,20	2	126,00	29,00	162,90	2	126,00	29,00	162,90
86	Sigua	1,00	1,80	1	1,80	51,67	182,22	1	1,80	51,67	182,22
87	Soplillo	19,60	25,50	11	5 436,51	36,14	152,47	11	5 436,51	36,14	152,47
88	Teca	38,60	50,20	11	1638,70	47,51	171,99	11	1638,70	47,51	171,99
89	Tengue	1,20	1,50	1	1,50	3,00	135,08	1	1,50	3,00	135,08
90	Uva caleta	38,70	50,40	4	41,58	11,16	144,65	4	41,58	11,16	144,65
91	Uva gomosa	3,00	3,90	1	134,40	5,00	135,19	1	134,40	5,00	135,19
92	Yaba	30,10	39,10	6	123,70	20,42	131,41	6	123,70	20,42	131,41
93	Yagruma	2,00	2,60	1	12,40	4,00	133,57	1	12,40	4,00	133,57
94	Yamagua	3,50	4,60	3	19,90	46,33	176,76	3	19,90	46,33	176,76
95	Yana	71,90	93,50	4	2 206,82	42,48	220,20	4	2 206,82	42,48	220,20
96	Yarúa	30,90	40,10	9	1 952,40	20,39	143,31	9	1 952,40	20,39	143,31
97	Otras especies	40,70	52,90	12	2 337,69	22,86	143,36	12	2 337,69	22,86	143,36

Salvaguardas combinadas y taller de creación de capacidades sobre REDD+ Quito, Ecuador, 5-8 julio 2011

Informe del Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba

Dr. C. Alicia Mercadet Portillo; Ing. Arlety Ajete Hernández

127

Experiencia nacional sobre REDD+.

- Estructura nacional. No existe una estructura nacional creada para la implementación de REDD plus, pero es interés del MINAG la creación inmediata de esta estructura.
- Estado de preparación para REDD+. Las áreas de interés para aplicar a REDD+ son:
 - La recuperación de bosques naturales (Holguín [267,8 Mha]; Guantánamo [201,4 Mha]; Pinar del Río [51,5 Mha]; La Habana [8,9 Mha de bosques costeros]).
 - La reducción de la superficie por reforestar, con especies nativas (Camagüey: 88,1 Mha; 31,5%).
 - La recultivación de áreas minadas a cielo abierto (Holguín: 2 768,2 ha) y 152,700 ha en otras provincias.
 - La actualización y perfeccionamiento de la ordenación forestal y la dinámica forestal (incorporación de imágenes satelitales), con vistas al monitoreo mas preciso del carbono retenido por los bosques, utilizando la metodología y sistema confeccionados por el INAF para determinar la línea base y evaluar alternativas de mitigación por periodos de 10 años en las empresas, tales como: mayor supervivencia y aumento del IMA (requieren tratamientos silvícolas-insuficiencia de recursos).

- ¿Cómo están involucrados los expertos en biodiversidad, incluyendo los actores con conocimientos tradicionales y las comunidades locales?
 - ¿Qué se hace? Proyectos de investigación-desarrollo (conservación, PFNM y forestería análoga), que incluyen la conservación de especies, estudios etnobotánicos para determinar y extender el uso potencial de la flora y la reconstrucción de bosques originales.
 - ¿Dónde se hace? Se realizan en comunidades rurales o en zonas de la ciudad donde los habitantes tienen patios grandes o parcelas.
 - ¿Cómo se hace? Encuestas y entrevistas en las que mayoritariamente participan las mujeres; las comunidades se involucran en la confección de planes de acción y en su ejecución.

Experiencia nacional para salvaguardar la biodiversidad.

- Nivel de apoyo político y capacidad para salvaguardar la biodiversidad.
 - Existe un marco legal (Ley de Medio Ambiente, Ley Forestal; Estrategia Nacional Ambiental; Estrategia Ambiental del MINAG).
 - Existen el Centro Nacional de Áreas Protegidas y la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, que de conjunto administran 263 áreas, de las que 80 son de significación nacional; en general cubren 29,5% del territorio nacional, del que 17,6% es terrestre, con más de 1,9 millones de hectáreas. Además el Centro de Biodiversidad (CenBIO, IES-CITMA) y la Dirección Nacional Forestal (DNF).
 - Comisión Nacional de Biodiversidad, que incluye un grupo de trabajo sobre biodiversidad forestal (Plan de Acción Nacional-CBD) y la Comisión Nacional de Recursos Genéticos, que tiene un grupo de trabajo forestal
- Principales obstáculos para incluir la salvaguarda de la biodiversidad.
 - Carencia de una ley sobre acceso, uso y conservación de los recursos genéticos.
 - Insuficiente conocimiento sobre el valor económico de la biodiversidad la temática por directivos y especialistas a todos los niveles
 - Limitaciones financieras y materiales para garantizar la implementación de lo regulado
 - Insuficiente control de especies invasoras existentes en el país.
 - Desastres naturales
- Necesidades concretas de capacitación por niveles:
 - Convenio de Diversidad Biológica (nacional, ONGs nacionales).
 - Programa de Trabajo Ampliado Forestal (sector forestal).
 - Reconstrucción de bosques degradados (sector forestal).
 - Rescate de especies amenazadas o en peligro de extinción (empresas forestales y comunidades).
 - Enfoque ecosistémico de los bosques (sector forestal).
 - Especies introducidas. Manejo. (sector forestal).
 - Función de los bosques como sumidero de carbono (sector forestal).
- Lecciones aprendidas sobre la salvaguarda de la biodiversidad.
 - Importancia para mitigar el cambio climático y enfrentar sus impactos (se han realizado estudios de impacto por aumento del nivel del mar y de la temperatura.
 - Utilización de los PFNM como sustento de pequeñas comunidades e incluso a escala provincial y nacional (yagua de palma real [tabaco]; bejuco guaniquiqui [muebles]; oleorresina de pino [extractivos]; partes de las plantas [medicina verde]).
 - Empleo de especies inadecuadas en la reforestación.

Experiencia nacional sobre evaluación y monitoreo de los impactos de REDD+.

- ¿Se preparan herramientas para evaluar/monitorear los impactos de REDD+ sobre la biodiversidad y el sustento de las comunidades indígenas y locales? De ser así, ¿cómo? ¿Han identificado o diseñado algún criterio o indicador para los impactos de REDD+ sobre la biodiversidad?

Al no estar implementado REDD+ en Cuba, no se ha trabajado en esta dirección; sin embargo, están definidos a nivel nacional los criterios e indicadores de manejo forestal sostenible, entre los que están incluidos:

Criterio II: Sanidad y vitalidad de los ecosistemas forestales, con 12 indicadores.

Criterio III: Contribución de los ecosistemas forestales a los servicios ambientales, con 11 indicadores (incluye uno relativo a la mitigación del cambio climático).

Estas herramientas podrían utilizarse, adecuarse o ampliarse en función de monitorear y evaluar los impactos de REDD+ sobre la biodiversidad.

- ¿Su país ha completado el análisis de Brechas Ecológicas Nacionales bajo la CBD? No.
- ¿El análisis de brechas nacionales está considerado en la planificación de REDD? No.
- ¿Están desarrollando o aplicando herramientas de beneficios múltiples a nivel nacional (i.e. mapeo de la biodiversidad y depósitos de carbono, tales como www.carbon-biodiversity.net/OtherScales/)? No.

REDD+: Buscando sinergias entre la CBD y la CMNUCC.

- ¿Cómo buscan sinergias entre las dos convenciones mediante sus respectivos programas de trabajo forestales?

Cuba busca las sinergias con ambas convenciones a través del Programa Nacional de Desarrollo Forestal, cuyo objetivo general es: *“Lograr en el 2015 un índice de boscosidad del 29,3%, garantizando de forma creciente las principales necesidades de la economía y de la sociedad, bajo los principios del Desarrollo Forestal Sostenible”*, destacando entre algunos de sus objetivos estratégicos:

1. Tener todo el patrimonio forestal bajo planes de manejo y establecer el monitoreo sistemático sobre su dinámica.
2. Efectuar el manejo y rehabilitación de 493,0 Mha de bosques naturales y plantaciones.
3. Completar el monitoreo de los Criterios e Indicadores al nivel de base.
4. Trazar una estrategia para diversificar la producción forestal, el uso de la biomasa para energía, los productos no madereros y el turismo de naturaleza mientras que entre sus acciones sobresalen:
5. Intensificar el fomento de plantaciones de protección y conservación, con énfasis en el empleo de árboles frutales, combinados con especies autóctonas, especies de alto valor melífero y especies amenazadas o en vías de extinción.
6. Reforzar la infraestructura y las medidas preventivas y de control para la protección de los recursos del patrimonio forestal.
7. Reforzar la infraestructura para el inventario y ordenación sostenible de los recursos del patrimonio forestal y el monitoreo sistemático de su manejo.
8. Priorizar la reconstrucción de bosques naturales degradados.
9. Potenciar el desarrollo y utilización de los productos forestales no madereros.
10. Potenciar el uso del patrimonio forestal para la prestación de servicios ambientales, en especial el ecoturismo y la retención de carbono.

- ¿Cómo pueden ser alcanzadas las sinergias mediante el diseño y la implementación del mecanismo REDD+?

El mecanismo REDD+ facilitaría a Cuba la implementación de las acciones y el alcance de los objetivos expresados en su Programa Nacional de Desarrollo

Forestal, potenciando con ello el efecto de sinergia entre ambas convenciones que dicho instrumento persigue.

- ¿Hasta qué punto han encontrado un mecanismo para alcanzar los objetivos de ambas convenciones?

Ese mecanismo lo constituye las acciones referidas a la silvicultura dentro del Programa Nacional de Desarrollo Forestal.

- ¿Cuáles son las amenazas y oportunidades para encontrar sinergias entre los objetivos forestales relacionados con ambas convenciones?

La principal amenaza es la condición de Cuba como pequeño estado insular en vías de desarrollo, que implica importantes limitaciones financieras y de recursos, que obligan a colocar en el primer nivel de atención la seguridad alimentaria y la atención social, a la par que presenta una alta vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, en especial al aumento del nivel del mar y a la reducción de las lluvias, los que influyen muy negativamente sobre la producción nacional de alimentos.

La principal oportunidad la determina la sostenida y creciente preocupación mundial por la reducción de la biodiversidad y el reforzamiento del cambio climático, aspectos que han determinado la aparición de diversos mecanismos internacionales, entre ellos financieros, destinados a respaldar las acciones nacionales encaminadas a dar atención a estos problemas.

- Fortalezas de Cuba para enfrentar amenazas y aprovechar oportunidades con vistas al establecimiento de sinergias entre ambas convenciones

En el país existe una demostrada voluntad política para respaldar toda iniciativa vinculada con acciones encaminadas a la protección de la biodiversidad, a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus impactos.

A lo largo del último medio siglo Cuba ha creado un importante potencial de conocimientos relacionado con la biodiversidad del país, que durante los pasados 20 años fue complementado con el desarrollo de capacidades científicas vinculadas al cambio climático, lo que constituye una importante base de partida para desarrollar la capacitación nacional a todos los niveles y la creación de mecanismos que faciliten su utilización.

Oportunidades para Cuba en actividades forestales (REDD+) a la luz de las Decisiones de Varsovia: Necesidad de una acción temprana.

- I. Avance de las Decisiones sobre actividades forestales en las negociaciones climáticas.

En la pasada 19ª Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático (en lo adelante la Convención), que tuvo lugar en Varsovia, en diciembre de 2013, culminó un largo y complejo proceso político y técnico para integrar con mayor fuerza las actividades forestales de los países en desarrollo, como una importante forma de mitigación, en la arquitectura climática internacional, bajo el concepto comúnmente conocido como REDD+, acrónimo empleado para referirse a la reducción de emisiones de la deforestación, de la degradación forestal y por el manejo forestal sustentable. Hasta la fecha sólo se consideraban, y con serias limitaciones, los proyectos de reforestación y deforestación, en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).

131

Con las decisiones de Varsovia se cierra un ciclo en el que queda claramente definido qué constituyen actividades REDD+ (ver cuadro debajo) y cuáles requisitos metodológicos e informativos son necesarios para poder beneficiarse del apoyo financiero para acometer estas actividades. Así mismo, se definieron, aspectos prácticos de la cooperación y financiación para la actividades REDD+, y los requisitos y actividades de monitoreo, reporte y verificación (MRV), para acceder a los pagos por estas actividades.

Las Decisiones referidas en el Parte 1 de este documento se vinculan entre sí, por lo que deben ser vistas como un todo.

Actividades REDD+

- a. La reducción de las emisiones debidas a la deforestación;
- b. La reducción de las emisiones debidas a la degradación forestal;
- c. La conservación de las reservas forestales de carbono;
- d. La gestión sostenible de los bosques;
- e. El incremento de las reservas forestales de carbono;

(Según párrafo 70 de la decisión 1/CP.17)

II. Cuba y las actividades forestales¹.

Los 20 años de investigaciones dedicadas a este tema han demostrado que el sector forestal:

- Es un sumidero neto de carbono de Cuba².
- Cuenta con diversas e importantes alternativas para incrementar la absorción de carbono y reducir aún más las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Está expuesto a diversos impactos del cambio climático, algunos de los cuales ya se han registrado.
- Los bosques costeros son la única defensa terrestre con que cuenta el país para atenuar los impactos del aumento del nivel del mar y de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos sobre las áreas dedicadas a la producción de alimentos y pueden constituir una fuente importante de absorción de carbono.

Todo ello ha sido reflejado en el Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, propuesto por el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) y aun sin aprobar por la Dirección Forestal del Ministerio de la Agricultura.

Se reconoce también por el sector forestal, que internacionalmente avanza el mecanismo REDD+, destinado especialmente al fortalecimiento del sector forestal para aumentar su capacidad como sumidero de carbono y reducción de emisiones de otros Gases de Efecto Invernadero, pero a pesar de los cuatro años de gestiones realizadas, Cuba aún no se incorpora al proceso REDD+.

Aunque en el país se manifiesta anualmente un incremento de la *cobertura forestal* como resultado del Programa Nacional de Reforestación³ existen diferentes problemas que afectan el ritmo y la calidad de este proceso, muchos asociados a la limitación de recursos financieros y materiales, incluyendo:

- Deficiencias en la organización y limitación en los recursos destinados a la actividad de semillas y en los viveros.
- Insuficiente y/o inadecuada preparación de las áreas a reforestar.
- Bajo cumplimiento de indicadores clave en la marcha de los procesos de la reforestación (selección de especies, supervivencia y logro de la plantación).
- Sólo 59% de las áreas forestales tienen aprobados sus Planes de Ordenación.

Respecto al cambio climático, evaluaciones del propio Sector Forestal indican como deficiencias:

- Lento avance para la aprobación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático.
- Desaprovechamiento de alternativas internacionales para el fortalecimiento del Sector para enfrentar el cambio climático.

III. Propuestas para acelerar la participación de Cuba en REDD+.

Por su importancia potencial para el país, se requiere una participación temprana y activa en el desarrollo de actividades REDD+, siguiendo todos los requisitos metodológicos e informativos acordados en la Convención, así como solicitar el necesario apoyo financiero y tecnológico del Fondo Verde del Clima (FVC) y de la cooperación bilateral, buscando un adecuado posicionamiento del país para acceder a esos recursos.

Para esto existen opciones en el presente, pues hay suficiente financiamiento bilateral⁴ para actividades REDD+ y ya el FVC debe comenzar a financiar actividades de preparación a mediados de este año, que pueden ser también empleadas para REDD+.

Es de esperar, tal como sucedió con el MDL, que aquellos países que primero presenten propuestas de financiamiento, sean los que más se beneficiarán del mismo.

1. Datos tomados de Ministerio de la Agricultura: Panorámica del Sector Forestal, Octubre 2013.

2. Se excluye el mar y los ecosistemas marinos costeros (Ej. seibadales), que no contabilizan a los efectos de los inventarios de Gases de Efecto Invernadero.

3. El 2012 cerró con un índice de boscosidad de 28,6%. Fuente Servicio Estatal Forestal, 2013.

4. Estimados en más de 2 000 millones de dólares. Ver <http://www.forestsclimatechange.org/redd-map/> y <http://reddplusdatabase.org/>. Además, el Gobierno de Noruega anunció en Varsovia 280 millones USD adicionales para financiamiento de actividades REDD+.

Estas acciones tempranas también facilitarían presentar otras propuestas a organismos especializados, tales como UN-REDD⁵. Al mismo tiempo, se pudieran alcanzar co-beneficios ambientales y/o sociales, incluyendo los que se producen cuando se garantiza el necesario cumplimiento de las salvaguardias establecidas por la Decisión 1/CP.16 para actividades REDD+ (ver Parte 2 de este documento), y abundantes recursos para desarrollar un sistema nacional de vigilancia forestal robusto, que además de servir para el seguimiento y verificación de las actividades REDD+, pueda servir también para muchas otras funciones forestales. Las acciones que se propone acometer son las siguientes:

1. **Designar lo antes posible una entidad nacional o un punto focal para servir de enlace con la Secretaría de la Convención y sus órganos competentes sobre la coordinación de apoyo a la plena ejecución de las actividades REDD+.** Al respecto la Dirección Forestal del MINAG ha presentado las propuestas correspondientes. Además, esta entidad nacional podrá nombrar a otras entidades para obtener y recibir pagos basados en los resultados, en consonancia con las modalidades operativas específicas de las entidades financieras que les proporcionan apoyo.
 - Al respecto se acordó que estas entidades nacionales o puntos focales de todas las Partes se reúnan al menos una vez al año para considerar el desarrollo de las actividades REDD+ a nivel global, lo que puede ser de extrema utilidad para el trabajo nacional.
 - *Sin esta designación sería imposible para Cuba acceder al apoyo financiero y técnico para actividades REDD+ por parte de la Convención y sus órganos, incluyendo su mecanismo financiero.*
2. **Designar lo antes posible una autoridad nacional, en este caso, para recomendar a la Junta del FVC propuestas de financiación en el contexto de las estrategias y planes nacionales sobre el clima, tal como invita la decisión 3/CP.17.** Esto no es específico para actividades REDD+, sino para todas las actividades de mitigación y adaptación para las cuales se pretenda obtener respaldo del Fondo Verde del Clima, pero si es un requisito

para que dicho Fondo pueda apoyar actividades REDD+. Sin esta designación sería imposible acceder al apoyo financiero por parte del FVC, el cual comenzará a otorgarse en 2014, y que en su mandato incluye el apoyar las actividades REDD+.

Cobra particular importancia el hecho que ya el FVC comenzará a apoyar financieramente actividades de preparación en diferentes partes del mundo en la segunda mitad de 2014, las cuales podrían beneficiar múltiples actividades REDD+ en Cuba, tales como el establecimiento y fortalecimiento de sistemas nacionales de vigilancia del patrimonio forestal.

3. **Elaborar lo antes posible un plan de acción o estrategia nacional para aquellas actividades REDD+ que el país considere apropiadas para solicitar apoyo financiero, técnico y tecnológico para su realización y que incluya las acciones organizativas necesarias, normadas por el propio mecanismo REDD.** La base pudiera ser el Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático propuesto por el INAF.
4. **Declarar como nivel nacional de referencia de las emisiones forestales, en base a los cuales se medirán los resultados de las actividades REDD+, las correspondientes a los Inventarios de GEI en Cuba, de los cuales se preparará en el 2014 el estimado de 2010,** manteniendo un perfeccionamiento constante de los métodos de estimación, tomando en cuenta que la propia Convención reconoce que es una tarea iterativa, que se mejorará a medida que se gane experiencia y se obtenga el apoyo adecuado, como ha sido acordado por la CoP de Cambio Climático, y tal como se ve en el Parte 3, donde se exponen una serie de elementos a tomar en cuenta, a partir de las Decisiones de dicha COP.

Complementariamente y con la intención de acometer el pago nacional por los servicios ecosistémicos prestados por los bosques, adoptar la certificación del carbono retenido por los bosques a escala de administrador, en el que se incluye la emisión anual del registro de carbono del sector forestal.

5. El United Nations Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (o UN-REDD Programme) está integrado por la FAO, el PNUD y el PNUMA.

5. **Consolidar un sistema de vigilancia o monitoreo de los bosques nacionales¹ que sea robusto y transparente, de acuerdo con las circunstancias y capacidades nacionales⁶.** Este sistema, de acuerdo a la decisión 4/CP.15, debe utilizar una combinación de métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en la teleobservación y en mediciones en tierra para estimar las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero (GEI), relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y los cambios en las zonas forestales.

Asimismo, debe proporcionar estimaciones transparentes, coherentes en el tiempo, en lo posible exactas y que reduzcan las incertidumbres, teniendo en cuenta los medios y las capacidades nacionales, y que además, puedan ser examinadas por la Conferencia de las Partes, si así lo decide.

En la correspondiente decisión de la CoP 19 se acordó que estos sistemas deben ser adecuados para la medición, reporte y verificación (MRV) de las emisiones y absorción de GEI por los bosques, las reservas de carbono forestal, y cambios del área de los bosques que resulten de la ejecución de las actividades REDD+. Así mismo, *se decidió que deben:*

- Basarse en los sistemas existentes, según corresponda.
- Permitir la evaluación de diferentes tipos de bosques en el país, incluyendo los bosques naturales, según lo definido por la Parte.
- Ser flexible y permitir su mejora.

Para este sistema se partiría de la actual “dinámica forestal”, sistema automatizado de la Dirección Forestal del MINAG, que anualmente realiza una actualización de cómo y en cuánto varió la superficie del patrimonio forestal, desde los administradores hasta la nación, tanto en bosques naturales, como en plantaciones establecidas y en desarrollo y que incluye diversas alternativas de salida, para diferentes objetivos.

6. Tomando nota, si procede, de la orientación relativa a la representación coherente de las áreas de tierra contenida en la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Al propio tiempo se identificarían espacios de mejora de este sistema, de modo que, mediante los mecanismos internacionales, se pueda solicitar financiamiento para mejorarlo y hacerlo más robusto, transparente y preparado para desarrollar las acciones MRV, necesarias para evaluar los resultados de actividades REDD+ y también, para garantizar otras funciones forestales no vinculadas al carbono, pero requeridas para una gestión sostenible de los bosques.

6. **Elaborar un sistema para proporcionar información sobre la forma en que se estén abordando y respetando las salvaguardias que se señalan en el apéndice I de la decisión 1/CP.16 (Parte 2) en todo el proceso de ejecución de actividades REDD+, al tiempo que se respeta la soberanía del país.**

Al acometerse esta tarea debe considerarse lo convenido en la Decisión 5/CP.17 sobre estos sistemas, por lo cual se deben tener en cuenta las circunstancias nacionales y las capacidades respectivas, reconociendo la soberanía y la legislación nacionales y las obligaciones y los acuerdos internacionales pertinentes, y respetando las consideraciones de género. Esto implica:

- Ser coherentes con la orientación expuesta en el párrafo 1 del apéndice I de la Decisión 1/CP.16.
- Proporcionar información transparente y coherente a la que puedan acceder todos los interesados y actualizarla con regularidad.
- Ser transparentes y flexibles para permitir mejoras con el paso del tiempo.
- Proporcionar información sobre la forma en que se están abordando y respetando todas las salvaguardias expuestas en el apéndice I de la decisión 1/CP.16.
- Estar a cargo de los países y aplicarse a nivel nacional.
- Basarse en los sistemas existentes, si los hubiera.

La correspondiente Decisión de la CoP 19 estableció que esta información se incluirá en las comunicaciones nacionales y que también se podría proporcionar, con carácter voluntario, a través de la plataforma ubicada en el sitio web de la Convención.

También se reconoció que los sistemas nacionales de vigilancia de los bosques de las Partes pudieran estar a cargo del suministro de información, sobre la forma en que las salvaguardias

contenidas en la decisión 1/CP.16 se abordan y respetan. Corresponde al país decidir si ambos sistemas se desarrollan y trabajan en conjunto o independientemente.

Como insumos para este Sistema será empleable la base estratégica y legal existente en el país, si bien esta requiere ser complementada respecto a los recursos genéticos forestales y respecto a la flora y la fauna, en general. Estos elementos facilitarían la preparación de un sistema acorde a la Decisión 5/CP.17.

IV. Acciones específicas para gestionar financiación.

- a. **De preparación. Elaborar lo antes posible, un conjunto de solicitudes de financiamiento para actividades de preparación que permitan incrementar la potencialidad del país de utilizar actividades REDD+.** Los destinatarios de esas solicitudes pueden ser el FVC, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM), la colaboración bilateral, UN-REDD, etc.

Estas solicitudes pueden cubrir el fortalecimiento institucional para acometer actividades REDD+; para el sistema de control y vigilancia del patrimonio forestal (concebido de forma que se apoyen otras actividades forestales); del sistema para proporcionar información sobre la forma en que se estén abordando y respetando las salvaguardias y, otras actividades forestales, incluyendo la extensión de la cobertura de bosques con actividades REDD+, así como para la elaboración y perfeccionamiento del nivel nacional de referencia de las emisiones forestales y/o del nivel nacional de referencia forestal, entre otras.

Futuras actividades de pago por resultados. Considerar qué actividades REDD+ pudieran beneficiarse de pagos por resultados y, una vez que los requisitos para la inclusión en el mecanismo REDD+ sean satisfechos, comenzar a elaborar las propuestas de financiamiento pertinentes para el desarrollo de los proyectos. Los destinatarios de esas solicitudes pueden ser el FVC, el FMAM, la colaboración bilateral y otras instituciones financieras a las que se tenga acceso.

Decisión	Año	Título
-/CP.19.	2013	Programa de trabajo para el financiamiento para avanzar con la completa implementación de las actividades referidas en la decisión 1/CP.16, párrafo 70.
-/CP.19.	2013	Coordinación de apoyo para la implementación de actividades relacionadas con las acciones de mitigación en el sector forestal por países en desarrollo, incluyendo arreglos institucionales.
-/CP.19.	2013	Modalidades para el Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques.
-/CP.19.	2013	Modalidades para medición, reporte y verificación.
-/CP.19.	2013	Temporalidad y frecuencia de presentaciones del resumen de información sobre cómo todas las salvaguardas referidas en la decisión 1/CP.16, Parte I, están siendo abordadas y respetadas.
-/CP.19.	2013	Abordando los impulsores de la deforestación y degradación forestal.
-/CP.19.	2013	Lineamientos y procedimientos para la evaluación técnica de las presentaciones de las Partes sobre sus niveles de referencia forestal propuestos.
1/CP.18	2012	Conclusión acordada de conformidad con el Plan de Acción de Bali (párrafos 25-40).
12/CP.17	2011	Orientación sobre los sistemas para proporcionar información acerca de la forma en que se están abordando y respetando las salvaguardias y sobre las modalidades relativas a los niveles de referencia de las emisiones forestales y los niveles de referencia forestal a que se hace referencia en la decisión 1/CP.16.
1/CP.16		Acuerdos de Cancún: resultado de la labor del Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo en el marco de la Convención (párrafos 68-79).
4/CP.15		Orientación metodológica para las actividades destinadas a reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal y la función de la conservación, la gestión de bosques sostenible y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo.
2/CP.13		Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación en los países en desarrollo: métodos para estimular la adopción de medidas.

Parte 2. Apéndice I de la Decisión 1/CP.16

Orientación y salvaguardias aplicables a los enfoques de política y los incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo; y función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono de los países en desarrollo.

- Las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la presente decisión deberían:
 - Contribuir al logro del objetivo enunciado en el artículo 2 de la Convención.
 - Contribuir al cumplimiento de los compromisos enunciados en el párrafo 3 del artículo 4 de la Convención.
 - Estar a cargo de los países y ser consideradas como opciones a disposición de las Partes.
 - Ser compatibles con el objetivo de la integridad ambiental y tener en cuenta las múltiples funciones de los bosques y otros ecosistemas.
 - Llevarse a cabo de conformidad con las circunstancias, los objetivos y las prioridades de desarrollo y las capacidades de los países, y respetar su soberanía.

- Ser compatibles con las necesidades y los objetivos nacionales de desarrollo sostenible de las Partes.
 - Aplicarse en el contexto del desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza, respondiendo al mismo tiempo al cambio climático.
 - Ser compatibles con las necesidades de adaptación del país.
 - Contar con un apoyo financiero y tecnológico adecuado y previsible, que incluya apoyo para el fomento de la capacidad.
 - Basarse en los resultados.
 - Promover la gestión sostenible de los bosques;
- Al aplicar las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la presente decisión, deberían promoverse y respaldarse las siguientes salvaguardias:
 - La complementariedad o compatibilidad de las medidas con los objetivos de los programas forestales nacionales y de las convenciones y los acuerdos internacionales sobre la materia.
 - La transparencia y eficacia de las estructuras de gobernanza forestal nacional, teniendo en cuenta la legislación y la soberanía nacionales.

- c. El respeto de los conocimientos y los derechos de los pueblos indígenas y los miembros de las comunidades locales, tomando en consideración las obligaciones internacionales pertinentes y las circunstancias y la legislación nacionales, y teniendo presente que la Asamblea General de las Naciones Unidas ha aprobado la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas.
 - d. La participación plena y efectiva de los interesados, en particular los pueblos indígenas y las comunidades locales, en las medidas mencionadas en los párrafos 70 y 72 de la presente decisión.
 - e. La compatibilidad de las medidas con la conservación de los bosques naturales y la diversidad biológica, velando por que las que se indican en el párrafo 70 de la presente decisión no se utilicen para la conversión de bosques naturales, sino que sirvan, en cambio, para incentivar la protección y la conservación de esos bosques y los servicios derivados de sus ecosistemas y para potenciar otros beneficios sociales y ambientales.
 - f. La adopción de medidas para hacer frente a los riesgos de reversión;
 - g. La adopción de medidas para reducir el desplazamiento de las emisiones.
- c. fue también convenido que se actualicen periódicamente los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o sus niveles de referencia forestal, según proceda, teniendo en cuenta los nuevos conocimientos, las nuevas tendencias y las modificaciones en el alcance y las metodologías

En la elaboración de niveles provisionales debe asegurarse que estos se preparen teniendo en cuenta el párrafo 7 de la Decisión 4/CP.15⁷, y manteniendo la coherencia con las emisiones relacionadas con los bosques que figuren en los inventarios de gases de efecto invernadero de cada país. Las Directrices para la presentación de información sobre los niveles de referencia, se encuentran en el Parte de la Decisión 12/CP.7.

Dada su similitud, una valiosa fuente de información práctica para la elaboración de niveles nacionales de referencia forestal fue el proceso de elaboración de niveles de referencia de la gestión de bosques por 38 países desarrollados que son miembros del Protocolo de Kioto como fue requerido por la decisión 2 CMP/6. La misma contiene las directrices de como confeccionar estos niveles y como evaluarlos técnicamente. El sitio web de la Convención⁸ contiene los informes de estos niveles remitidos por las Partes y sus correspondientes evaluaciones técnicas conducidas por cinco equipos internacionales de expertos. El documento FCCC/KP/AWG/2011/INF.2 resume el proceso de evaluación técnica, incluyendo una descripción de los problemas confrontados por estos países en la elaboración de sus niveles nacionales de referencia de la gestión de bosques y las recomendaciones de la evaluación técnica para superar esos problemas.

Parte 3. Elementos de la Decisión 12/CP.17

- a. fue convenido que sería útil adoptar un enfoque escalonado en la elaboración de los niveles nacionales de referencia de las emisiones forestales y/o los niveles nacionales de referencia forestal, que permitiera a las Partes mejorar estos niveles mediante la incorporación de mejores datos, mejores metodologías y, en su caso, reservorios adicionales, teniendo en cuenta la importancia del apoyo adecuado y previsible mencionado en la decisión 1/CP.16;
- b. fue reconocido³ que pueden elaborarse niveles subnacionales de referencia de las emisiones forestales y/o niveles subnacionales de referencia forestal como medida provisional hasta que se elaboren niveles nacionales y que los niveles provisionales de referencia pueden abarcar una superficie forestal inferior a la superficie forestal de todo su territorio nacional;

7. Considera que los países en desarrollo, al establecer los niveles de emisiones forestales de referencia y los niveles de referencia forestales, deberían hacerlo de modo transparente, teniendo en cuenta los datos históricos y las circunstancias nacionales, de conformidad con las decisiones pertinentes de la Conferencia de las Partes*.

8. Ver <http://unfccc.int/bodies/awg-kp/items/5896.php>

Parte 4. Impacto en el financiamiento de actividades REDD+ de las decisiones de Varsovia.

La Decisión de la COP 19 sobre el financiamiento para avanzar con la completa implementación de las actividades REDD+ la COP:

Recordó que los países en desarrollo para recibir esta financiación para sus actividades REDD+ los resultados de las mismas deben ser monitoreadas, notificadas y verificadas (MRV) de acuerdo a las decisiones metodológicas sobre REDD+ adoptadas por la COP. Pidió, también a los países que acometan actividades REDD+, que provean la información de cómo han cumplido con las salvaguardias establecidas antes de recibir cualquier pago.

Alentó a todas las entidades que dan financiación por resultados para REDD+, incluyendo al FVC, que colectivamente canalicen adecuados y predecibles pagos en una forma imparcial y de manera balanceada cuando trabajen con muchos países en condiciones de obtener estos pagos.

También alentó a todas las instituciones fuera de la Convención que ya proveen pagos para REDD+ y se lo requirió al FVC, que cuando provean financiamiento en base a resultados, que lo hagan cuando se cumplan con las decisiones metodológicas sobre REDD+ adoptadas por la COP. En esa misma línea, requirió al Comité Permanente de Financiación que trabaje para lograr coherencia en apoyar financieramente a las Partes por todos los donantes.

Se acordó crear en el sitio web de la secretaría un hub de información, como un medio de publicar toda la información sobre resultados y los pagos recibidos por ellos. En el mismo los países que han tenido o procuran financiamiento en base a resultados deben proveer información sobre los resultados de las actividades REDD+ por cada pago recibido, los niveles de referencia, el cumplimiento de salvaguardias, la descripción del vínculo de la acción REDD+ con la estrategia o plan de acción nacional, así como información sobre el sistema nacional de monitoreo forestal.

Esta decisión tiene 3 lecturas: 1º) REDD+ al ser ya parte de la arquitectura climática podrá recibir considerable apoyo financiero en base a resultados; 2º) los países que sean capaces en un tiempo corto de cumplir con todos los requisitos para obtener los pagos por resultados saldrán beneficiados, 3º) se quiere poner orden a las diferencias existentes en los requerimientos para los apoyos financieros a actividades REDD+, de modo que el pago por resultados realmente responda a resultados reales.

El nuevo hub informativo de la secretaría será importante para esto y, por tanto, los países deben prepararse a proveer información de calidad al mismo para atraer el financiamiento bajo unas nuevas y más exigentes condiciones.

PROGRAMA FORESTAL DE ENFRENTAMIENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO

ETAPA: 2020–2025

La Habana, diciembre de 2020

139

INTRODUCCIÓN

A partir de 1988 la comunidad internacional comenzó a preocuparse de manera creciente por la evolución temporal del clima y por los efectos que sobre él ejerce la emisión de gases de efecto invernadero.

En respuesta a tal preocupación, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha publicado cinco reportes evaluativos sobre el tema en 1990, 1995, 2001, 2007 y 2013-2014, iniciándose en 2017 la preparación del sexto.

Igualmente, la Organización de Naciones Unidas preparó y presentó a la consideración internacional en la Cumbre de Río de Janeiro (1992), la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), instrumento del cual Cuba es Parte.

Tanto en los reportes evaluativos del IPCC, como en las Conferencias de las Partes de la CMNUCC, ha quedado demostrado que el cambio climático es un proceso ambiental originado por las crecientes emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y que del conjunto de países que componen la comunidad internacional, los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (como Cuba) constituyen el sector más vulnerable a los impactos generados por tal proceso.

Estas razones dieron lugar a que en el año 2007 el Consejo de ministros incluyera entre los temas objeto de su atención, el análisis de la situación del clima cubano y sus posibles efectos futuros sobre los sectores económico, ambiental y social, dando como resultado la indicación para acometer la preparación del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático en todos los Órganos de la Administración Central del Estado.

En tal sentido, el Ministerio de la Agricultura acometió desde 2008 la implementación de acciones para el enfrentamiento al cambio climático, donde además de existir un componente general, se incluían también acciones para la preparación de programas sectoriales.

PRINCIPALES ANTECEDENTES

El sector forestal estableció su primer contacto con el tema del cambio climático en 1992, en ocasión de iniciarse la preparación del Segundo Reporte Evaluativo del IPCC, proceso que concluyó en 1995 y en el que participaron varios especialistas cubanos, de ellos uno del Instituto de Investigaciones Forestales (IIF).

Tres años más tarde, en 1998, con motivo de iniciarse la preparación de la Primera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC, nuevamente el sector forestal participó en el proceso desarrollado, que concluyó en el año 2001 y a partir de entonces quedó establecido un equipo permanente de investigación en el IIF (actualmente Instituto de Investigaciones Agro-Forestales–INAF) para atender el tema en sus cinco dimensiones:

1. Inventario de gases de efecto invernadero.
2. Mitigación del cambio climático.
3. Evaluación de impactos, adaptación y reducción de las vulnerabilidades.
4. Transferencia de tecnologías para la mitigación y la adaptación.
5. Creación de capacidades.

De entonces al 2020 fueron realizados y concluidos seis proyectos de investigación sobre el tema *bosques-cambio climático*, incluyendo la participación en la elaboración de la Segunda y Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC.

Adicionalmente, también la Universidad de Pinar del Río inició hace algunos años investigaciones orientadas a valorar los impactos del cambio climático sobre la distribución natural de los pinos autóctonos.

Partiendo de estas premisas y de los antecedentes que sobre el tema existían en el sector forestal del Ministerio de la Agricultura, es que en 2013 fue presentada la primera versión del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático (PFECC) para el periodo 2013-2020, en el que se establecían los objetivos que el sector pretendía alcanzar en esa etapa de ejecución. Sin embargo, por diversas causas aquel documento programático nunca llegó a ser puesto en vigor.

El 25 de abril de 2017 el Consejo de Ministros aprobó el inicio del Programa de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida); un mes más tarde el III Pleno del Comité Central y la Asamblea Nacional aprobaron el Lineamiento 107, dedicado específicamente al cambio climático como parte de la Política de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente a implementar en el país y en julio, la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente presentó a la Asamblea Nacional la Tarea Vida, con un programa de inversiones a corto (2020), mediano (2030), largo (2050) y muy largo (2100) plazos.

Los resultados derivados de todas las investigaciones realizadas comprenden, de una u otra manera, el patrimonio administrado por un conjunto de empresas del Grupo Empresarial Agroforestal y dos áreas protegidas, así como la distribución natural de las dos especies de pino del occidente del país, lo que de conjunto representa más de la mitad del patrimonio forestal nacional y a partir de todos esos resultados, así como de lo aportado a la Primera, Segunda y Tercera Comunicación Nacional, lo establecido por el Lineamiento 107 y por la Tarea Vida, es que ha sido formulada una versión actualizada del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático (PFECC), en el marco de la proyección de desarrollo forestal hasta 2025.

PREMISAS

Para la elaboración, ejecución y progresivo ajuste del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático (PFECC), han sido consideradas las siguientes premisas:

1. El reconocimiento internacional que el cambio climático, aunque se origina por aspectos socio-económicos, tiene un relevante impacto medioambiental y es capaz de agravar otros problemas ambientales ya existentes.
2. La certeza que el cambio climático constituye un proceso cuyos impactos pueden afectar de forma negativa y relevante el sector agrario del país y en particular, al sector forestal.
3. El hecho que el patrimonio forestal del país administrado por entidades vinculadas al sector agrario, comprendían en 2017 más del 40% del territorio nacional y los bosques naturales integran el 75% de ese patrimonio, lo que genera una elevada vulnerabilidad a diversos impactos del cambio climático.

4. El hecho que el patrimonio forestal del país constituye, desde 1990, el único sumidero neto de carbono de la nación y por tanto, el único elemento disponible para compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero, en tanto que desde 2010 compensa todas las emisiones generadas por el sector agropecuario del país.
5. El hecho que los bosques costeros (que incluyen las formaciones naturales Manglar, Uveral, Manigua costera y gran parte de los bosques Semicaducifolios sobre suelos de mal drenaje y calizos) constituyen la única barrera física terrestre con que cuenta Cuba para atenuar temporalmente los impactos sobre las áreas agropecuarias que les suceden hacia el interior del país, derivados del aumento del nivel medio del mar y de la surgencia provocada por los ciclones tropicales, lo que establece un vínculo relevante entre el sector forestal, la seguridad alimentaria y la seguridad nacional.
6. La identificación del tema cambio climático como un elemento relevante dentro de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (Lineamiento 107).
7. La organización por CITMA, por indicación del Gobierno, de un Programa Científico de Interés Estatal dedicado al cambio climático.
8. Los resultados de la Primera, Segunda y Tercera Comunicación Nacional a la CMNUCC calificaron al sector forestal como altamente vulnerable a los impactos del cambio climático.
9. La implementación de un Programa de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático.
10. La demostración científica que en Cuba, durante el siglo XX, la temperatura mínima aumentó 2,9 °C (INSMET), las lluvias se redujeron en 200 mm (INRH) y el nivel medio del mar aumenta a razón de 1,43 mm/año (Instituto de Oceanología). Además, durante la primera docena de años del siglo XXI han ocurrido una cantidad de huracanes de categoría tres o superior (escala Safir-Simpson), sin precedentes históricos en el país.
11. La presentación por Cuba en 2016 de su Compromiso Nacionalmente Determinado para la reducción de emisiones de GEI al Acuerdo de París, el que fue actualizado en 2020 para el periodo 2020-2030, y donde se establece el desarrollo de las siguientes acciones:
 - Dirigir la reforestación hacia la máxima protección de los suelos y las aguas en cantidad y calidad; así como a la recuperación de los manglares más afectados. Priorizar los embalses, canales y franjas hidrorreguladoras de las cuencas tributarias de las principales bahías y de las costas de la plataforma insular.
 - Implementar y controlar las medidas de adaptación derivadas de las políticas sectoriales en los programas, planes y proyectos vinculados a la seguridad alimentaria, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques. (Se trata de un programa amplio que abarca 12 sectores y deben examinarse las acciones a aplicar, de conformidad con los programas sectoriales respectivos)
 - Fortalecer los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, la sequía, el bosque, la salud humana, animal y vegetal.
 - Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33% (de la superficie terrestre, sin considerar cursos de agua ni embalses) en el año 2030, removiendo 169,9 millones de tCO₂ atmosférico en el período 2019–2030.
12. El proceso de preparación de la Política Forestal del país, que en su versión de octubre de 2019 incluía:
 - Lineamiento N°2: Dirigir el desarrollo forestal hacia la solución de problemas claves relacionados con la producción de bienes, la protección del medio ambiente y la adaptación al cambio climático; tener en cuenta la multiplicidad de funciones de los bosques y su necesidad de creación y manejo a partir del estado de las áreas forestales.
 - Lineamiento No.3: Perfeccionar los mecanismos financieros estableciendo variantes que conduzcan a un mejor uso del presupuesto del Estado en tanto se reconoce el pago por servicios ambientales y se aplican nuevos incentivos hacia el desarrollo forestal sostenible.

13. La aprobación en 2020 del proyecto internacional Fortalecimiento de las capacidades institucionales y técnicas en el sector agropecuario, forestal y otros usos de la tierra (AFO-LU) de Cuba para mejorar la transparencia en virtud del Acuerdo de París, el que tiene por objetivo la progresiva transferencia al Ministerio de la Agricultura del control y la preparación de todas las informaciones del sector que tributan al Inventario de Emisiones de GEI, a la Actualización Bienal del Inventario, a la Comunicación Nacional y al Acuerdo de París.
14. El desarrollo desde 2018 del proyecto internacional Incorporación de consideraciones ambientales diversas y sus consecuencias económicas en la gestión de paisajes, bosques y sectores productivos de Cuba (ECO-VALOR), financiado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF) y coordinado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP); la reciente aprobación del proyecto internacional Mejoramiento de la resiliencia y adaptación al cambio climático en Guantánamo, con financiamiento italiano y del proyecto Contribución del Sector Forestal a la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático con financiamiento nacional, ambos coordinados por el INAF, así como del proyecto internacional Incremento de la resiliencia de hogares y comunidades rurales vulnerables a través de la rehabilitación de paisajes agroforestales productivos en localidades seleccionadas de la República de Cuba (IRES), financiado por el Fondo Verde del Clima y coordinado por el Grupo Empresarial Agroforestal.
15. La definición entre las funciones orgánicas del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales de la atención a los temas de medioambiente en el patrimonio forestal del país, así como la asesoría y asistencia técnica sobre los mismos a la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres (DFFFS) del MINAG y del Grupo Empresarial Agroforestal (GAF).

PROGRAMA FORESTAL DE ENFRENTAMIENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Evaluación *ex ante*

En cumplimiento de los acuerdos adoptados en 2007 por el Consejo de Ministros sobre el tema cambio climático, a fines de 2012 el Instituto de Investigaciones Agro-Forestales realizó un diagnóstico de la situación que presentaba el conocimiento del tema en la rama forestal y sus resultados indicaron que:

1. El sistema científico encargado de dar respuesta a las demandas productivas y medioambientales planteadas por el sector forestal se encontraba adecuadamente capacitado sobre el tema del cambio climático.
2. En el sistema productivo del sector forestal predominaban el desconocimiento del tema cambio climático y de sus impactos sobre el patrimonio forestal, los que no eran tomados en consideración al preparar los programas de desarrollo a mediano y largo plazos, haciendo en extremo vulnerables las inversiones silvícola e industrial orientadas al sector.
3. La Dirección Forestal del MINAG conocía el tema del cambio climático y comenzaba a incluirlo en las políticas y programas ramales, en el control de su implementación y en la interacción con mecanismos internacionales tales como REDD+, favoreciendo la disminución de la vulnerabilidad del sector.

En consecuencia, con estos resultados, la Dirección Forestal solicitó al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales su cooperación para diseñar una primera versión del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático (PFECC), la que fue concluida y entregada en 2013, posteriormente actualizada en 2019, sin que llegara a constituirse en un documento oficial de la Dirección.

A comienzos de 2016 y por iniciativa del MINAG, Cuba solicita a la ONU su inclusión en la iniciativa REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques; aumento de las remociones por conservación, manejo sostenible y mitigación) de la CMNUCC y como parte de tal proceso, en julio de 2018 se realiza en La Habana, con el apoyo de FAO, el primer taller nacional de REDD+ donde como parte de sus acuerdos, se decide reactivar y actualizar el PFECC para su presentación al segundo taller nacional realiza a fines de ese año.

Objetivo general del Programa

Proteger al sector forestal cubano de los impactos negativos esperables del cambio climático; mantener y aumentar el papel del patrimonio forestal como único elemento disponible para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero del país y como única barrera terrestre natural para atenuar los efectos negativos del aumento del nivel del mar, la intrusión salina y la surgencia de los huracanes sobre las áreas agropecuarias.

Objetivos específicos del Programa

1. Mantener y perfeccionar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del sector forestal, definiendo sistemáticamente su balance neto de emisiones.
2. Identificar y proponer las estrategias de mitigación que permitan mejorar el balance neto de emisiones del sector forestal.
3. Identificar y evaluar los impactos negativos del cambio climático esperables en el sector forestal, proponiendo las estrategias de adaptación pertinentes.
4. Identificar, evaluar y proponer la transferencia de tecnologías que permitan al sector forestal fortalecer sus estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.
5. Crear en el sector las capacidades requeridas para asumir las actividades relacionadas con su contribución al Inventario Nacional de GEI, con la Comunicación Nacional y con el cumplimiento de los compromisos con el Acuerdo de París, acometiendo exitosamente el PFECC.

1ª Etapa de Implementación del Programa (2020-2025)

Objetivo 1: Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.

Acciones:

- a. Crear en la DFFFS las capacidades requeridas para asumir los Inventarios Nacionales de GEI y para las Actualizaciones Bienales.
- b. Realizar los balances netos del sector forestal para los Inventarios Nacionales de GEI (INGEI) y para las Actualizaciones Bienales durante el periodo 2020–2025, en coordinación con el Equipo Nacional del INGEl del Instituto de Meteorología.
- c. Sustituir no menos del 80% de los factores internacionales de emisión usados en los Inventarios Nacionales de GEI del sector, por factores nacionales.

- d. Crear un laboratorio para el perfeccionamiento de los factores de emisión empleados en los balances netos del sector forestal (incrementos medio anuales de biomasa seca y coeficientes de carbono en madera, corteza, suelos y necromasa).
- e. Desglosar los resultados del Inventario Nacional del sector forestal hasta el nivel provincial, para los años del periodo 2020-2025.

Objetivo 2: Mitigación del cambio climático.

Acciones:

- a. Crear en la DFFFS las capacidades requeridas para asumir las evaluaciones y acciones de mitigación.
- b. Completamiento de las acciones de mitigación planteadas en la Primera, Segunda y Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC.
- c. Cumplimiento de los compromisos contraídos por Cuba ante el Acuerdo de París que estén relacionados con el sector forestal.
- d. Establecer el sistema de medición, reporte, monitoreo y verificación (MRMV) del sector forestal como información complementaria a los Inventarios de GEI.
- e. Formular, analizar, implementar, monitorear y evaluar las estrategias locales de mitigación para los tenentes del patrimonio forestal.
- f. Coordinar las acciones de mitigación en desarrollo y las de nueva creación con Cubaenergía, en la Agencia de Medio Ambiente.
- g. Establecer a partir de 2021 el pago por el servicio ambiental de carbono forestal para todos los tenentes del patrimonio forestal.
- h. Implementar acciones para participar en los sistemas internacionales que financian la mitigación del cambio climático.

Objetivo 3: Evaluación de impactos, adaptación y reducción de vulnerabilidades.

Acciones:

- a. Crear en la DFFFS las capacidades requeridas para asumir el control y reporte de las evaluaciones de impacto y de las acciones de adaptación.
- b. Implementar las estrategias locales de adaptación con los tenentes del patrimonio forestal ya evaluado e inclusión de las acciones en los proyectos de ordenación y planes de manejo.
- c. Determinar los impactos y formular las estrategias locales de adaptación para los tenentes cuyo patrimonio forestal se decida evaluar.

- d. Implementar las acciones vinculadas al Macroproyecto y a la Tarea Vida.
- e. Monitorear de manera intensiva la zona costera, con énfasis en la formación Manglar.
- f. Concluir los proyectos de ordenación de todas las áreas protegidas con zonas costeras.
- g. Evaluar y proteger los ecosistemas existentes en los principales sistemas montañosos del país, desde el parte-aguas hasta el litoral.
- h. Recuperar los ecosistemas costeros del sur de las provincias Mayabeque y Artemisa.
- i. Implementar un programa divulgativo y de creación de capacidades sobre la protección de las zonas costeras.
- j. Fortalecer la percepción ciudadana sobre la importancia de la protección y recuperación del sistema costero.

Objetivo 4: Transferencia de tecnologías.

Acciones:

- a. Identificar las tecnologías cuya transferencia fortalecería la implementación de las acciones de mitigación en el sector forestal y acometer su adopción.
- b. Identificar las tecnologías cuya transferencia fortalecería la implementación de las acciones de adaptación en el sector forestal y acometer su adopción.

Objetivo 5: Creación de capacidades.

Acciones:

- a. Formar y capacitar el equipo de cambio climático de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres; definir sus funciones y sistema de trabajo.
- b. Capacitar al Servicio Estatal Forestal en el tema cambio climático.
- c. Capacitar al componente empresarial del GAF, GEFF, GAG y GEGAN en lo referido a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus impactos en el sector forestal.
- d. Capacitar al componente no empresarial del sector forestal en lo referido a la mitigación del cambio climático y a la adaptación a sus impactos.

Implementación del Programa.

Una vez que el Programa sea aprobado, será preciso:

- a. Definir el responsable y el cronograma de implementación de cada una de las acciones previstas en cada objetivo específico.
- b. Definir el sistema de control que se aplicará para monitorear la ejecución del Programa.
- c. Definir los aspectos que deben formar parte de las funciones del equipo de cambio climático de la DFFFS.
- d. Establecer las coordinaciones de trabajo entre el equipo de la DFFFS, el INAF, la UPR y el CNAP.

ANEXO 7

Aspectos Metodológicos para las Evaluaciones de
Carbono en el proyecto ECOVALOR

Dr.C. A. Álvarez
archie@forestales.co.cu

Dr.C. A. Mercadet
mercadet@forestales.co.cu

145

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN EN LOS BOSQUES DE CUBA

Documento metodológico

Dr.C. Arnaldo Álvarez Brito
Dr.C. Alicia Mercadet Portillo

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

INTRODUCCIÓN

146

Con el objetivo de facilitar la preparación y presentación de proyectos forestales al Mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación, Degradación y Manejo Sostenible de los Bosques (REDD+), en febrero de 2016 la Dirección Forestal del MINAG solicitó al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) el desarrollo de un trabajo que permitiese:

1. Definir el término Bosque Degradado.
2. Identificar los Criterios para evaluar la degradación del bosque y las escalas para su empleo.
3. Identificar el método mediante el cual, utilizando los Criterios de degradación, se establece el nivel de degradación del bosque.

Estableciendo como condición que la definición, los Criterios y la metodología que fuesen propuestas tenían que ser aplicables a todas las combinaciones de categoría de bosque (Productor, Protector de Agua y Suelo, Protector del Litoral, Manejo Especial, Protección y Conservación de la Fauna, Recreativos y Educativos/Científicos) y tipos de bosque (natural y artificial) existentes en el país.

Más tarde, durante el proceso de preparación del proyecto internacional Incorporando consideraciones ambientales múltiples y sus implicaciones económicas en el manejo de paisajes, bosques y sectores productivos en Cuba (ECOVALOR) coordinado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), el Fondo Mundial para el Ambiente (GEF, en inglés) estableció entre las metas que debían ser alcanzadas por el proyecto la remoción de 2,9 millones de toneladas de CO₂ atmosférico en un plazo de 20 años (6 años de implementación y 14 de capitalización), estableciendo que la evaluación *ex-ante*, el monitoreo durante y la evaluación *ex-post* del cumplimiento de dicha meta tenía que ser realizada empleando la herramienta Ex-Act, sistema automatizado de cálculo de carbono en los sectores atendidos por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agri-

cultura (FAO, en inglés); cambio de uso del suelo, agricultura, ganadería, bosques, pesquería/acuí-cultura e infraestructuras agrarias.

Para el caso particular de los bosques establecidos (naturales o artificiales), Ex-Act calcula las emisiones o remociones de carbono a partir de una escala de degradación del bosque, que varía desde la ausencia de degradación hasta la degradación extrema (Tabla 1), pero sin establecer una definición de degradación forestal, ni Criterios que permitiesen su evaluación, lo cual hizo coincidir las necesidades de ECOVALOR en lo relativo a las evaluaciones de degradación del bosque, con las formuladas dos años antes por la Dirección Forestal.

Tabla 1. Escala evaluativa empleada por Ex-Act.

Valor	Degradación	Pérdida de biomasa (%)
0	Sin degradación	0
1	Degradación muy baja	10
2	Degradación baja	20
3	Degradación media	40
4	Degradación alta	60
5	Degradación extrema	80

Como respuesta a la solicitud de la Dirección Forestal entre 2016 y 2018 el INAF preparó y fundamentó la definición de Bosque Degradado y la metodología a emplear para evaluar la degradación, mientras que en 2019 el proyecto ECOVALOR facilitó las condiciones requeridas para definir los Criterios de degradación a emplear, con la participación de un equipo técnico de más de 30 especialistas entre los que estuvieron representadas la Dirección Forestal y el Departamento de Suelos del MINAG, el CNAP, el Grupo Empresarial Agroforestal (GAF), el INAF, el Instituto de Ecología y Sistemática (IES), el Instituto de Suelos, técnicos de 10 áreas protegidas y de cinco empresas agroforestales, resultado que completó todos los elementos requeridos.

En el marco del proyecto ECOVALOR a partir de 2020 y hasta 2023 todo lo establecido sobre degradación forestal será aplicado en condiciones reales, proceso en el que participarán cinco empresas agroforestales y 12 áreas protegidas que de conjunto evaluarán más de 10 mil hectáreas de bosques naturales y artificiales con esta metodología, incluyendo además dos momentos para someter a un análisis crítico todos los aspectos (la definición, los Criterios y el método de evaluación), a fin de perfeccionarlos a partir de la

experiencia práctica acumulada, para finalmente presentar los resultados alcanzados a la consideración de la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del MINAG, a fin que valore la conveniencia de establecer la aplicación de la metodología a escala nacional.

CONCEPTO DE BOSQUE DEGRADADO

Área establecida de bosque natural o artificial, donde causas de origen natural, antrópica o resultantes de su interacción, limitan o impiden el cumplimiento cualitativo y/o cuantitativo de las funciones que le corresponden al bosque, ya sea la asociada a su función principal (determinada por su categoría de bosque), como las asociadas a sus funciones complementarias (determinadas por otras funciones diferentes a la principal).

CRITERIOS PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DEL BOSQUE

Los criterios se dividen en dos grupos:

- Criterios generales, aplicables a cualquier categoría de bosque, natural o artificial (Tabla 2).
- Criterios específicos, aplicables a los bosques según su categoría (Tabla 3).

Tabla 2. Criterios generales de degradación para bosques de cualquier categoría.

Nº	Criterio	Variable a medir
1	Afectación fitosanitaria (insectos y enfermedades)	Árboles afectados (%)
2	Presencia de daños mecánicos	Árboles afectados (%)
3	Invasión de especies espinosas (marabú, aroma, weiler, maya, etc.)	Área invadida (%)
4	Erosión del suelo	Área afectada (%)
5	Afectación por incendio	Área afectada (%) y Grado de afectación

Tabla 3. Criterios específicos de degradación por categoría de bosque.

Nº	Criterios	Variable a medir
Bosques productores		
6	Densidad menor que 0,3 o mayor que 0,7	Tabla de densidades
7	Árboles de valor económico (solo aplicable a bosques naturales)	Cantidad de árboles (u)
Bosques protectores de agua y suelo o del litoral		
8	Densidad menor que 0,6 o mayor que 0,8	Tabla de densidades
9	Presencia de especies exóticas (diferentes a las del Criterio 7)	Áreas ocupadas (%)
Bosques de manejo especial y Bosques de protección/conservación de la fauna		
9	Presencia de especies exóticas (diferentes a las del Criterio 7)	Áreas ocupadas (%)
10	Evidencias de tala de explotación	Árboles talados (u)
Bosques recreativos		
10	Evidencias de tala de aprovechamiento	Árboles talados (u)
11	Especies vegetales perjudiciales a la salud humana	Áreas ocupadas (%)

Los bosques categorizados como Educativos y Científicos no serán evaluados, debido a que solo incluyen los jardines botánicos y *arboreta*. El resumen de los criterios generales y específicos identificados por categoría de bosque son los presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de criterios de degradación por categoría de bosque.

Nº	Criterio	Categoría de bosque					
		Produc.	Prot. Ag/S	Prot. Lit.	Man. Esp.	Fauna	Recreat.
1	Afectación fitosanitaria	X	X	X	X	X	X
2	Afectación mecánica	X	X	X	X	X	X
3	Especies espinosas	X	X	X	X	X	X
4	Erosión	X	X	X	X	X	X
5	Incendio	X	X	X	X	X	X
6	Densidad <0,3 ó >0,7	X					
7	Árboles importancia económica*	X					
8	Densidad <0,6 ó >0,8		X	X			
9	Esp. Arbóreas exóticas		X	X	X	X	
10	Talas aprovechamiento				X	X	
11	Esp. dañinas al hombre						X

*Solo para bosques naturales.

ESCALAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS

Tabla 5. Escala para la evaluación de los criterios 1, 2, 3, 4, 9, 10 y 11.

Valor	Degradación	Escala (%)
0	Sin degradación	0
1	Degradación muy baja	1–10
2	Degradación baja	11–20
3	Degradación moderada	21–50
4	Degradación alta	51–79
5	Degradación extrema	>80

Valor	Degradación
0	Sin degradación
1	Degradación muy baja
2	Degradación baja
3	Degradación media
4	Degradación alta
5	Degradación extrema

Tabla 7. Escala para la evaluación del Criterio 5.

Superficie afectada (%)	Grado de afectación de los árboles				
	Leve	Regular	Grave	Muy grave	Total
0,1–0,9	1	2	3	4	5
1,0–2,5	2	2	3	4	5
2,6–3,0	3	3	4	4	5
3,1–3,5	4	4	4	5	5
>3,5	5	5	5	5	5

Tabla 7. Escala para la determinación de la densidad (Criterios 6 y 8).

Altura media (m)		Suma de áreas basales (m2)									
Latifolias	Pinos	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
5		17	15	14	12	10	8	7	5	3	1
6		18	16	14	13	11	8	7	5	4	2
7		19	17	15	13	11	10	8	6	5	3
8		20	18	16	14	12	10	8	6	5	3
9		21	19	17	15	13	10	8	6	5	4
10		22	20	18	15	13	11	9	7	6	4
11	5	23	21	18	16	14	12	9	7	6	4
12	6	24	22	19	17	14	12	10	7	6	5
13	7	25	22	20	17	15	12	10	8	7	5
14	8	26	23	21	18	16	13	10	8	7	6
15	9	27	24	22	19	16	14	11	8	7	6
16	10	28	25	22	20	17	14	11	8	7	6
17	11	29	26	23	20	17	14	12	9	8	7
18	12	30	27	24	21	18	15	12	9	8	7
19	13	31	28	25	22	19	16	12	9	8	7
20	14	32	29	26	22	19	16	13	10	9	7
21	15	33	30	26	23	20	16	13	10	9	8
22	16	34	31	27	24	20	17	14	10	9	8
23	17	35	32	28	24	21	18	14	11	10	8
24	18-19	36	32	29	25	22	18	14	11	10	9
25	20-22	37	33	30	26	22	18	15	11	10	9
26	23-25	38	34	30	27	23	19	15	11	10	9
27-28	26-28	39	35	31	27	23	20	16	12	11	9
29-30	29-30	40	36	32	28	24	20	16	12	11	10

Lsp-Latifolias Pn-Pinos

Tabla 9. Escala para la evaluación de los Criterios 6 y 8.

Criterio 6		Criterio 8	
Degradación	Densidad	Degradación	Densidad
0-Sin degradación	0,3 a 0,7	0-Sin degradación	0,6 a 0,8
3-Degradación moderada	0,2 ó 0,8	3-Degradación moderada	0,4 ó 0,5
5-Degradación extrema	<0,2 ó >0,8	5-Degradación extrema	<0,4 ó >0,8

Tabla 9. Escala para la evaluación del Criterio 7

Valor	Degradación	Árboles/parcela
0	Sin degradación	> 4
1	Degradación muy baja	4
2	Degradación baja	3
3	Degradación media	2
4	Degradación alta	1
5	Degradación extrema	0

DETERMINACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE UNA PARCELA DE MUESTREO

La determinación de la degradación de una parcela de muestreo temporal (PMT) o permanente (PMP) se realiza evaluando sus Criterios específicos y generales.

La descripción detallada de la metodología de evaluación, incluyendo los Criterios generales y específicos, las variables a considerar y las escalas de evaluación a utilizar, pueden generar la impresión que la determinación sobre el terreno de la degradación resultará en extremo engorrosa para los equipos que trabajarán con las parcelas de muestreo.

Sin embargo, la metodología está respaldada por un sistema automatizado soportado en una hoja de cálculo de Excel, que reduce la complejidad de su aplicación en el terreno a solo realizar marcas en las casillas correspondientes de las tablas contenidas en el modelo de medición.
Ejemplo:

Se evalúa una de las cinco parcelas permanentes de muestreo establecidas en un bosque natural de latifolias situado en el área protegida Cayo Santa María, categorizado como Área de Manejo Especial. Entonces, empleando la Tabla 11 se procede a realizar la evaluación de la degradación por Criterio Específico para la parcela:

Criterio 5. Bosques quemados: Sin afectación (X)

Superficie afectada (%)	Grado de afectación de los árboles				
	Leve	Regular	Grave	Muy grave	Total
0,1 – 0,9					
1,0 – 2,5					
2,6 – 3,0					
3,1 – 3,5					
> 3,5					

Tabla 10. Criterios específicos de degradación.

Variable	Evaluación (%)					
	0	1-10	11-20	21-50	51-79	80-100
-Bosques de manejo especial						
9-Área invadida por especies exóticas (%)	X					
10-Árboles talados (%)		X				

Mientras que en la Tabla 12 se realiza la evaluación de todos los Criterios Generales para esa parcela:

Tabla 12. Criterios generales de degradación.

Variable	Evaluación (%)					
	0	1-10	11-20	21-50	51-79	80-100
1-Árboles atacados por plagas (%)	X					
2-Árboles dañados mecánicamente (%)	X					
3-Área ocupada por especies espinosas (%)				X		
4-Área afectada por la erosión		X				

Entonces, a partir de estos datos el sistema automatizado de evaluación definiría los siguientes resultados:

Bosque natural latifolio Manejo Especial	Criterios de Degradación											Degrad. máxima
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	

Valor	Degradación
0	Sin degradación
1	Degradación muy baja
2	Degradación baja
3	Degradación moderada
4	Degradación alta
5	Degradación extrema

El valor de degradación del bosque natural de latifolias situado en el área protegida Cayo Santa María, categorizado como Área de Manejo Especial, será el promedio del mayor de los valores de degradación alcanzados por cada una de las cinco parcelas de muestreo permanente establecidas en esa área de trabajo.

En el caso de los Bosques Productores y Protectores, la determinación de los Criterios Específicos 6 y 8 es realizada a partir de la Tabla de Densidades, que establece una relación entre la altura total media de la parcela y el área basal acumulada por hectárea para definir la densidad de madera en la parcela y con ella, su nivel de degradación.

La realización de todo el proceso para la determinación de esos Criterios Específicos es efectuada por el sistema de cálculo hecho en Excel, a partir de los datos de diámetro a 1,30 m del suelo y altura total correspondientes a todos los árboles medidos en la parcela.

Se adjuntan a esta metodología los modelos que se emplearán para las evaluaciones y mediciones de campo en las parcelas de muestreo que sean establecidas en los sitios de intervención del proyecto ECOVALOR.

PARCELA PERMANENTE No.

Sitio de intervención		Coníferas		Latifolias	
Área de trabajo		Integrantes del equipo:			
Bosq. Artif.: Especie					
Bosq. Nat. : Formación					
Fecha:					

Superficie del area de trabajo
(ha)

COORDENADAS

NORTE			OESTE		

CATEGORÍA DE BOSQUE

P	PAS	PL	CME	CFF	CR

P-Productor; PAS-Prot. Ag/Suelo; PL-Prot. Litoral; CME-Man. Esp.; CFF-Cons. Flora/Fauna; CR-Recreat.

CAUSA DE LA DEGRADACIÓN:

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DEGRADACIÓN: CRITERIOS GENERALES.

No. Indicador y Variable	Evaluación %					
	0	1-10	11-20	21-50	51-79	80-100
1. % Árboles atacados por plagas						
2. % Árboles dañados mecánicamente						
3. % Área ocupada por especies espinosas						
4. % Área afectada por erosión del suelo						

BOSQUES QUEMADOS. SIN AFECTACIÓN

Superficie afectada (%)	Grado de afectación de los árboles				
	Leve	Regular	Grave	Muy grave	Total
0,1-1,5					
1,6-2,5					
2,6-3,0					
3,1-3,5					
>3,5					

153

PARCELA PERMANENTE No.[illegible]

The background of the page is a photograph of a natural landscape. In the foreground, there is a field of tall, golden-brown grass. A dirt path or stream bed leads from the bottom right towards the background. The background is filled with a dense forest of tall, green pine trees. Sunlight filters through the trees, creating dappled light on the ground and foliage.

La mitigación del cambio climático se refiere básicamente a las acciones, medidas, programas y políticas que contribuyen a la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero; por tanto, la mitigación abarca tanto la reducción de las emisiones en sus fuentes como la remoción de emisiones por los sumideros. Los bosques, además de muchas otras funciones y servicios ecosistémicos, actúan como importantes sumideros de CO₂, que es el principal gas de efecto invernadero. En consecuencia, la ciencia del cambio climático ha dedicado especial atención al papel de los bosques en las estrategias de respuesta ante este reto global, tanto en términos de la adaptación, que busca reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, como en términos de mitigación.

ISBN 978-959-287-092-5



9 789592 870925