
INFORME FINAL DE PROYECTO RAMAL

(Elaborado según la Norma PG-EC-0012 de julio 2001,
del SIPSYE del SINCITA)

- 1. Código del Proyecto o Subproyecto:** 11.69
- 2. Organización líder o Ejecutora:** Instituto de Investigaciones Forestales.
- 3. Título del proyecto:** Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático.
Subsector Forestal.
- 4. Año de inicio:** 2007.
- 5. Año en que se realiza el informe:** 2011.
- 6. Año en que finaliza el Proyecto:** 2011.
- 7. Jefe o líder del Proyecto:** Dr. Arnaldo F. Álvarez Brito.
- 8. Situación:** Concluido.
- 9. Unidades/Organizaciones participantes:**
 - Sede Central, C. Habana.
 - Estación Experimental Forestal Itabo, Matanzas.
 - Estación Experimental Forestal Placetas, Villa Clara.
 - Estación Experimental Forestal Guisa, Granma.
 - Estación Experimental Forestal Baracoa, Guantánamo.
 - Dirección Forestal, MINAG.

10. Resumen del Informe Final:

El objetivo central del Proyecto fue: *“Dar respuesta a lo que le compete al Subsector Forestal del MINAG en la SCN, en cumplimiento de la obligación internacional asumida por el país como Parte del Convenio Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático”*, para lo cual fueron organizados cinco subproyectos:

11.69.01- La retención de carbono por los bosques cubanos.

Resp: A. Mercadet.

11.69.02- Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategias de adaptación.

Resp: A. Alvarez.

11.69.03- La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos.

Resp: A. Mercadet.

11.69.04- Creación y fortalecimiento de capacidades institucionales sobre el tema “El Cambio Climático y los Bosques”.

Resp: A. Alvarez.

11.69.05- Análisis de las interacciones intersectoriales en el marco de la Segunda Comunicación Nacional.

Resp: A. Alvarez.

cuya ejecución fue prevista entre enero de 2007 y diciembre de 2008 (24 meses), durante los cuales debían ser obtenidos 20 resultados.

En la práctica, las actividades para elaborar la SCN del país no comenzaron hasta octubre de 2008, con un marco de ejecución hasta diciembre de 2011, a lo que se añadió la prestación de servicios fuera del país del J'Proyecto por todo el año 2007, razones por las que a principios del 2008 se argumentó y solicitó prorrogar la ejecución del Proyecto por igual etapa que la SCN, lo que fue aprobado, variando así su ejecución para el período enero 2007 – diciembre 2011.

Las metodologías utilizadas para el desarrollo de las investigaciones se basaron, fundamentalmente, en las recomendadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático para los estudios de balance neto de emisiones de gases de efecto invernadero, evaluación de impactos para la formulación de estrategias de adaptación y evaluación de emisiones para la formulación de estrategias de mitigación. Sin embargo, debido a las

características propias del sector forestal cubano en lo que respecta a la mitigación del cambio climático, fue conveniente elaborar una metodología particular para el país, adaptada a los requerimientos del sector.

En general, de los 20 resultados comprometidos por el Proyecto para la SCN, al elaborar este informe 16 están concluidos y cumplidos; dos aún se encuentran en ejecución y terminarán durante el segundo semestre del 2011, y dos no fueron realizados, para un cumplimiento total del 90%.

Los dos resultados aún en ejecución son:

- Análisis de las interacciones entre el Subsector Forestal y otros Sectores de la economía nacional en la SCN. Resp: A. Alvarez.
- Conclusión de la versión inicial de la Segunda Comunicación Nacional. Resp: INSMET.

los que, como se puede apreciar, son acciones propias de la etapa final de elaboración de la SCN, actualmente en ejecución.

Los dos resultados que no fueron cumplidos son:

- Perfeccionamiento del sistema automatizado de Dinámica Forestal. Resp: E. Linares.

Aún cuando se contó con el financiamiento necesario y las acciones a realizar fueron identificadas e incluidas en las conciliaciones efectuadas con GEOCUBA para la adecuación del sistema a una nueva versión, en la que quedarían incluidas las indicaciones metodológicas del IPCC emitidas en el 2006, finalmente incumplimientos contractuales ajenos al Proyecto determinaron la interrupción definitiva del trabajo en proceso y el incumplimiento del resultado.

- Asistencia técnica de un experto internacional en el tema “Cambio Climático y Bosques”.

Resp: A. Alvarez.

Aunque en más de una ocasión y por más de una vía se gestionó la visita a Cuba de expertos internacionales sobre el tema bosques en el marco de la SCN, finalmente tales coordinaciones iniciadas incluso desde la PCN, no llegaron a fructificar, determinando el incumplimiento del resultado. Recientemente se aprobó la prórroga del PNUD para el financiamiento en USD al proyecto internacional de la SCN, por lo que se reiniciaron las gestiones para la contratación del experto.

11. Resultados, Conclusiones y Recomendaciones del Proyecto:

Los resultados alcanzados por cada subproyecto, sus conclusiones y recomendaciones, fueron las siguientes (ver anexos):

11.69.01- La retención de carbono por los bosques cubanos.

a) Estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en los años 2002 y 2004.

Las estimaciones de ambos años fueron realizadas y presentadas a la dirección del equipo nacional de emisiones de GEI, en el INSMET. En ambos años el sector forestal mantiene su condición de único sumidero neto de carbono del país, papel que aumenta anualmente en magnitud por el crecimiento anual del área cubierta de bosques.

Obran en poder del proyecto el Dictamen 14/2005 del Consejo Científico del INSMET, de fecha diciembre 12 de 2005, aprobando el resultado científico titulado *Emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en Cuba durante el año 2002*, presentado por el Dr. Carlos López Cabrera, entre cuyas instituciones participantes está el IIF, así como la Resolución 02/85 del Director General del INSMET, Dr. Tomás Gutiérrez Pérez, de fecha diciembre 26 de 2005, reconociendo el resultado anterior como Relevante para ese año.

Sobre los resultados del año 2004 no fueron entregados documentos acreditativos por parte del INSMET.

b) Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.

Como resultado de la colaboración con la Universidad de Alicante, España, al término del proyecto la base de datos sobre el contenido de carbono y nitrógeno en la madera y la corteza fue ampliada hasta 64 especies. Las cuatro especies de pino nativas del país cuentan con valores específicos, en tanto que los valores medios nacionales reportados para las especies latifolias aún no incluidas en la base son:

LATIFOLIAS	Carbono (%)		Nitrógeno (%)	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza

	47,01	45,50	0,36	1,15
--	-------	-------	------	------

La evaluación comparativa del balance de emisiones de GEI del sector forestal, usando los coeficientes por defecto del IPCC (0,45 y 0,50) o los obtenidos nacionalmente indicó, que el sector subestima de forma creciente su capacidad sumidero, por lo que fue recomendada la utilización de los coeficientes nacionales.

c) Determinación de los incrementos medios anuales de volumen para plantaciones de las especies incluidas en la metodología del IPCC.

De las siete especies que la metodología del IPCC identifica en las plantaciones forestales para la estimación del balance de carbono en el sector forestal, seis cuentan ya con una primera determinación en condiciones nacionales, destacando que los valores correspondientes a los pinos son sobrestimados, mientras que los correspondientes a las latifolias son subestimados.

Especie	IMA Biomasa Aérea (t ms*ha ⁻¹ *año ⁻¹)	
	IPCC	Cuba
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> (pino macho)	10,00	6,22
<i>Pinus tropicalis</i> (pino hembra)	11,50	2,98
<i>Pinus maestrensis</i> (pino de la Maestra)		4,48
<i>Pinus cubensis</i> (pino de Mayarí)		7,63
<i>Eucalyptus pellita</i> (eucalipto)	14,50	33,87
<i>Tectona grandis</i> (teca)	8,00	15,66
<i>Acacia spp.</i> (acacia)	15,00	-----

Es preciso ampliar el muestreo para incluir áreas por especie aún no representadas y estimar, además, la especie faltante, así como valorar el efecto de las diferencias existentes entre los coeficientes del IPCC y los estimados nacionales sobre el balance de emisiones del sector forestal.

d) Perfeccionamiento del sistema automatizado de Dinámica Forestal.

Resultado no alcanzado.

11.69.02- Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategias de adaptación.

a) Reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país.

La quinta versión de la evaluación de los impactos esperables sobre los bosques del país como consecuencia del cambio climático incluyó una caracterización de la distribución de los bosques naturales al término del 2007 y del clima cubano al concluir el siglo XX; los resultados de los estudios de caso que abordaron la evaluación de los impactos relacionados con el aumento de la temperatura ambiental; la interacción entre ésta y la disminución de las lluvias; el aumento del nivel del mar; la interacción entre plagas y bosques bajo la acción del cambio climático y el aumento de la concentración atmosférica de CO₂. En cada estudio de caso se propuso una estrategia de adaptación a implementar para disminuir al máximo posible las repercusiones negativas esperables. Se concluyó con una valoración general sobre el grado de certeza que se atribuye a los diferentes impactos expuestos y las razones que respaldan tales consideraciones; la identificación de las brechas que aún restan por abordar en el sector forestal en lo que al cambio climático se refiere, y las lecciones obtenidas con la realización de este reanálisis.

Se considera que el cambio climático ha comenzado a impactar los bosques tropicales cubanos en sus niveles más básicos, a escala fisiológica, con manifestaciones externas verificables de que tales cambios ya están ocurriendo y entre las brechas identificadas a corto, mediano y largo plazos se encuentran los impactos asociados a los ciclones tropicales y a la intrusión salina, las afectaciones esperables en los suelos forestales y en su biota edáfica, en los productos forestales no madereros y en la fauna cinegética, así como los efectos de la sequía y la temperatura sobre los riesgos de incendios forestales.

b) Determinación de la vulnerabilidad al cambio climático de las principales plagas forestales cubanas.

Este análisis constituyó la primera aproximación a este tema en el sector forestal cubano y en consecuencia, fue principalmente orientado a identificar los aspectos básicos a considerar en aproximaciones posteriores. Entre los impactos negativos esperables identificados se señalaron las

mayores temperaturas en ciertas localidades, que acelerarían los ciclos reproductivos de las plagas de insectos al año, aumentando su potencial destructivo; la posible alteración de la relación entre las plagas y sus enemigos naturales, que podría cambiar a favor de las primeras; la ampliación de la relación carbono/nitrógeno en los árboles, debido a elevados niveles de CO₂ atmosférico, podría aumentar el consumo de follaje de los insectos o sustentar poblaciones mayores; una mayor frecuencia de sequías, ciclones y periodos de excesiva lluvia, causarían un mayor estrés en los árboles y en los bosques, haciéndolos más sensibles al ataque de las plagas y una mayor frecuencia de epidemias de insectos y enfermedades debido al stress de los árboles asociado con el cambio climático, produciría mayores niveles de productos combustibles en los bosques, aumentando el peligro de incendios y en consecuencia, una explosión de perforadores de la corteza, principalmente de la familia *Scolytidae*.

Por otra parte, un clima modificado también podría permitir el ingreso de especies exóticas y nocivas que invadan los ecosistemas afectados, razones por las que para Cuba han sido identificados los siguientes riesgos de introducción de plagas transfronterizas:

- Eventos climáticos extremos como la sequía pueden aumentar la invasión por *Armillaria spp.* que normalmente puede no ser muy patogénica, pero que hoy constituye una plaga importante en los bosques de América del Norte.
- *Monochamus titillator* se distribuye en el sur y el este de los EUA y se desarrolla en los troncos de pinos recientemente cortados o en los árboles derrumbados por las tormentas, moribundos o muertos por los incendios o por otras causas, principalmente después del ataque de los escolítidos descortezadores.
- Los escarabajos de la corteza *Dendroctonus spp.* atacan a las coníferas, ocasionando daños a la industria maderera y al paisaje; son considerados de gran importancia debido a los brotes que ocurrieron en años anteriores en los países centroamericanos, por lo que en Cuba ocho especies de este género están en el grupo I de cuarentena.

- *Coptotermes formosanus* existe en muchos lugares a lo largo de la costa suroriental de los Estados Unidos y tiene un gran potencial para aumentar su distribución.
- Existen otras plagas con riesgo de introducción en el país, en las que los factores climáticos podrían jugar un papel decisivo, tales como la chinche harinosa rosada (*Macollenicocus hirsutus*), que afectaría tanto a especies forestales, como a cultivos agrícolas.

De forma general se planteó que el cambio climático puede tener un impacto positivo, negativo o neutro sobre los patosistemas individuales, debido a la naturaleza específica de las interacciones del huésped con el patógeno y como resultado, es difícil decidir las reglas a seguir para predecir los impactos específicos, siendo tres los factores responsables de esta aparente falta de principios específicos: primero, la falta de conocimiento sobre los efectos de algunos importantes factores, como el CO₂; segundo, la rudimentaria información existente sobre la interacción entre los factores individuales que influyen en la enfermedad de la planta bajo un clima cambiante y tercero, los impactos del cambio climático sobre las enfermedades de las plantas solo han sido estudiados a escala de laboratorio. Sin embargo, la más significativa limitante para prever el impacto del cambio climático es la incapacidad de predecir cómo las fuerzas tecnológicas y socioeconómicas interactuarán con los factores atmosféricos, climáticos y biológicos de la agricultura de este siglo.

Derivado de lo anterior, las recomendaciones formuladas fueron:

- Crear programas para el control de insectos y enfermedades forestales que sean capaces de detectar aumentos en la aparición y en la intensidad de la decadencia de los bosques, en la actividad de nuevas plagas (naturales o introducidas), además de las que históricamente causaron pérdidas, capaces de detectar cambios en la biología, ecología, y distribución natural de las especies que causan las plagas, incluyendo el registro de factores claves de sus vidas, número de generaciones, modelos de alimentación e interacciones plaga/huésped.
- Investigar a largo plazo los efectos del cambio climático sobre la biología e interacciones plaga/huésped de las plagas forestales tradicionales, identificando las especies que tienen el potencial de convertirse en plagas

bajo el cambio climático y transferir lo antes posible el resultado de las investigaciones a los programas operativos de la producción.

c) Vulnerabilidad de los bosques naturales a las plagas forestales bajo la influencia del cambio climático.

Este análisis constituyó la primera aproximación a este tema en el sector forestal cubano y en consecuencia, fue principalmente orientado a identificar los aspectos básicos a considerar en aproximaciones posteriores. La temperatura. Los insectos aumentan por lo general la abundancia (número de individuos, larvas, pupas, adultos) con el aumento de la temperatura, aumentando también sus enemigos naturales; en los meses de junio y julio casi todas las especies de insectos tienen su mayor abundancia, de lo cual se tienen datos obtenidos en estudios realizados para escolítidos e *Hypsipyla grandella* en el occidente de Cuba y en *Pinus caribaea* y *Cedrela odorata* (cedro) respectivamente, mientras que aunque el aumento de la temperatura podría en principio favorecer la no reproducción y la muerte de hongos patógenos, se necesitarían temperaturas muy altas pero aun así no se garantizaría su muerte debido a que en algunos casos son resistentes a estas y sus estructuras reproductoras se conservan por años.

La lluvia. Existen muchos insectos defoliadores como *Neodiprion spp.*, que con el aumento de las precipitaciones desaparecen y las poblaciones disminuyen considerablemente. Los escolítidos son oportunistas: cuando el árbol se encuentra debilitado por diferentes causas como sequía o incendios, lo atacan intensamente pero al ocurrir precipitaciones, los árboles se recuperan y va desapareciendo el foco. Por otra parte, el aumento de las precipitaciones aumenta la humedad en los árboles y en la madera, por lo que es propicio para la proliferación de los hongos, que cuando encuentran entre 20% y 40% de humedad tienen condiciones ideales para su crecimiento, mientras que a menores y mayores valores que estos, se inhibe su crecimiento.

Ejemplo de la acción combinada de estas dos variables climáticas sobre los bosques, en relación con las plagas fue lo registrado en Villa Clara en el 2002. Después del paso de huracán Mitchell en año 2001, los primeros meses del año 2002 fueron muy secos, provocando en un ataque de escolítidos sobre *Pinus caribaea* durante aproximadamente 6 meses; en

agosto del propio año la plaga estaba ya controlada, incidiendo en ello no sólo el manejo que se realizó, sino también el aumento de la temperatura y de las precipitaciones, típico de los meses de verano en el país.

El cambio en las condiciones ecológicas asociado con el clima puede aumentar la idoneidad de nuevas áreas para posibles plagas cuarentenadas, lo que aumentaría su susceptibilidad de los bosques a la invasión de patógenos. La distribución geográfica de una plaga o formación natural puede cambiar en paralelo con el clima. Así pues, las evaluaciones iniciales de riesgo que anteriormente formaban la base de las decisiones que favorecían o restringían el comercio, quizá deban reconsiderarse en el contexto del cambio climático. Es por ello que se hace necesario la armonización de las medidas fitosanitarias, un mejor intercambio de información y planteamientos más adecuados para la alerta temprana y la respuesta rápida a las posibles plagas cuarentenadas, además de prever los cambios de las condiciones ecológicas asociados con el cambio climático.

Sin embargo, tales riesgos de introducción no son exclusivos de agentes biológicos hoy inexistentes en el país como las plagas transfronterizas, sino que también incluyen la dispersión nacional a lugares previamente no afectados, de plagas ya reportadas para otros sitios dentro de Cuba, como es el caso de *Lecanosticta acicola*, hongo patógeno que tiene una amplia capacidad de adaptación y gran asimilación de diferentes hospedantes, lo que le ha permitido la extensión de su espacio geográfico desde Canadá, Estados Unidos, Jamaica y Colombia, hasta Rusia, mientras que en Cuba se ha registrado solamente en la región oriental del país para *Pinus cubensis*, *P. maestrensis* y *P. caribaea*, pero teniendo en cuenta que las características medioambientales del oriente del país son muy similares a las del occidente, variando solo en 2-3 °C, el riesgo de adaptación de la plaga en el área occidental es muy alto si allí aumentara la temperatura. Por ello, es probable que poblaciones relativamente pequeñas de la plaga se pudieran establecer y no se conocen factores abióticos que puedan afectar notablemente su supervivencia, ya que puede encontrarse en un rango de temperaturas y humedad amplio, lo que le permitiría emerger en diferentes situaciones originadas por el cambio climático (variaciones de temperatura, de humedad, ciclones y sequía).

El aumento del nivel del mar para el caso del país tendrá su mayor impacto sobre la formación manglar y otras sucesivas, que en la mayoría de los casos son los uverales y la manigua costera. En este caso sería necesario estudiar las plagas y enfermedades que aparecen en los manglares, que han sido poco estudiadas, para poder analizar sus posibilidades de adaptación a otras condiciones y las formaciones boscosas sucesivas o la aparición de otras nuevas.

En general, las investigaciones del impacto del cambio climático sobre las enfermedades de las plantas han sido limitadas; el mayor trabajo se ha concentrado sobre los efectos de un componente atmosférico individual o variable meteorológica sobre el huésped, patógeno o la interacción de ambos bajo condiciones controladas. Los resultados indican que el cambio climático podría alterar el estado y rango de desarrollo del patógeno, modificar la resistencia del huésped y provocar cambios en la fisiología de la interacción huésped-patógeno.

Los resultados de este resultado confirman y enfatizan las recomendaciones planteadas por el resultado anterior.

d) Formulación de las estrategias de adaptación para tres empresas forestales.

El aumento del tiempo de ejecución del proyecto hasta el 2011 permitió ampliar las evaluaciones de impacto y adaptación realizadas, que comprendieron en total nueve empresas forestales y un área protegida, en dependencia del factor analizado:

- Impactos sobre los bosques costeros por aumento del nivel medio del mar: EFI Mayabeque, en La Habana; EFI *Victoria de Girón*, en Matanzas; EFI Villa Clara, en esa provincia y el área protegida Delta del Cauto, en Granma.
- Impactos sobre los bosques de pino por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Viñales, en Pinar del Río.
- Impactos sobre los bosques húmedos por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Bayamo, Granma y EFI Guantánamo, en esa provincia.
- Impactos sobre los bosques de montaña por variación de la temperatura: EFI Sancti Spiritus, en esa provincia; EFI Baracoa, en Guantánamo y EFI Sierra Maestra, en Santiago de Cuba.

Adicionalmente y con la colaboración de la Universidad de Alicante, España, fue posible iniciar la evaluación de los impactos esperables del aumento de la concentración atmosférica de CO₂ sobre los bosques naturales del país, evaluándose en total la respuesta de 14 especies presentes en 14 de las 16 formaciones naturales existentes.

A partir de los resultados alcanzados en cada evaluación particular, fue formulada y propuesta una estrategia de adaptación destinada a dilatar en tiempo y atenuar en magnitud los impactos negativos esperados, prestando especial atención a la conservación de la diversidad biológica arbórea forestal.

En el caso particular de la evaluación del CO₂ atmosférico, se sugiere una hipótesis de cómo operaría la estrategia adaptativa quizás existente en parte de las especies y árboles que componen los bosques húmedos y de montaña y si tal hipótesis se corroborara experimentalmente, esa respuesta pudiera convertirse en un importante mecanismo de modificación de la composición relativa de las especies que componen esos bosques, favoreciendo el aumento de las poblaciones de aquellas especies y árboles capaces de alcanzar mayores niveles de asimilación de CO₂, de producción de compuestos orgánicos y con ello, de crecimiento, con lo que a la par estarían colocándose en mejores condiciones para enfrentar los cambios que experimenten las poblaciones de plagas bajo la acción del cambio climático. Tal modificación de la composición relativa de las especies de estos bosques, pudiera colocar al sector forestal ante un nuevo desafío, al tener que enfrentar la satisfacción de la demanda de madera con una creciente cantidad de especies que tradicionalmente no hayan sido utilizadas para esos fines o en el peor de los casos, con especies para las cuales no existen informaciones disponibles sobre sus posibles usos, pero que en definitiva sean las que mejor se adapten al sostenido aumento de CO₂ atmosférico.

11.69.03- La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos.

a) Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.

En el marco del proyecto 11.25, concluido en el año 2005, fue elaborado un sistema automatizado destinado a la estimación de la retención de carbono por las empresas forestales del Ministerio de la Agricultura (SUMFOR v-1.0). Dicho sistema comprendía los cálculos correspondientes al año base

y la proyección de la línea base de carbono por un período de 10 años, asumiendo que las condiciones existentes en el año base se mantuviesen constantes para dicho lapso de tiempo, equivalente a la etapa de validez correspondiente a los proyectos de ordenación forestal; adicionalmente, el sistema también realizaba la evaluación del criterio de manejo sostenible de los bosques, basado en la relación entre las retenciones y las emisiones de carbono producidas en el patrimonio de la empresa, actualmente vigente.

Durante el período 2006-2008 la versión original del sistema fue perfeccionada a partir de avances registrados en otras investigaciones complementarias llevadas a cabo en el marco del proyecto 11.69, incluyéndosele nuevas precisiones a los cálculos que realiza, razón por la cual fue necesario elaborar y poner a punto una segunda versión del mismo. Además, a partir de esta segunda versión fue desarrollado un método de simulación para valorar los posibles efectos de al menos siete diferentes alternativas de mitigación, con respecto a la línea base de retención de carbono estimada para la empresa.

La segunda versión del sistema fue validada en seis empresas forestales del país: La Palma, en Pinar del Río; Mayabeque, en La Habana; *Victoria de Girón*, en Matanzas; Las Tunas, en esa misma provincia; Gran Piedra-Baconao, en Santiago de Cuba y Baracoa, en Guantánamo, lo que facilitó su ajuste continuado hasta la versión 2.15 ahora disponible.

Sin embargo, el sistema actual no incluye aún todas las emisiones de esas entidades (no son consideradas las emisiones derivadas de la obtención de energía a partir del consumo de electricidad y de combustibles de origen fósil; las derivadas de la preparación de tierras, de los arrozales, de las ciénagas y del manejo del rebaño), ni valora las fugas y externalidades, por lo que los resultados alcanzados constituyen aproximaciones que aún sobre-estiman el balance neto de la retención de carbono en el año base, en la línea base y en las alternativas de mitigación de la empresa, aunque cabe esperar que no alteren la tendencia temporal de los últimos dos aspectos.

b) Formulación de estrategias de mitigación para siete empresas forestales.

A seis de las siete empresas forestales previstas les fue formulada su respectiva estrategia de mitigación, empleando para ello el sistema

SUMFOR v-2.12, lo que representa el 20% del total de estas unidades existentes en el país. La empresa que quedó pendiente fue Villa Clara, debido a demoras en la conclusión de su proyecto de ordenación que impidieron contar con la información básica necesaria, en el tiempo disponible.

Aunque a cada empresa le fue identificada la más prometedora alternativa de mitigación a implementar para aumentar sus retenciones de carbono en el tiempo, ello no significa que tales resultados puedan siempre ser alcanzados de inmediato; además, la alternativa de mitigación recomendada a la empresa es la que mayores aumentos de la retención neta de carbono alcanza entre las evaluadas, pero ello no significa que siempre sea sencillo identificarla o incluso, que sea el único camino a seguir para alcanzar tal objetivo y por último, la decisión final de cuál alternativa de mitigación conviene más a la empresa poner en práctica, tiene que tomar en consideración no sólo su efecto sobre las emisiones netas de carbono, sino también los costos que alcanzarla llevará asociados, expresados en términos de eficiencia económica (e.i. $\$/tC^{-1}\cdot a\tilde{no}^{-1}$), aspecto que aún no ha sido abordado.

El análisis general de los resultados alcanzados para el año base por empresa indicó que mientras los componentes del área forestal (exceptuando la superficie por reforestar) presentan valores promedio de retención de carbono con una variabilidad relativamente baja y muy similar (entre 13% y 28%), los resultados del área inforestal varían marcadamente (más de 100%), en dependencia de la composición que presenten y cuando la empresa cuenta en su patrimonio con extensas áreas cenagosas, donde los contenidos de carbono son muy altos, entonces los promedios se maximizan, elemento que incide decisivamente en el promedio general correspondiente a la empresa y en su nivel de variación. Estas y otras razones sugieren la conveniencia de considerar la estratificación de las empresas en al menos tres categorías, para el caso que la urgencia obligue a emplear valores promedios para una estimación rápida del potencial aparente de retención de carbono de una empresa o de alguno de los componentes de su patrimonio:

- Categoría 1: Las empresas con pocas superficies cenagosas y bosques naturales de formaciones mayoritarias diferentes a las pluvisilvas, donde el promedio general a considerar sería $169,3\text{ Mg}\cdot\text{C}\cdot\text{ha}^{-1}$.

- Categoría 2: Las empresas con pocas superficies cenagosas, pero abundantes bosques naturales formados principalmente por pluvisilvas, donde el promedio general a considerar sería $283,3 \text{ Mg-C}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- Categoría 3: Las empresas con importantes superficies cenagosas en su patrimonio, donde el promedio general a considerar sería $335,2 \text{ Mg-C}\cdot\text{ha}^{-1}$.

c) Modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos.

Se acometió una primera aproximación al empleo de métodos de simulación que permitan incluir entre las alternativas de mitigación del cambio climático que se ofrezcan a los tenentes forestales, opciones basadas en la valoración de los objetivos productivos de sus plantaciones y de los manejos silvícolas que se empleen para alcanzarlos; analizar críticamente las fortalezas y limitaciones de los métodos utilizados y proyectar la posible línea de trabajo a seguir en tal empeño. Para ello y a modo de estudio de caso, se empleó el sistema CO2-FIX v-1.2, aplicado sobre una plantación pura y coetánea de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, manejada silvícolamente para alcanzar diferentes objetivos finales: producción de pulpa, de envases, de madera para aserrío y para conservación de recursos genéticos. Los resultados alcanzados indican que esta es una alternativa viable no solo para *P. caribaea*, sino también para otras especies en las que se disponga de las informaciones requeridas para la utilización del sistema, el que además puede facilitar importantes análisis relacionados con los efectos de los manejos silvícolas sobre la retención de carbono en la biomasa, en el suelo y en los productos madereros obtenidos de las plantaciones, lo que no significa que la versión del sistema utilizada esté completamente exenta de limitaciones que en algunos casos pueden ser salvadas mediante el empleo de versiones ulteriores disponibles solo en Internet. La valoración realizada con esta primera aproximación no agotó las posibilidades de considerar con el mismo sistema otras alternativas de trabajo, que en lugar de estar orientadas hacia la comparación de la influencia de diferentes objetivos finales de la plantación sobre el flujo de carbono, profundicen en los efectos que sobre el ciclo de carbono pudieran tener distintas alternativas de manejo silvícola en una plantación con un objetivo único. La información disponible indica, además, que existe una amplia gama de

posibilidades de evaluación y empleo de otros sistemas de simulación que, con un objetivo similar, han sido diseñados por distintas instituciones científicas, lo que deja establecido con seguridad que en este campo puede ser desarrollada una nueva línea de trabajo en paralelo con la ya existente, orientada hacia la simulación de la mitigación del cambio climático por los bosques.

d) Organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG.

A partir de la experiencia acumulada durante los últimos 15 años de trabajo, se propuso una primera aproximación a la planificación, certificación, bonificación y comercialización del carbono retenido por el patrimonio forestal nacional, basada en la sustitución de la bonificación de las actividades silvícolas realizadas en plantaciones y bosques naturales, por la de la retención de carbono producida por su ejecución, a la par que permita la emisión de créditos VERs, comercializables en el Mercado de Reducciones OTC; sin embargo, para completar la propuesta resta por definir el precio que se asignaría a la tonelada de carbono retenida, para lo cual se precisan informaciones que no están completamente disponibles en la actualidad, a pesar de contarse con datos indicativos. La implementación del sistema puede alcanzarse en un plazo total de cuatro años, período a partir del cual serían evaluados en años alternos los resultados de las empresas forestales integrales del MINAG por una parte, y del resto de los tenentes del patrimonio forestal nacional por otra. La propuesta apoya su funcionamiento en la participación de tres partes, con misiones diferenciadas: (a) Los tenentes del patrimonio, encargados de su adecuado manejo y de la retención de carbono de ello derivada; de la selección del plan potencial que asumirán al respecto y de la presentación sistemática de la información requerida, cuando sean autorizados; (b) el Servicio Estatal Forestal (SEF), que en representación del Estado, juzgaría y certificaría la ejecución del adecuado manejo del patrimonio; autorizaría la evaluación del carbono retenido y de la ganancia de carbono registrada; definiría la bonificación que correspondería a los tenentes; emitiría los créditos VERs y los comercializaría en el Mercado de Reducciones OTC y, (c) el Instituto de Investigaciones Forestales, que como parte independiente de los tenentes y

del SEF, estimaría las capacidades potenciales de retención de los tenentes y luego, sistemáticamente, evaluaría el nivel de cumplimiento alcanzado por la gestión técnica desarrollada en el manejo del patrimonio. Dado que la propuesta constituye el primer intento de establecer en el país un sistema para el pago de uno de los servicios ambientales proporcionados por los bosques, se sugiere que, en paralelo con la determinación de los elementos relacionados con el precio del carbono, se acometa la ejecución de estudios piloto con representantes de cada uno de los tenentes del patrimonio forestal identificados por la Dinámica Forestal, a fin de evaluar prácticamente el funcionamiento del procedimiento y permitir su ajuste a la realidad, que siempre será más rica y compleja que lo previsto por la investigación efectuada.

11.69.04- Creación y fortalecimiento de capacidades institucionales sobre el tema “El Cambio Climático y los Bosques”.

- a) Taller nacional sobre aspectos básicos de la relación entre el cambio climático y los bosques.**
- b) Taller nacional sobre los avances registrados en las investigaciones efectuadas a cabo en el país.**

Ambos resultados han sido realizados de forma conjunta con una frecuencia anual. Desde el año 2007 hasta el año 2011, durante el primer trimestre de cada año, el equipo técnico ejecutor del proyecto se ha reunido para intercambiar experiencias e informaciones sobre las actividades realizadas en cada territorio del país y paralelamente, recibir una actualización sobre los avances reportados internacionalmente en el campo del cambio climático y los bosques, así como sobre la evolución de la situación nacional en el sector forestal con respecto al cambio climático.

- c) Preparación de especialistas forestales en centros internacionales reconocidos, sobre el tema “El Cambio Climático y los Bosques”.**

A fines del 2008 un ejecutante del proyecto asistió a un taller internacional sobre bosques e impactos del cambio climático en el CATIE, Costa Rica; en el 2009 dos ejecutantes del proyecto asistieron a un taller internacional sobre el mecanismo REDD+, en Colombia; en el 2010 varios ejecutantes del proyecto asistieron a cursos sobre el MDL impartidos por especialistas del PNUMA y sobre el empleo del sistema LEAP para la formulación de

escenarios de mitigación, impartidos por especialistas argentinos y en el año 2011, dos ejecutantes del proyecto asistieron a la Reunión de Consulta y Construcción de Capacidades en América Latina y el Caribe sobre la Reducción de Emisiones provenientes de la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo (REDD+), organizada en Ecuador por el Secretariado de la Convención de Diversidad Biológica y por el Programa Colaborativo de Naciones Unidas sobre la Reducción de Emisiones provenientes de la Deforestación y de la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo (Programa UN-REDD), mientras que otro ejecutante del proyecto recibió una capacitación sobre transferencia de tecnologías para la mitigación y la adaptación al cambio climático, impartida por un experto internacional del Centro de Cambio Climático de la Comunidad del Caribe (CCCCC). Dos investigadores recibieron el curso de análisis multicriterio NAIADE, impartido por profesoras de la Universidad de Matanzas.

d) Asistencia técnica de un experto internacional en el tema “Cambio Climático y Bosques”.

Resultado no alcanzado.

11.69.05- Análisis de las interacciones intersectoriales en el marco de la Segunda Comunicación Nacional.

a) Análisis de las interacciones entre el Subsector Forestal y otros Sectores de la economía nacional.

Resultado en ejecución durante el resto del año 2011, donde participan ejecutantes del proyecto convocados por el Instituto de Meteorología.

b) Conclusión de la versión inicial de la Segunda Comunicación Nacional.

Resultado en ejecución durante el resto del año 2011, según convocatoria del Instituto de Meteorología. Ha sido concluido el capítulo de Circunstancias Nacionales y se avanza en la preparación de los restantes.

12. Difusión de Tecnologías, Procesos, Productos, Servicios y Conocimientos y Validación de Resultados:

- Procesos: Propuesta del sistema nacional de planificación, monitoreo, evaluación y comercialización de la retención de carbono por los bosques. Presentado a la consideración de la Dirección Nacional Forestal en abril de 2011.
- Productos: Sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Aprobado como resultado para la investigación por el Instituto de Investigaciones Forestales en el 2009.
- Conocimientos:
 - ✓ Emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en Cuba durante el año 2002. Aprobado como Resultado Científico Relevante del INSMET en el 2005.
 - ✓ Vulnerabilidad de los bosques cubanos al cambio climático (4ª aproximación) y propuesta de estrategias de adaptación. Aprobado como resultado para la investigación por el Instituto de Investigaciones Forestales en el 2009.
 - ✓ Base de datos de densidad de la madera. Aprobado como introducción directa por el Grupo Empresarial Agricultura de Montaña en el 2010.
- Validación de resultados: Sistema automatizado SUMFOR v-2.12. Validado para las EFI La Palma, en Pinar del Río; Mayabeque, en La Habana; *Victoria de Girón*, en Matanzas; Las Tunas, en esa provincia; Gran Piedra-Baconao, en Santiago de Cuba y Baracoa, en Guantánamo.

13. Publicaciones del proyecto:

- Certificación del carbono retenido por las empresas forestales y bases para su reconocimiento ambiental. Rev. Ftal. Baracoa 25(1) 2006: 65-70.
- Mitigación del cambio climático por concepto de fijación de CO₂ en los bosques de la EFI Baracoa, provincia Guantánamo: Segunda aproximación. Rev. Ftal. Baracoa 25(2) 2006: 43-50.
- Cambio climático: Estudios de impactos y mitigación en el sector forestal cubano. Agric. Orgánica 13(1) 2007: 43-45.
- Universidad para Todos. Bosques de Cuba: Parte 2. 2007. Edit. Academia, La Habana. 16 p.

- Memorias del IV Congreso Forestal de Cuba. La Habana, abril 2007:
 - ✓ Impactos del cambio climático en el sector forestal de la península Ciénaga de Zapata, Matanzas, Cuba. (Premio de Medio Ambiente del III Encuentro Internacional de Jóvenes Investigadores Forestales, DEFORS/2007).
 - ✓ Respuesta adaptativa de las especies forestales arbóreas tropicales de zonas montañosas al efecto invernadero.
 - ✓ La economía ecológica vista en la retención y secuestro de carbono como una vía para mitigar el cambio climático en el sector forestal cubano. Un estudio de caso en la EFI Matanzas.
 - ✓ Estimación del incremento anual del carbono retenido por los bosques cubanos para los años 2000 al 2004.
 - ✓ Respuesta fenológica de *Juglans jamaicensis* ssp. *jamaicensis* al efecto invernadero en bosque pluvial montano.
 - ✓ Resultados de la evaluación preliminar sobre la mitigación del cambio climático. Estudio de caso en la EMA Victoria de Girón.
 - ✓ Mitigación del cambio climático por los bosques de la EFI Baracoa de la provincia de Guantánamo. Segunda aproximación.
 - ✓ Adaptación de tres especies forestales arbóreas de montaña al efecto invernadero.
- Curso de Cambio Climático. Parte 2: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Universidad para Todos. Ed. Academia, C. Habana. 16 p.
- Memorias del Taller Internacional sobre Desarrollo Forestal Sostenible DEFORS-2009. La Habana, abril 2009.
 - ✓ Reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país al cambio climático (4ª aproximación).
 - ✓ SUMFOR. Un sistema automatizado para valorar alternativas de mitigación del cambio climático en las Empresas Forestales Cubanas.
 - ✓ Impactos del cambio climático y evidencias en las áreas costeras de la Empresa Forestal Integral Mayabeque.
 - ✓ Estudios sobre la retención de carbono en las plantaciones de la EFI Ciénaga de Zapata como vía para la mitigación del cambio climático.
- *Efecto de los cambios globales sobre el ciclo de carbono* (ISBN: 978-987-96413-7-8), financiado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Contiene tres artículos:

- ✓ Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba.
- ✓ Respuesta adaptativa de tres especies forestales arbóreas tropicales de zonas montañosas, al efecto invernadero.
- ✓ Cambio climático y el Sector Forestal cubano: Segunda aproximación.
- Revista Ra Ximhai, Universidad Autónoma Indígena de México, Vol. 5, No. 3, de septiembre – diciembre 2009, p. 271-280: *Evaluación de impacto y estrategia de adaptación para la empresa forestal integral Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba.*
- Memorias del V Congreso Forestal de Cuba. La Habana, abril 2010:
 - ✓ Comportamiento fotosintético de siete especies forestales nativas en la Península de Zapata, Matanzas, frente al incremento de CO₂.
 - ✓ Consecuencias del aumento del nivel del mar por el cambio climático en el “Delta del Cauto”.
 - ✓ Evaluación del aumento del nivel del mar en la costa sur de San Nicolás.
 - ✓ Evaluación de los impactos de la temperatura del aire y de la pluviosidad sobre la diversidad forestal de la EFI Baracoa.
 - ✓ Evaluación de los impactos esperables del cambio climático en la EFI Villa Clara y estrategia de adaptación.
 - ✓ Impacto del aumento del nivel del mar en los bosques del sur de La Habana.
 - ✓ Riesgos que enfrentan las formaciones forestales de mayor altitud ante el aumento de la temperatura.
 - ✓ Papel de los bosques en el contexto del cambio climático global.
- Memorias de SISA-2011: Programa cubano de enfrentamiento al cambio climático: Experiencias del sector agrario en un pequeño estado insular del Caribe.
- II Congreso sobre Cambio Climático (2011):
 - ✓ Evaluación de Impactos del Cambio Climático en el Sector Forestal. Estudio de Caso Sur de La Habana.
 - ✓ Formulación de Estrategias de Mitigación para las Empresas Forestales Cubanas.

Además, en el marco de ejecución del proyecto fueron defendidas una tesis de Maestría y dos de Doctor, estando en preparación la presentación de otras cuatro tesis de Maestría y una de Doctor.

14. Equipo del Proyecto:

El equipo inicial del Proyecto estuvo integrado por los siguientes compañeros:

- S. Central: Arnaldo Álvarez, Haylet Cruz, Ivianne Vila, Orlidia Hechavarría, Alicia Mercadet, Elsa Cordero, Doralis Ponce, Yolanis Rodríguez y Bárbara Aguirre.
- EEF Viñales: Jorge L. Reyes y Limalis Carpio.
- EEF Itabo: Osiris Ortiz y Lourdes Gómez.
- EEF Placetas: Andrés Hernández.
- EEF Guisa: Leufrido Yero y Yunior Álvarez.
- EEF Baracoa: Arlety Ajete.
- Dirección Forestal: Ivonne Diago y Elías Linares.

Durante la ejecución del Proyecto nunca se incorporó al equipo:

- La Estación Experimental Forestal de Camagüey.

Durante la ejecución del Proyecto causaron baja del equipo:

- S. Central: O. Hechavarría, H. Cruz, I. Vila y D. Ponce.
- EEF Viñales: J. L. Reyes y L. Carpio.
- EEF Placetas: A. Hernández.
- Dirección Forestal: E. Linares.

Durante la ejecución del Proyecto causaron alta al equipo:

- EEF Placetas: Liliana Caballero.

15. Fecha de elaboración: Julio 2011.

16. Anexos:

1. Avalués de la estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en el año 2002.
2. Base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.
3. Composición por formación y tipo de bosque, de las especies evaluadas ante aumentos de la concentración atmosférica de CO₂.
4. Hoja de entrada de datos del sistema SUMFOR.
5. Caracterización de la retención de carbono por los componentes del patrimonio forestal, a partir del análisis realizado a seis empresas forestales.

17. Aval del cliente:

a) Identificación del cliente:

Aún cuando no fue la institución financiera del Proyecto, ha sido la entidad encargada de organizar, coordinar, ejecutar y preparar la SCN y a la que el INAF ha presentado los resultados comprometidos, razones por las que se considera que el principal aval del proyecto debe ser emitido por el Instituto de Meteorología y en particular, por el MSc. Vladimir Guevara, responsable del proyecto que, de conjunto con el PNUD, debe presentar al Gobierno la propuesta de la SCN.

b) Grado de conformidad con los resultados alcanzados:

c) Grado de adopción alcanzado:

d) Satisfacción de los compromisos comunes contraídos:

Por este medio suscribimos que los resultados del proyecto “*Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal*” (SCN-SF), dirigido por el Dr. Arnaldo F. Álvarez Brito, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agroforestales (IIAF), satisfacen plenamente los compromisos contraídos con el proyecto de “*Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*” (SCN), bajo la responsabilidad del Instituto de Meteorología.

El proyecto liderado por el Dr. Álvarez se ha caracterizado no solo por la calidad y relevancia de sus resultados, sino también por la integralidad de sus salidas, que dan respuesta a aspectos concretos tratados en diferentes componentes de la SCN.

Importantes informaciones relacionadas con la actividad forestal tributa la SCN-SF al reporte que enviará Cuba a Naciones Unidas. Entre ellas se destacan tópicos vinculados con la respuesta al cambio climático por parte del sector forestal en Cuba, tales como la retención de carbono y la mitigación a cuenta de los bosques, la determinación de la vulnerabilidad asociada y las estrategias de adaptación, y la creación y fortalecimiento de capacidades institucionales. Al final, todas se vinculan en el análisis de las relaciones intersectoriales en el amplio marco de la SCN como proyecto

mayor. Los resultados obtenidos aquí se complementan con otros alcanzados en paralelo bajo otros proyectos y programas, pero que demuestran la validez de la estrategia del sector forestal para enfrentar este reto global.

Vale destacar que todavía algunas actividades se encuentran en ejecución e inclusive, se lograron avances importantes en aquellas no concluidas, los cuales enriquecen los conocimientos en esta línea temática. No obstante, en parte de ellos se continuará trabajando con vistas a obtenerlos aún fuera del presente proyecto; por ejemplo, la asistencia técnica de un experto internacional en el tema “Cambio Climático y Bosques”.

Por último, la introducción de los resultados queda plenamente asegurada, al tributar directamente al proyecto macro y haber sido conciliada con las instituciones y ministerios involucrados con las salidas fundamentales. De hecho, algunos ya están incorporados a la práctica, aún sin culminar el proyecto SCN-SF.

La valoración final del trabajo realizado es **SATISFACTORIA**.



M.Sc. A. Vladimir Guevara Velazco
Coordinador del Proyecto - Segunda Comunicación Nacional
Instituto de Meteorología

ANEXO 1

**Avales de la estimación de la capacidad sumidero de los bosques
cubanos en el año 2002.**

CONSEJO CIENTÍFICO

DICTAMEN 14/2005

APROBACIÓN DE RESULTADO CIENTÍFICO DEL INSMET

Título: Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero en Cuba durante el Año 2002.

Autor Principal: Dr. Carlos López Cabrera

Coautores: Pedro V. Fernández Martínez¹, Ricardo W. Manso Jiménez¹, Antonia León Lee¹, Antonio V. Guevara Velasco¹, Cecilia González Pedroso¹, Sarah Mesa Sotolongo², Evelyn Martínez Mendoza³, Nancy Rodríguez Robleda³, Julio Davalos González³, María E. García Sanpedro³, Rafael Biart Hernández⁴, Ileana López López⁵, David Pérez Martín⁵, Henry Ricardo Mora⁶, Saturnino F. Pire Rivas⁶, José M. Ameneiros⁶, Alicia Mercadet Portillo⁷, Arnaldo Álvarez Brito⁷.

Institución de Procedencia

Instituto de Meteorología¹, INSMET.

Instituto de Meteorología², CMP Pinar del Río.

Oficina Nacional de Estadísticas³, ONE, MEP.

Centro de Investigaciones y desarrollo del transporte⁴, CETRA, MITRANS.

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía⁵, CUBAENERGIA, CIIMA.

Centro de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería Química⁶, ISJAE, MES.

Instituto de Investigaciones Forestales⁷, IIF, MINAG.

PRCT: "Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano"

En el Resultado aprobado mediante el Acuerdo No. 65 del Consejo Científico del Instituto de Meteorología (INSMET), en su sesión ordinaria del 29 de noviembre del 2005, se presenta un trabajo científico actual, de gran interés e impacto al influir de forma positiva en el cuidado y conservación del medio ambiente cubano, pero además es de gran valor internacional puesto que responde a los compromisos de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo se dirige a la estabilización de las emisiones de gases de invernadero, de manera que la vida en el planeta logre adaptarse de forma paulatina a los cambios climáticos previstos, que no se lesione la producción de alimentos y que el desarrollo económico sea sostenible. Los autores han demostrado en sus investigaciones una elevada experiencia y rigor científico. Se incluye una comparación con las emisiones analizadas en otros años, por lo que el presente resultado puede ser considerado como una continuación de investigaciones anteriores.

Es novedoso con respecto a los estudios anteriores, porque en él se han introducido nuevos métodos de trabajo que mejoran la calidad de la información brindada a los usuarios y disminuyen el nivel de incertidumbre.

Por la importancia científica, social y económica del trabajo que se presenta, se aprueba como Resultado Científico del Instituto de Meteorología.

Dado en la Habana, a los 12 días del mes de diciembre del 2005


Lic. Abel Centella Artola
Vice- Presidente del C.C.


Dra. Ida Mitrani Arenal
Secretaria del C. C.



ANEXO 2

Base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.

N. COMUN	ESPECIE N. CIENTIFICO	Carbono (%)		Nitrógeno (%)	
		MADERA	CORTEZA	MADERA	CORTEZA
acacia	<i>Acacia mangium</i>	48.54	52.63	0.30	1.22
álamo		49.09	44.77	0.90	1.12
albizia	<i>Albizia falcata</i>	47.17	49.48	0.33	1.08
algarrobo del país	<i>Albizia saman</i>	46.37	43.02	0.66	3.01
almacigo	<i>Bursera simaruba</i>	45.53	42.41	0.40	0.87
álmendro	<i>Terminalia catappa</i>	47.38	44.76	0.28	0.56
arabo	<i>Erythroxylon confusum</i>	45.41	45.32	0.39	1.16
árbol del neem	<i>Azadirachta indica</i>	49.74	48.23	0.20	0.75
ayua	<i>Zanthoxylum martinicense</i>	46.16	44.49	0.27	1.18
bacona	<i>Albizia cubana</i>	49.40	47.51	0.68	3.22
balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	47.90		0.18	
bambú	<i>Bambusa vulgaris</i>	48.15		0.31	
bayúa	<i>Zanthoxylum elephantasis</i>	50.47	47.87	0.22	
bijáguara	<i>Colubrina ferruginosa</i>	46.39	46.66	0.34	1.85
cabo de hacha	<i>Trichilia hirta</i>	46.50	42.28	0.29	0.93
cacao	<i>Theobroma cacao</i>	46.91	40.66	0.49	1.29
caguairán	<i>Guibourtia hymenifolia</i>	46.27	48.56	0.25	0.49
camaitillo	<i>Chrysophyllum oliviforme</i>	46.40	45.28	0.43	1.44
caoba antillana	<i>Swietenia mahagoni</i>	47.99	49.79	0.21	0.41
caoba de honduras	<i>Swietenia macrophylla</i>	46.79		0.20	
carbonero de costa	<i>Colubrina elliptica</i>	47.15	46.1	0.31	1.21
casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	47.59		0.19	
cayeput	<i>Melaleuca leucodendron</i>	47.57	54.63	0.22	0.63
cedro	<i>Cedrela odorata</i>	47.43	45.08	0.17	1.51
dagame	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	47.58	39.02	0.09	0.82
eucalipto	<i>Eucalyptus pellita</i>	48.75		0.11	
eucalipto	<i>Eucalyptus saligna</i>	42.34		0.08	0.17
melina	<i>Gmelina arborea</i>	46.98	45.92	0.17	0.56
granadillo	<i>Brya mycophylla</i>	46.64	46.52	0.34	
guaguasí	<i>Zuelania guidonia</i>	45.10	44.69	0.57	1.31
guairaje	<i>Eugenia buxifolia</i>	45.62	45.26	0.24	0.85
guama candelon	<i>Piscidia piscipula</i>	46.20	42.95	0.45	1.62
guara	<i>Cupania americana</i>	45.37	46.92	0.38	1.12
guasima	<i>Guazuma tomentosa</i>	46.42	43.28	0.45	1.00
guayacán	<i>Guaiacum officinale</i>	48.26	47.34	1.58	0.56
ipil-ipil	<i>Leucaena leucocephala</i>	46.46		0.38	
jocuma	<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	46.83	47.03	0.50	1.24
majagua	<i>Talipariti elatum</i>	46.60	42.95	0.25	0.73
najesi	<i>Carapa guianensis</i>	47.28	39.06	0.22	1.08
nogal	<i>Juglans insularis</i>	45.94	42.92	0.25	0.83
ocuje	<i>Calophyllum antillanum</i>	48.75	49.61	0.16	0.47
oreja de judío	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	46.88	44.67	0.40	1.40
paraíso de la india	<i>Melia azadirachta</i>	45.91	46.71	0.35	
piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i>	46.88	40.75	0.35	1.61
roble	<i>Tabebuia brooksiana</i>	47.16	48.57	0.38	1.34
roble blanco	<i>Tabebuia angustata</i>	49.07		0.25	
roble prieto	<i>Ehretia tinifolia</i>	47.42	41.14	0.50	1.31
sabicú	<i>Lysiloma sabicu</i>	46.78	46.36	0.41	1.67
sigua	<i>Nectandra coriacea</i>	46.08	46.02	0.33	1.73

N. COMUN	ESPECIE N. CIENTIFICO	Carbono (%)		Nitrógeno (%)	
		MADERA	CORTEZA	MADERA	CORTEZA
soplillo	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	45.21	46.02	0.25	1.02
teca	<i>Tectona grandis</i>	48.49		0.27	
tengue	<i>Poeppigia procera</i>	46.66	44.61	0.18	0.92
uva caleta	<i>Coccoloba uvifera</i>	44.66	45.01	0.37	0.56
varia	<i>Gerascanthus gerascanthoides</i>	46.02	40.26	0.53	1.97
yaba	<i>Andira inermis</i>	47.64	49.56	0.61	
yagruma	<i>Cecropia peltata</i>	46.50	48.14	0.34	0.32
yaiti	<i>Gymnanthes lucida</i>	45.53	42.17	0.36	1.19
yamagua	<i>Guarea guara</i>	47.88	44.39	0.44	1.46
yarua	<i>Caesalpinia violacea</i>	50.10		0.24	
yaya	<i>Oxandra lanceolata</i>	46.10	47.81	0.37	1.23
LATIFOLIAS		47.01	45.50	0.36	1.15
pino de la Maestra	<i>Pinus maestrensis</i>	46.78	52.55	0.12	0.35
pino de Mayarí	<i>Pinus cubensis</i>	47.15	51.91	0.16	0.36
pino hembra	<i>Pinus tropicalis</i>	47.14	50.27	0.16	0.10
pino macho	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	47.53	52.68	0.15	0.15
PINOS		47.15	51.48	0.15	0.24
ESPECIES ARBOREAS CUBANAS		47.08	48.49	0.25	0.69


ANEXO 3

Composición por formación y tipo de bosque, de las especies evaluadas ante aumentos de la concentración atmosférica de CO₂

Tipo de Bosque	Según Bisse (1988)	
	Formación Forestal	Especie
Bosques costeros (3 especies)	Manglar	<i>Rhizophora mangle</i> L. (mangle rojo) <i>Bucida palustris</i> Borhidi (júcaro)
	Uveral	<i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey)
	Manigua costera	
Bosques secos (3 especies)	Charrascal	<i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey)
	Cuabal	
	Xerófilo de mogote	
	Xerófilo típico	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent (almácigo) <i>Lysiloma latisilqua</i> (L.) Benth. (soplillo)
Bosque de pinos (2 especies)	Pinar	<i>Pinus caribaea</i> M. var. <i>caribaea</i> B.&G. (pino macho) <i>Pinus tropicalis</i> Morelet (pino hembra)
Bosques húmedos (8 especies)	Encinar	<i>Quercus cubana</i> A. Rich. (encino)
	Bq. Semidecídúo de mal drenaje	<i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey) <i>Lysiloma latisilqua</i> (L.) Benth. (soplillo)
	Bq. Semidecídúo sobre suelo ácido	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent (almácigo) <i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey) <i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Frixell. (majagua)
	Bq. Semidecídúo sobre suelo calizo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent (almácigo) <i>Calophyllum antillanum</i> Britt. (ocuje) <i>Cecropia peltata</i> L. (yagruma) <i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey) <i>Didymopanax morototonii</i> (Aubl.) D. & P. (yagrumón) <i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Frixell. (majagua)
	Pluvisilva	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent (almácigo) <i>Cecropia peltata</i> L. (yagruma) <i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey) <i>Didymopanax morototonii</i> (Aubl.) D. & P. (yagrumón) <i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Frixell. (majagua)
	Pluvisilva de montaña	<i>Byrsonima coriácea</i> (Sw.) Ndz. (peralejo del pinar) <i>Clusia rosea</i> Jacq. (cupey) <i>Didymopanax morototonii</i> (Aubl.) D. & P. (yagrumón) <i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk. (macuriye) <i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Frixell. (majagua)
	Bosque fresco	(sin representación)
	Bosque nublado	

ANEXO 4

Hoja de entrada de datos del sistema SUMFOR.

SUMFOR-2.0			
<p>Autores: Arnaldo Álvarez y Allela Mercado</p>			
<p>ESTIMACION DE LA RETENCION Y DE LA LINEA BASE DE CARBONO EVALUACION DEL INDICADOR DE MANEJO SOSTENIBLE</p>			
<p>HOJA DE ENTRADA DE DATOS: 1</p>			
<p>DD/MM/AA</p>			
Fecha:		Preparado por:	
<p>DATOS GENERALES DE LA EMPRESA:</p>			
Provincia:		(Nombre completo sin apellidos)	
<p>1 Nombre de la Empresa/UM:</p>			
2 Año base de la información:			
3 Superficie de bosques naturales (ha):		0,0	
4 Superficie de plantaciones certificadas (ha):		0,0	
5 Superficie de plantaciones en desarrollo (ha):		0,0	
6 Superficie por reforestar (ha):		0,0	
7 Sin Marabú (< 60 %) (%):		0	0,0
8 Con Marabú (> 60 %) (%):		0	
9 Superficie de ciénagas (ha):		0,0	
10 Superficie de pastizales (ha):		0,0	
11 Superficie de tierras agrícolas (ha):		0,0	
12 Superficie de semidesiertos (ha):		0,0	
13 Superficie de otras áreas (ha):		0,0	
14 Superficie promedio anual de plantación (ha):		0,0	
15 Logro promedio de las plantaciones (%):		0	
16 Superficie promedio anual de área quemada (ha):		0,0	
17 Área quemada en zona silvicultural (%):		0	0
18 Área quemada en zona por reforestar (%):		0	
19 Área quemada en plantaciones en desarrollo (%):		0	
20 Área quemada en plantaciones certificadas (%):		0	
21 Área quemada en bosques naturales (%):		0	
22 Volumen promedio anual estado por talas (m³):		0,0	
23 Talas en plantaciones (%):		0	0
24 Talas en bosques naturales (%):		0	
25 Superficie promedio anual de talas (ha):		0,0	
26 Talas en plantaciones (%):		0	0
27 Talas en bosques naturales (%):		0	
28 Volumen promedio anual estado por otras talas (m³):		0,0	
29 En plantaciones certificadas (%):		0	0
30 En bosques naturales (%):		0	
31 Incremento medio anual de los bosques naturales (m³/ha/año):		0,0	
32 Incremento medio anual de las plantaciones (m³/ha/año):		0,0	

ANEXO 5

Caracterización de la retención de carbono por los componentes del patrimonio forestal, a partir del análisis realizado a seis empresas forestales.

a) Por tipo de área.

Tipo de Área	Superficie (ha)	Carbono en la biomasa (Mt)	Carbono en el suelo (Mt)	Carbono total (Mt)	Carbono promedio (t/ha)	
					v-1.0	v-2.12
Plantaciones	35 007,8	3 443,5	3 918,0	7 662,2	170,5	218,87
B. naturales	416 845,2	53 585,4	31 933,0	89 075,2	102,7	213,69
Por (re)forestar	24 893,9	681,1	946,0	1 627,1	53,0	65,36
Inforestal	185 071,1	7 259,8	108 555,2	115 815,0	676,8	625,79

b) Por categoría de área.

Categoría del Área	Carbono/Superficie (t/ha)					
	Promedio		Mínimo		Máximo	
	v - 1.0	v - 2.12	v - 1.0	v - 2.12	v - 1.0	v - 2.12
Protec. flora y fauna	152,5	145,15	57,9	130,66	196,9	294,43
Recreación	150,0	205,71	- - -	194,85	- - -	206,12
Protec. agua y suelos	133,1	221,46	85,8	174,30	174,6	264,36
Productor	115,5	262,57	85,1	158,99	230,9	312,48
Manejo especial	75,0	220,79	39,3	137,91	482,4	652,59
Protec. del litoral	53,8	152,97	41,8	123,75	106,3	191,04
Educat. y Científicos	Sin datos disponibles					

ANEXO 5 (cont.)

c) Por formación natural.

Formación	Carbono/Superficie (t/ha)					
	Promedios		Mínimos		Máximos	
	v-1.0	v-2.12	v-1.0	v-2.12	v-1.0	v-2.12
Pluvisilva de montaña	243,7	330,1	----	----	----	----
Pluvisilva	225,1	305,0	----	----	----	----
Pinar	172,4	277,5	107,4	151,9	217,3	283,5
Semideciduo sobre suelo ácido	140,2	270,2	96,6	179,3	175,5	296,7
Xerófilo de mogote	118,4	166,8	----	----	----	----
Cuabal	116,8	163,3	90,0	136,3	198,9	165,3
Semideciduo sobre suelo de mal drenaje	114,8	263,6	59,3	181,6	208,0	285,4
Semideciduo sobre calizas	98,3	250,3	83,8	174,7	171,9	286,9
Encinar	90,7	----	----	----	----	----
Uveral	74,6	171,8	53,1	157,0	138,8	198,3
Xerófilo típico	57,8	166,8	----	151,9	----	168,4
Manglar	49,9	146,2	35,7	80,4	93,8	169,6
Manigua costera	----	172,8	----	----	----	----
Monte fresco	Sin datos disponibles					
Monte nublado						
Charrascal						